

Projektovanie budov vo svete udržateľných miest

ŠKOLSKÉ BUDOVY

2022

KOVÁČ | VRANAYOVÁ | KOŠIČANOVÁ | VILČEKOVÁ | SEDLÁKOVÁ
KAPALO | BURÁK | KRÍDLOVÁ BURDOVÁ | VRANAY
NAGY | MERJAVÁ | EŠTOKOVÁ



Projektovanie budov vo svete udržateľných miest

ŠKOLSKÉ BUDOVY

2022

POĎAKOVANIE

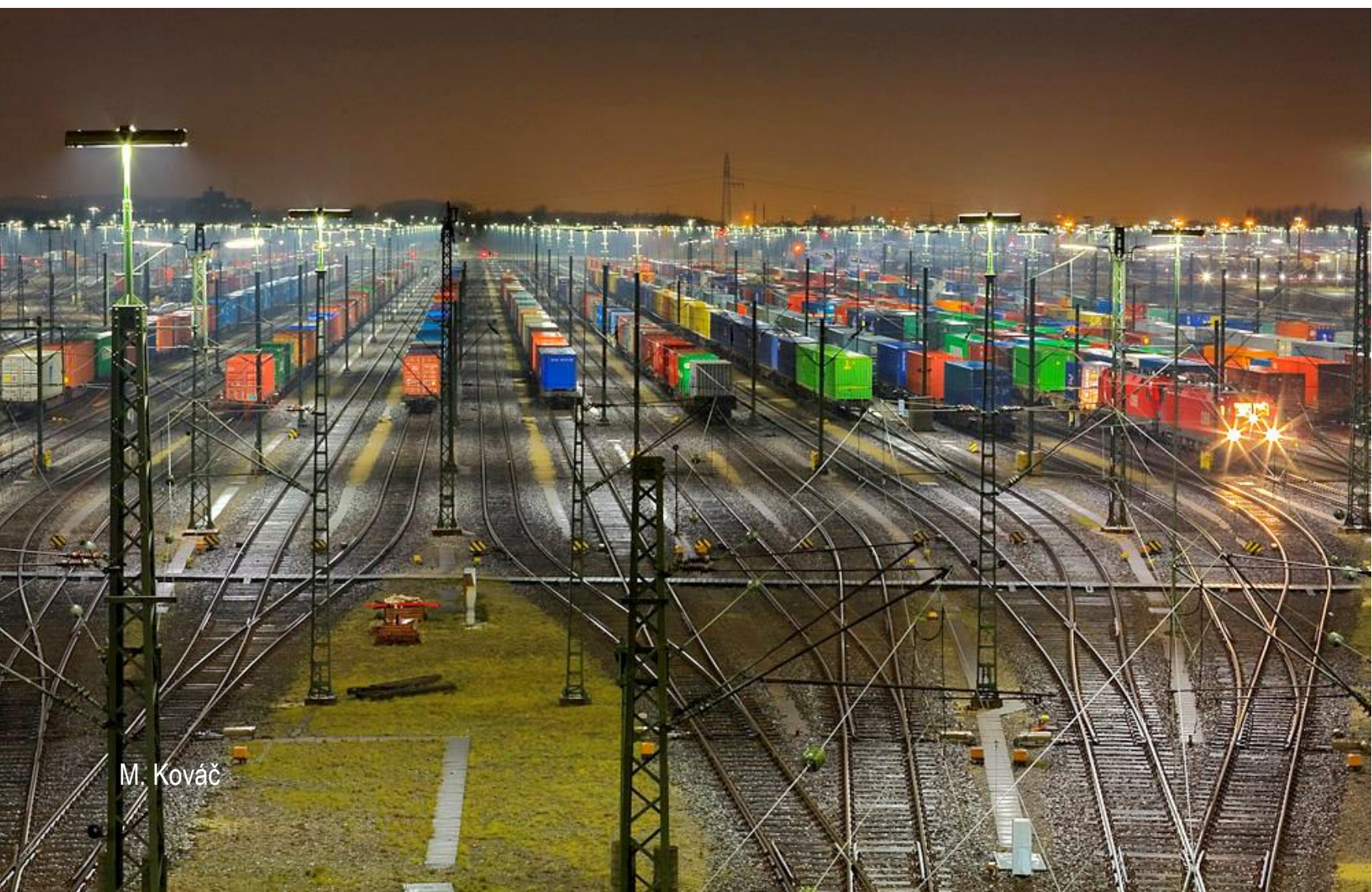
Veľké poďakovanie patrí všetkým členom projektovému tímu, ktorých prístup a odborné poznatky umožnili vytvoriť túto učebnicu.

Projektovanie budov
vo svete udržateľných miest

ŠKOLSKÉ BUDOVY

ISBN 978-80-553-4190-3

KTOROU CESTOU sa vyberieme...

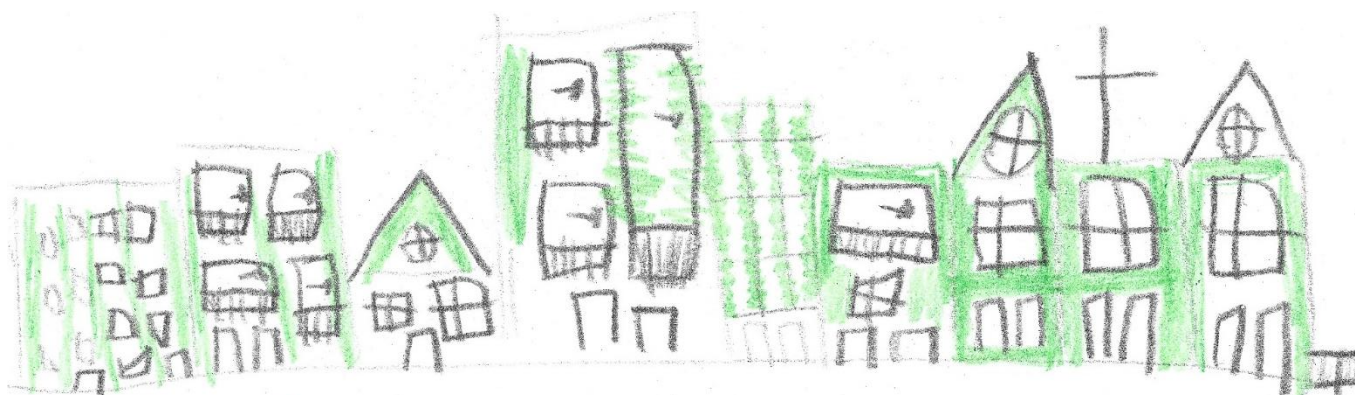


Časové vlákno života sprevádzajú mnohé križovatky, na ktorých sa človek musí rozhodnúť, akým smerom bude pokračovať ďalej. Profesia stavebného inžiniera nám dáva možnosť navrhovať a stavať budovy, ktoré budú slúžiť svojmu účelu niekoľko nasledovných rokov. Momentálne sa nachádzame v bode, kde sme sa rozhodli vo všeobecnosti prispieť k ochrane životného prostredia, zmierniť intenzitu, s akou dochádza k postupným klimatickým zmenám a súčasne hľadať spôsoby ako sa na tieto zmeny adaptovať.

Navrhovanie tzv. trvalo udržateľných budov predstavuje nový prístup k vytváraniu miest, ktoré obývajú ľudia, v ktorých žijú, pracujú, ale aj oddychujú. Tento proces má veľmi široké spektrum oblastí, ktorým je potrebné sa venovať, čo si vyžaduje nielen teoretické poznatky a praktické skúsenosti, ale súčasne je potrebná aj viacstranná komunikácia účastníkov procesu návrhu.

Osobne si myslím, že neexistuje len jedna cesta, ktorou by sme sa mali vydať. A ak budeme pojem trvalej udržateľnosti považovať za jedinú a správnu cestu, tak majme potom na pamäti, že v skutočnosti sa za týmto slovným spojením ukrýva spektrum cestičiek, po ktorých je potrebné začať chodiť, pričom všetky je nutné rešpektovať a považovať za rovnako dôležité.

▼ Predstava 5 ročného dievčaťa o domčekoch v meste, ktoré sú plné zelene | Autor: Lenka KOVÁČOVÁ (dcéra)



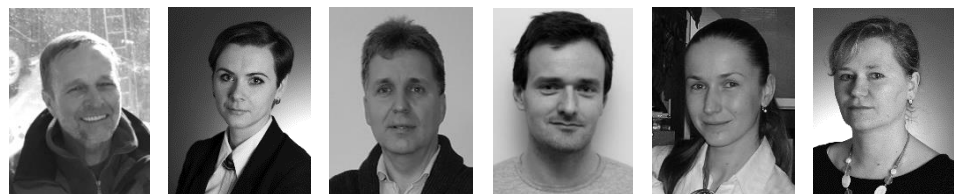
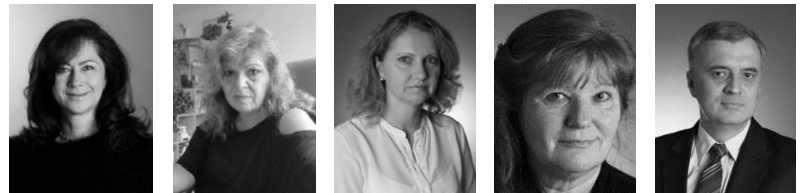


OBSAH

PREDSLOV	8
PROJEKTOVÝ TÍM	10
ÚVOD TRVALO UDRŽATEĽNÁ BUDOVA	14
0 KLIMATICKÉ ZMENY A POLITIKA EÚ - TRENDY	28
1 ZELENÁ ARCHITEKTÚRA	42
2 SYSTÉMY HVAC	56
3 KVALITA VNÚTORNÉHO PROSTREDIA	108
4 ENERGETICKÁ HOSPODÁRNOSŤ	144
5 VYUŽÍVANIE DAŽĎOVEJ VODY	224
6 VYUŽÍVANIE OBNOVITELNÝCH ZDROJOV ENERGIE	272
7 SMART BUDOVY	382
8 ENVIRONMENTÁLNE VHODNÉ STAVEBNÉ MATERIÁLY	420
9 ŠKOLSKÉ BUDOVY prípadové štúdie	442



PREDSLOV



Cieľom nášho tímu v závere riešenia projektu KEGA:

je uzavrieť vydanie trojdielnej série vysokoškolských učebníc a to posledným dielom s názvom Projektovanie budov vo svete udržateľných miest, ktoré je obsahovo zamerané na školské budovy. Prvý diel vydaný v roku 2020 bol venovaný projektovaniu budov na bývanie, druhý diel sa orientoval na administratívne budovy, ktoré svojimi technickými riešeniami naplňajú štandardy pre trvalo udržateľné budovy. Tretí, záverečný, diel v úvodnej časti prezentuje príklad trvalo udržateľnej školskej budovy z Belgicka, kde je možné ihneď spoznať odlišný prístup k navrhovaniu budov. Nie je to len o redukcii energie, ktorú potrebuje budova na svoju prevádzku, nie je to len o emisiách skleníkových plynov, ale je to aj o zodpovednom prístupe k nakladaniu s pitnou vodou, o racionálnom využívaní dažďovej vody na rôzne účely, o dostupnosti prirodzeného svetla, o prítomnosti zelene na fasáde budovy, na streche resp. v bezprostrednom okolí, a samozrejme nemôžu chýbať technológie využívajúce obnoviteľné zdroje energie. Keďže podľa štúdií trávime v budovách viac ako 90 % času svojho života, je nevyhnutné sledovať spokojnosť užívateľov budov s kvalitou vnútorného prostredia a urobiť kombináciu takých riešení, aby percento spokojnosti bolo čo najvyššie. V ďalšej časti knihy sa spomínajú klimatické zmeny, štatistické údaje sledovaných parametrov, akými sú celosvetové emisie CO₂, rast globálnej teploty, trendy redukcie emisií skleníkových plynov, zvyšovania podielu obnoviteľných zdrojov energie, znižovania podielu fosílnych palív, efektívneho využívania energie, ktoré súvisia s plánmi EÚ so zámerom dosiahnuť uhlíkovo neutrálnu Európu. Dominantná časť učebnice následne podrobne popisuje jednotlivé aspekty návrhu trvalo udržateľnej budovy, kam patrí zelená architektúra budov, návrh systémov HVAC, kvalita vnútorného prostredia v budovách, energetická hospodárnosť budov, ďalej možnosti využívania dažďovej vody v budovách resp. možnosti recyklácie odpadových vôd z budov, využívanie obnoviteľných zdrojov energie, a takisto kapitoly venované tzv. smart budovám a environmentálne vhodným stavebným materiálom. V závere učebnice nájde čitateľ odkaz na webovú stránku projektu s prípadovými štúdiami školských budov.



PROJEKTOVÝ TÍM



Ing. Martin KOVÁČ, PhD. | vedúci projektu

riešiteľ pre oblasť: Energetická hospodárnosť

Ústav pozemného stavitel'stva | Oddelenie technických zariadení budov

tel. č.: 055/602 4238 | email: martin.kovac@tuke.sk



prof. Ing. Zuzana VRANAYOVÁ, CSc. | zástupca vedúceho projektu

riešiteľka pre oblasť: Využívanie dažďovej vody

Ústav pozemného stavitel'stva | Oddelenie technických zariadení budov

tel. č.: 055/602 4211 | email: zuzana.vranayova@tuke.sk



prof. Ing. Silvia VILČEKOVÁ, PhD.

riešiteľka pre oblasť: Kvalita vnútorného prostredia

Ústav environmentálneho inžinierstva | Oddelenie environmentálneho inžinierstva

tel. č.: 055/602 4260 | email: silvia.vilcekova@tuke.sk



prof. RNDr. Adriana EŠTOKOVÁ, PhD.

riešiteľka pre oblasť: Environmentálne vhodné stavebné materiály

Ústav environmentálneho inžinierstva | Oddelenie materiálového inžinierstva

tel. č.: 055/602 4265 | email: adriana.estokova@tuke.sk



doc. Ing. Danica KOŠIČANOVÁ, PhD.

riešiteľka pre oblasť: Systémy HVAC

Ústav pozemného stavitel'stva | Oddelenie technických zariadení budov

tel. č.: 055/602 4264 | email: danica.kosicanova@tuke.sk



doc. Ing. Anna SEDLÁKOVÁ, PhD.

riešiteľka pre oblasť: Energetická hospodárnosť

Ústav pozemného stavitel'stva | Oddelenie konštrukcií pozemných stavieb

tel. č.: 055/602 4165 | email: anna.sedlakova@tuke.sk



doc. Ing. Peter KAPALO, PhD.

riešiteľ pre oblasť: Systémy HVAC

Ústav pozemného stavitel'stva | Oddelenie technických zariadení budov

tel. č.: 055/602 4271 | email: peter.kapalo@tuke.sk



doc. Ing. Eva KRÍDLOVÁ BURDOVÁ, PhD.

riešiteľka pre oblasť: Kvalita vnútorného prostredia

Ústav environmentálneho inžinierstva | Oddelenie environmentálneho inžinierstva

tel. č.: 055/602 4125 | email: eva.kridlova.burdova@tuke.sk



doc. Ing. František VRANAY, PhD.

riešiteľ pre oblasť: Využívanie obnoviteľných zdrojov energie | SMART budovy

Ústav pozemného stavitel'stva | Oddelenie technických zariadení budov

tel. č.: 055/602 4110 | email: frantisek.vranay@tuke.sk



Ing. arch. Dušan BURÁK, PhD.

riešiteľ pre oblasť: Zelená architektúra

Ústav pozemného stavitel'stva | Oddelenie konštrukcií pozemných stavieb

tel. č.: 055/602 4221 | email: burak@atriumstudio.sk



Ing. Richard NAGY, PhD.

riešiteľ pre oblasť: Systémy HVAC

Ústav pozemného staveľstva | Oddelenie technických zariadení budov
tel. č.: 055/602 4263 | email: richard.nagy@tuke.sk



Ing. Veronika MERJAVÁ

riešiteľka pre oblasť: Energetická hospodárnosť

Ústav pozemného staveľstva | Oddelenie konštrukcií pozemných stavieb
tel. č.: 055/602 4222 | email: veronika.merjava@tuke.sk



ÚVOD | TRVALO UDRŽATEĽNÁ BUDOVA

M. Kováč

ÚVOD

TRVALO UDRŽATEĽNÁ BUDOVA

Pojem „trvalá udržateľnosť“ alebo v tomto prípade „trvalo udržateľná budova“ v sebe skrýva viaceré a rozsiahle definície. V zásade sa však jedná o taký prístup k navrhovaniu nových budov a obnove existujúcich budov, že sa myslí na ekologickú stránku vo všetkých možných rovinách vzhľadom na komplexnosť a zložitosť celého procesu. Naším cieľom je efektívne využívať energie a to nielen v prípade už samotnej prevádzky budovy, ale aj v prípade spotreby energie na výstavbu, na výrobu jednotlivých komponentov a produktov. Spotreba energie je vo vzájomnej interakcii s množstvom produkovaných skleníkových plynov, ktorých ako dobre vieme, je v našej zemskej atmosfére stále viac a viac. To žiaľ negatívne vplyva na klimatické zmeny, ktorých sme svedkami, či už sa jedná o medziročný vzostup priemernej teploty vzduchu, o výskyt silných búrok s privalovými dažďami, o roztápanie ľadovcov alebo vzostup hladiny morí a oceánov. Trvalá udržateľnosť súvisí aj s kvalitou nášho života, s našim zdravím, či už fyzickým alebo psychickým. Štatistiky v tomto smere hovoria jednoznačne a to, že viac ako 90 % nášho života trávim v budovách, v umelom prostredí. Aj preto sa do popredia dostávajú v našich podmienkach rôzne certifikačné systémy, zamerané na hodnotenie kvality vnútorného prostredia. A nie je to len teplota vzduchu vo vnútornom prostredí budovy, či už v zimnom resp. letnom období, ale aj ďalšie veľmi dôležité faktory, ako napr. hluk v interiéri, úroveň koncentrácie oxidu uhličitého, dostupnosť denného svetla, rýchlosť prúdenia vzduchu v pobytovej oblasti, t.j. v okolí užívateľov budov. Sleduje sa napr. kontakt s exteriérom, t.z., že koľko percent priestorov v budove má priamy kontakt s vonkajším prostredím, so zeleňou a podobne. Vieme veľmi dobre, že zeleň ma pozitívny vplyv na organizmus človeka, že upokojuje, napomáha koncentrácii pri práci, že filtruje vzduch od nečistôt a že produkuje kyslík. Sme zvyknutí, že používame každý deň splachovacie toalety, avšak splachujeme čistou, pitnou vodou. Tu nebude niečo v poriadku, ak sa zamyslíme nad množstvom vodných zdrojov a ich kapacitou, alebo nad tým, že niektorí ľudia našej planéty nemajú prístup k čistej a pitnej vode. Je preto potrebné v tomto prípade zmeniť naše myslenie v procese návrhu budov a efektívne nakladať s dažďovou vodou. Túto vieme použiť na splachovanie toaliet alebo na zavlažovanie zelene. V dnešnej dobe máme technológie, ktoré sú ekologické, ktoré využívajú prirodzený energetický potenciál napr. Slnka alebo zeme. Sú finančne náročnejšie, ale ak sa nám podarí optimalizovať návrh jednotlivých systémov budovy, môžeme výrazne skrátiť dobu návratnosti do takýchto drahších technologických zariadení. Všetko závisí od prístupu nás všetkých, nás projektantov a ostatných účastníkov stavebného procesu.

V tejto kapitole nájdete príklad školskej budovy, ktorá v sebe obsahuje niekoľko z nižšie uvedených atribútov pre tzv. trvalo udržateľné budovy:

- zelená architektúra,
- systémy HVAC,
- kvalita vnútorného prostredia,
- energetická hospodárnosť,
- využívanie dažďovej vody,
- využívanie obnoviteľných zdrojov energie,
- smart budovy,
- environmentálne vhodné stavebné materiály.

School Campus De Vonk – De Pluim

Príkladom školského zariadenia, ktoré napĺňa atribúty pre trvalo udržateľnú budovu, je škola v belgickom meste Knokke-Heist. Myšlienka a celkový návrh projektu vzišli z holandského architektonického ateliéru NL Architects so sídlom v Amsterdame.

Srdcom alebo jadrom budovy a to nie len pozične, ale aj významovo, je multifunkčná hala, ktorá zohráva aktívnu úlohu v každodennom živote školy. Vzhľadom na svoju polohu v rámci pôdorysu budovy a jej napojenia na ostatné priestory v budove, je tento halový priestor vnímaný ako „námestie“, miesto nielen pre športové aktivity, ale aj pre organizovanie stretnutí rôzneho významu (divadlo, rôzne ceremoniály alebo festivaly). Nechýbajú priestory pre šatne, ako aj skladové priestory. Perimeter tohto halového priestoru je lemovaný veľkou chodbou a to v celom jeho obvode, čím sa vytvára väzba jednak na ostatné vnútorné priestory školy a na druhej strane súčasne aj interakcia (minimálne tá vizuálna) medzi jednotlivými prevádzkovými časťami budovy.

Obr. 1 Vizualizácia exteriéru budovy školy



Poznámka: Vizualizácia exteriéru budovy školy s predstavou aplikácie vegetačnej plochej strechy v celom rozsahu. V centre viditeľný (sivý kváder) halový priestor, ktorý predstavuje pozične, technicky, ale aj významovo tzv. srdce budovy.

Zdroj: <https://bustler.net/news/2184/knokke-heist-school-building-by-nl-architects>

Halový priestor si vyžaduje vyššiu konštrukčnú aj svetlú výšku v porovnaní s okolitými priestormi v budove, čo bolo aj elegantne a hlavne efektívne využité. Obvodové steny haly nad úrovňou plochej strechy okolitej časti školskej budovy sú doplnené o veľko rozmerové transparentné konštrukcie, čiže okná, čím sa podarilo dostať prirodzené denné svetlo v maximálnej miere do interiéru budovy v tejto časti (Obr. 2).

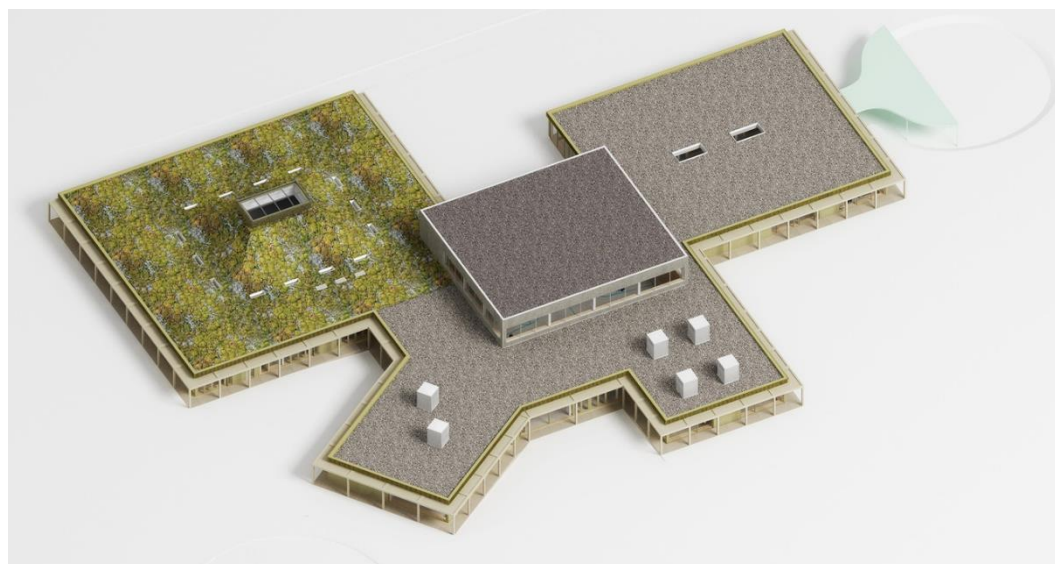
Obr. 2 Reálny pohľad do centrálneho halového priestoru



Zdroj: https://www.archdaily.com/881833/school-campus-de-vonk-de-pluim-nl-architects?ad_medium=gallery

Výsledné riešenie plochej strechy bolo nakoniec stanovené kombináciou vegetačnej strechy na časti budovy (základná škola) s konvenčnou strechou bez vegetácie (zvyšok plochej strechy školskej budovy).

Obr. 3 Výsledné riešenie exteriéru budovy



Poznámka: Vegetačná strecha je použitá nad časťou základnej školy. Ostatná časť strechy je riešená konvenčne (bez vegetácie) z dôvodu zachytávania a využívania dažďovej vody na splachovanie toaliet v budove.

Zdroj: https://www.archdaily.com/881833/school-campus-de-vonk-de-pluim-nl-architects?ad_medium=gallery

Obr. 4 Vizualizácia interiéru budovy školy



Zdroj: <https://bustler.net/news/2184/knokke-heist-school-building-by-nl-architects>

Súčasťou školského zariadenia je materská a základná škola. Základnú školu tvoria triedy, ktoré sú logicky usporiadané okolo pravouhlého (obdĺžnikového) átria, ktoré plní funkciu komunikačného priestoru, pre pohyb žiakov resp. pre ich spoločné aktivity. Priestor nad ním je riešený zaujímavou konštrukciou zakrivenej strechy za účelom vytvoriť väčší a efektívne využiteľný objem pod ňou. V hrebeni je umiestnený strešný svetlík, ktorým sa tak dostáva do interiéru množstvo prirodzeného denného svetla, ktoré je nevyhnutné pre zdravý vývoj človeka, v tomto prípade organizmu detí, ktorý je stále vo vývoji. Nechýbajú ani ďalšie postranné strešné svetlíky menších rozmerov, ktoré napomáhajú presvetliť koridor, čiže chodbu, z ktorej sa žiaci môžu presúvať do jednotlivých tried.

Obr. 5 Vizualizácia uzavretého centrálného átria základnej školy



Poznámka: Pohľad na centrálné uzavreté átrium pre spoločné stretnutie a aktivity žiakov. V streche sú jasne viditeľné strešné svetlíky so zámerom „zaplaviť“ priestor denným svetlom, zabezpečiť zrakovú pohodu a celkovo navodiť príjemné vnútorné prostredie.

Zdroj: <https://bustler.net/news/2184/knokke-heist-school-building-by-nl-architects>

Obr. 6 Reálny pohľad na do interiéru uzavretého centrálného átria základnej školy



Poznámka: Zakrivený tvar strešnej konštrukcie je zakončený v najvyššom mieste strešným svetlíkom, ktorý zaplavuje priestor pod strechou prirodzeným denným svetlom.

Zdroj: https://www.archdaily.com/881833/school-campus-de-vonk-de-pluim-nl-architects?ad_medium=gallery

Obr. 7 Reálny pohľad na do interiéru uzavretého centrálného átria základnej školy – časť chodby



Poznámka: Chodba je presvetlená prirodzeným denným svetlom vďaka skupine strešných svetlíkov

Zdroj: https://www.archdaily.com/881833/school-campus-de-vonk-de-pluim-nl-architects?ad_medium=gallery

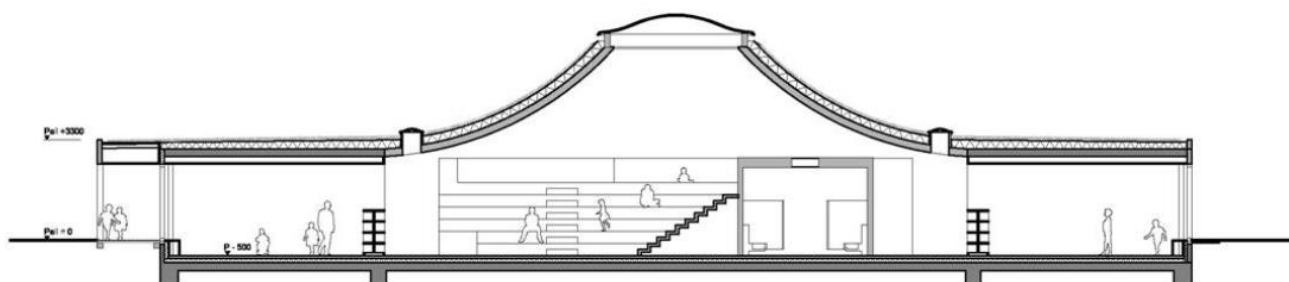
Obr. 8 Reálny pohľad na konštrukciu zakrivenej vegetačnej strechy s integrovanými strešnými svetlíkmi



Zdroj: https://www.archdaily.com/881833/school-campus-de-vonk-de-pluim-nl-architects?ad_medium=gallery

Samotné triedy sú čiastočne zapustené pod úroveň okolitého terénu, čo znamená, že výšková úroveň podlahy školských tried je oproti okolitému terénu cca. 0,5 m nižšie. Tento prístup sa zvolil (názor autora kapitoly) z dvoch dôvodov. Tým prvým je, že týmto spôsobom sa dosiahlo zlepšenie podmienok denného osvetlenia v jednotlivých triedach. Ako? Vieme, že úroveň dennej osvetlenosti sa posudzuje v tzv. výške pracovnej roviny, čo je výška meraná od úrovne podlahy danej miestnosti. Tým, že podlaha I.NP je nižšie cca. 0,5 m oproti upravenému okolitému terénu, dopadá na posudzovanú pracovnú rovinu viac prirodzeného denného svetla, čím sa zlepšujú podmienky pre zrakovú pohodu a paralelne s tým sa aj minimalizuje potreba prevádzkovať umelé osvetlenie, ktoré spotrebúva elektrickú energiu. Tým druhým dôvodom je (názor autora kapitoly), že transparentné konštrukcie v obvodovej stene, čiže okná majú principiálne stále parapet, ktorý je prakticky a elegantne využitý pre umiestnenie školského nábytku (skrinky, police a podobne), ale súčasne je umožnený výhľad žiakom z tried von do exteriéru. Kontakt s exteriérom je veľmi dôležitý aj vzhľadom na fakt, že deti trávia veľkú časť dňa v umelom prostredí a teda vo vnútornom prostredí budovy. Architekti projektu mysleli aj na možnosť výstupu z tried priamo do exteriéru, bez potreby presúvať sa cez centrálnu chodbu naprieč budovou školy. Samozrejme tieto aktivity sú realizované za prítomnosti a pod dohľadom pedagógov.

Obr. 9 Priečny rez budovou základnej školy



Poznámka: Zakrivená strecha vytvára efektívne využitý priestor pod strechou pre rôzne aktivity žiakov a súčasne skrýva v sebe časť technologického zázemia, hygienické a skladovacie priestory. Viditeľná je zmena úrovne podlahy I.NP oproti okolitému terénu.

Zdroj: <https://bustler.net/news/2184/knokke-heist-school-building-by-nl-architects>

Obr. 10 Vizualizácia interiéru triedy so zapustenou podlahou I.NP



Zdroj: <https://bustler.net/news/2184/knokke-heist-school-building-by-nl-architects>

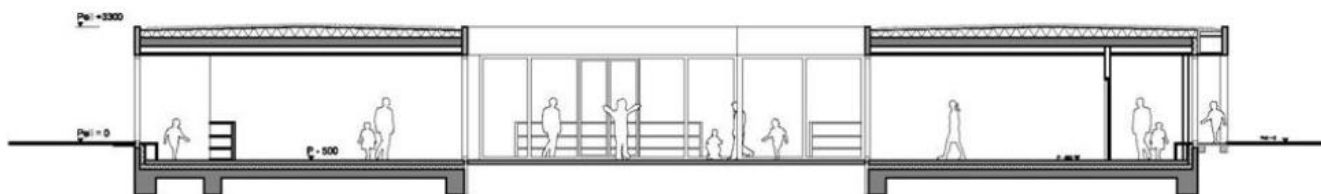
Obr. 11 Realizácia výstupu z triedy do exteriéru



Zdroj: <http://www.nlarchitects.nl/slideshow/351/>

Obdobný prístup k riešeniu výškovej úrovne podlahy bol použitý aj v prípade časti školskej budovy, ktorá je využívaná ako materská škola. Aj v tomto prípade sú miestnosti čiastočne zapustené pod úroveň okolitého terénu, čo znamená, že výšková úroveň podlahy je oproti úrovni okolitého terénu cca. 0,5 m nižšie. Zámerom bolo získať maximum prirodzeného denného svetla a zachovať neustály vizuálny kontakt detí s vonkajším prostredím a to za akéhokoľvek počasia. Súčasne je priestor pred parapetom efektívne využitý a to pre umiestnenie detského nábytku, pracovných stolov, úložných boxov pre hračky a podobne.

Obr. 12 Priečny rez budovou materskej školy



Poznámka: Viditeľná zmena úrovne podlahy I.NP oproti okolitému terénu.

Zdroj: <https://bustler.net/news/2184/knokke-heist-school-building-by-nl-architects>

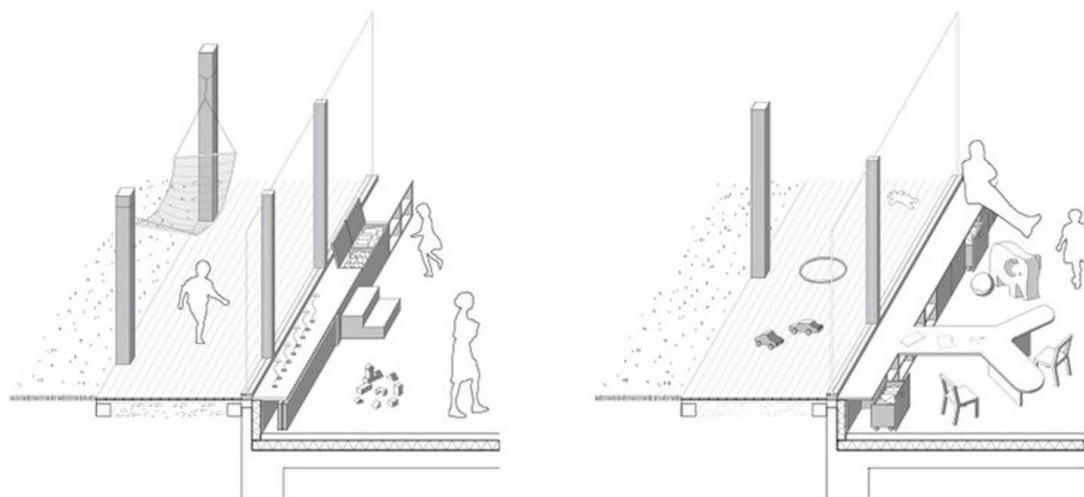
Obr. 13 Vizualizácia interiéru triedy so zapustenou podlahou I.NP v rámci materskej školy



Zdroj: <https://bustler.net/news/2184/knokke-heist-school-building-by-nl-architects>

Umiestnenie pracovných stolov pre deti v blízkosti fasády budovy bolo zámerné (názor autora kapitoly). Prvým dôvodom bolo zabezpečiť deťom dostatok prirodzeného denného svetla, čo poloha umiestnenia stolov umožňuje a súčasne zachovať vizuálny kontakt detí s exteriérom, čo má pozitívny vplyv na ich myslenie, nápady, tvorivú činnosť, ktorú pod vedením pedagógov realizujú v rámci rôznych pripravených aktivít.

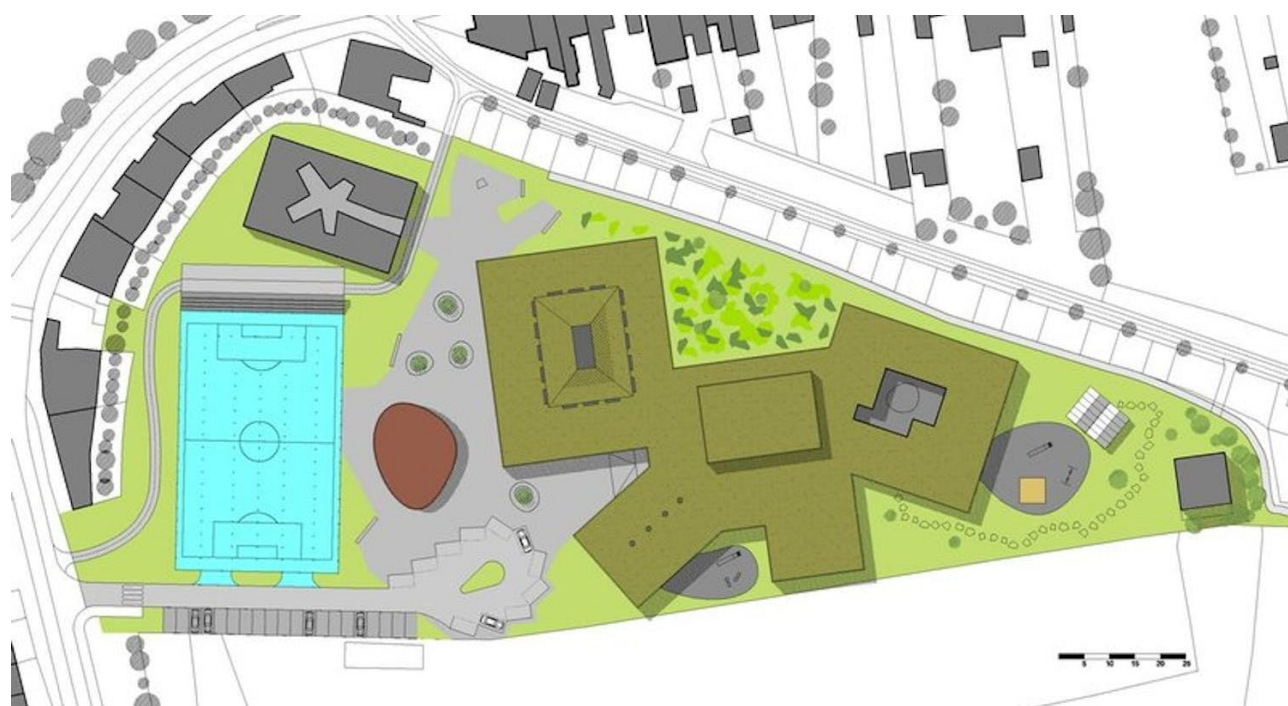
Obr. 14 Priestorové znázornenie zníženej podlahy I.NP v rámci materskej školy



Zdroj: <https://bustler.net/news/2184/knokke-heist-school-building-by-nl-architects>

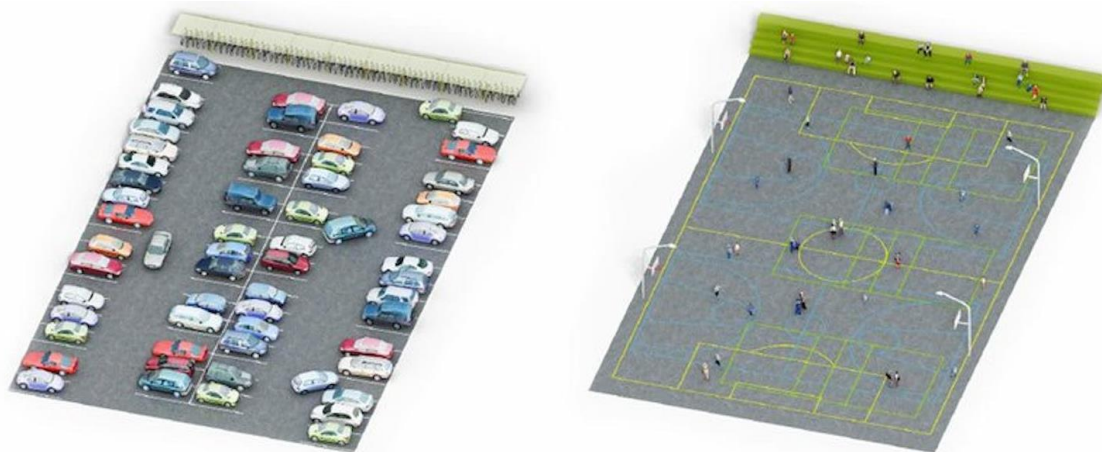
V rámci pozemku bol pôvodný zámer vytvoriť na ploche multifunkčné ihrisko, ktoré by primárne bolo teda určené pre športové aktivity žiakov. V prípade špeciálnych udalostí, ako napr. akcia v halovom priestore budovy (koncert, divadlo a iné aktivity), by sa plocha, bežne teda využívaná pre šport, zmenila na veľkokapacitné parkovisko. Tento zámer sa však nestal skutočnosťou. Nakoniec bolo vytvorené na pozemku samostatné parkovisko len s touto funkciou, a samostatný priestor pre rôzne aktivity žiakov – ihrisko.

Obr. 15 Pôvodný zámer realizácie ihriska s funkciou aj parkoviska



Zdroj: <https://bustler.net/news/2184/knokke-heist-school-building-by-nl-architects>

Obr. 16 Dvojaké využitie plochy – parkovisko / ihrisko



Zdroj: <https://bustler.net/news/2184/knokke-heist-school-building-by-nl-architects>

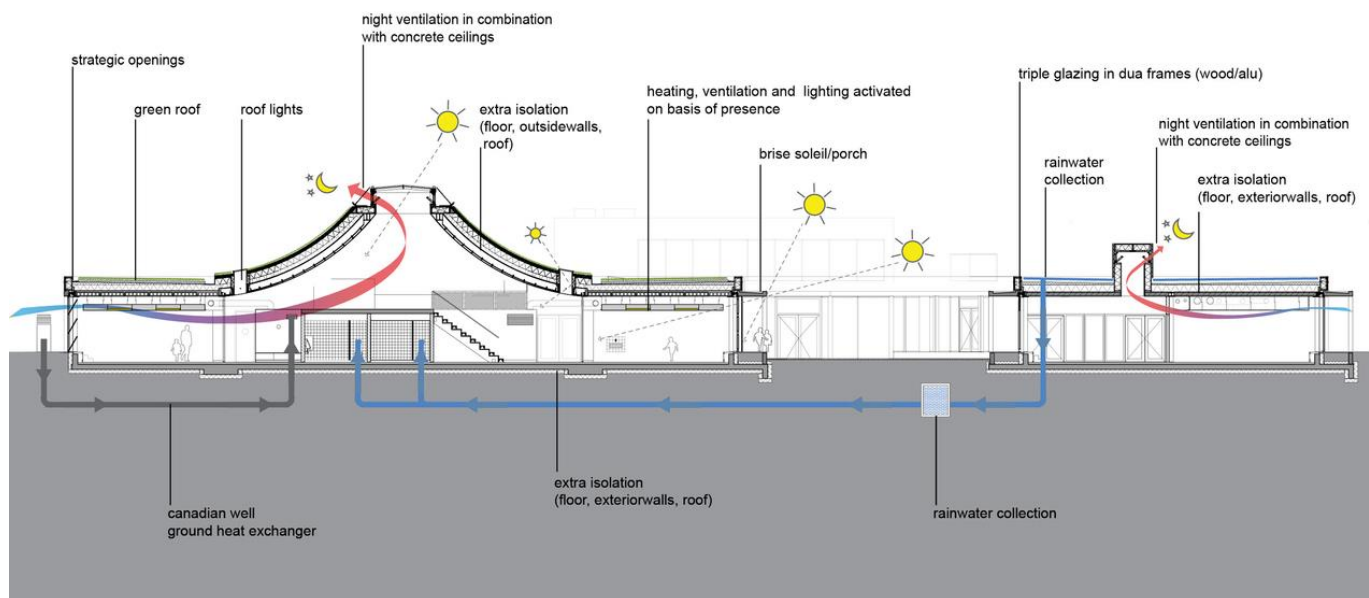
Obr. 17 Skutočná situácia na pozemku



Zdroj: <https://bustler.net/news/2184/knokke-heist-school-building-by-nl-architects>

Pri návrhu budovy sa teda prihliadalo nielen na energetické požiadavky, ale aj na požiadavky súvisiace s celkovým vnútorným komfortom užívateľov (detí, žiakov a zamestnancov) budovy, na trvalú udržateľnosť vo všeobecnosti. Bola teda použitá vegetačná extenzívna strecha s cieľom čiastočne podporiť aj biodiverzitu. Časť strechy budovy je teda zelená, časť strechy je riešená konvenčne s kamienkovým posypom. Tento prístup bol zvolený z dôvodu zachytávania dažďovej vody a jej následného využitia na splachovanie toaliet v budove. Množstvo transparentných konštrukcií v obálke budovy, doplnených aj o strešné svetlíky napomáhajú teda zlepšiť podmienky osvetlenia vnútorných priestorov prirodzeným denným svetlom, čím sa podporuje zdravý vývoj organizmu u detí (zrak) a minimalizuje potreba používania umelého osvetlenia, s čím teda súvisí nielen redukcia spotreby energie, ale aj redukcia emisií skleníkových plynov. Tieto presvetľovacie otvory sa efektívne využívajú aj na podporu prirodzeného vetrania budovy, teda výmeny vzduchu vo vnútorných miestnostiach budovy na základe priečného vetrania, podporeného teplotným rozdielom vzduchu alebo dynamickým účinkom vetra. Tento spôsob vetrania sa využíva hlavne v prechodných mesiacoch roka, v letnom období, alebo počas nočných hodín v lete, kedy sa prirodzené vetranie využíva na tzv. nočné vetranie, resp. predchladenie budovy. Ako? Počas nočných hodín je teplota vonkajšieho vzduchu nižšia, t. z., že nočným vetraním sa odvádza zostatková tepelná záťaž nahromadená v budove počas dňa. Týmto spôsobom sú vnútorné konštrukcie budovy vlastne predchladzované a teda schopné nasledujúci deň absorbovať väčšie množstvo tepelnej záťaže, a zabrániť tak prudkému vzostupu interiérovej teploty (teplotné fluktuácie). Okrem možnosti prirodzeného vetrania, má budova aj systém núteného vetrania, ktorý je kombinovaný s predradeným systémom zemných vzduchových výmenníkov tepla. Tieto sú efektívne využívané nielen v letnom období, ale aj v počas zimných mesiacov. Využíva sa pritom teplo pôdy, resp. fázový posun teploty pôdy, t. z., že v lete je možné teplotu privádzaného čerstvého vzduchu do budovy čiastočne znížiť (predchladiť) a v zime naopak, t. j. teplotu privádzaného čerstvého vzduchu mierne zvýšiť (predhriať).

Obr. 18 Systémy prirodzeného a núteného vetrania budovy / zachytávania a využívania dažďovej vody / presvetlenia vnútorných priestorov



Zdroj: https://www.archdaily.com/881833/school-campus-de-vonk-de-pluim-nl-architects?ad_medium=gallery

Obr. 19 Vstupné y výstupné hlavice systému núteného vetrania so zemným vzduchovým výmenníkom tepla



Zdroj: <http://www.nlarchitects.nl/slideshow/351/>

Zoznam obrázkov

- Obr. 1 Vizualizácia exteriéru budovy školy
- Obr. 2 Reálny pohľad do centrálneho halového priestoru
- Obr. 3 Výsledné riešenie exteriéru budovy
- Obr. 4 Vizualizácia interiéru budovy školy
- Obr. 5 Vizualizácia uzavretého centrálneho átria základnej školy
- Obr. 6 Reálny pohľad na do interiéru uzavretého centrálneho átria základnej školy
- Obr. 7 Reálny pohľad na do interiéru uzavretého centrálneho átria základnej školy – časť chodby
- Obr. 8 Reálny pohľad na konštrukciu zakrivenej vegetačnej strechy s integrovanými strešnými svetlíkmi
- Obr. 9 Priečny rez budovou základnej školy
- Obr. 10 Vizualizácia interiéru triedy so zapustenou podlahou I.NP
- Obr. 11 Realizácia výstupu z triedy do exteriéru
- Obr. 12 Priečny rez budovou materskej školy
- Obr. 13 Vizualizácia interiéru triedy so zapustenou podlahou I.NP v rámci materskej školy
- Obr. 14 Priestorové znázornenie zníženej podlahy I.NP v rámci materskej školy
- Obr. 15 Pôvodný zámer realizácie ihriska s funkciou aj parkoviska
- Obr. 16 Dvojaké využitie plochy – parkovisko / ihrisko
- Obr. 17 Skutočná situácia na pozemku
- Obr. 18 Systémy prirodzeného a núteného vetrania budovy / zachytávania a využívania dažďovej vody / presvetlenia vnútorných priestorov
- Obr. 19 Vstupné y výstupné hlavice systému núteného vetrania so zemným vzduchovým výmenníkom tepla

Zoznam literatúry

<https://bustler.net/news/2184/knokke-heit-school-building-by-nl-architects>

https://www.archdaily.com/881833/school-campus-de-vonk-de-pluim-nl-architects?ad_medium=gallery

<http://www.nlarchitects.nl/slideshow/351/>



KLIMATICKÉ ZMENY A POLITIKA EÚ - TRENDY

M. Kováč

0

KLIMATICKÉ ZMENY A POLITIKA EÚ - TRENDY

Pri pohľade z vesmíru si uvedomujeme, aká je zemská atmosféra krásna a súčasne tenká v kontraste s rozmermi samotnej planéty Zem. Napriek tomu však umožňuje život na povrchu Zeme a chráni ho pred negatívnymi účinkami určitej časti spektra elektromagnetického žiarenia. Vďaka prítomnosti oxidu uhličitého, metánu, oxidu dusného a vodnej pary, ktoré sú schopné absorbovať slnečné žiarenie, si atmosféra udržiava teplotu vhodnú pre život na Zemi. Tento proces sa označuje ako skleníkový efekt a spomínané plyny sú označované skleníkovými plynmi. Ich prítomnosť v atmosfére bola daná v priebehu samotného vývoja planéty a jej atmosféry, pričom ich koncentrácia bola určité obdobie vyššia resp. nižšia, čo malo za následok vznik a zánik niekoľkých dôb ľadových. Čo však pozorujeme za posledné desiatky rokov ľudskej histórie, je prudký nárast koncentrácie skleníkových plynov, ktorý so sebou prináša vzostup globálnej priemernej teploty atmosféry a paralelne s ňou aj rad problematických javov, akými sú napr. roztápanie ľadovcov, výskyt extrémneho počasia, ktoré je sprevádzané intenzívnymi zrážkami, ďalej výskytom väčšieho počtu tornád a to aj na miestach, kde sa v minulosti nikdy nevyskytovali. V súčasnosti dobre vieme a potvrdili to aj mnohé výskumné inštitúcie so svojimi odborníkmi po celom svete, že za všetky tieto negatívne zmeny sme zodpovední predovšetkým MY ľudia a niektoré z našich činností, ktoré narúšajú rovnováhu zemskej atmosféry.

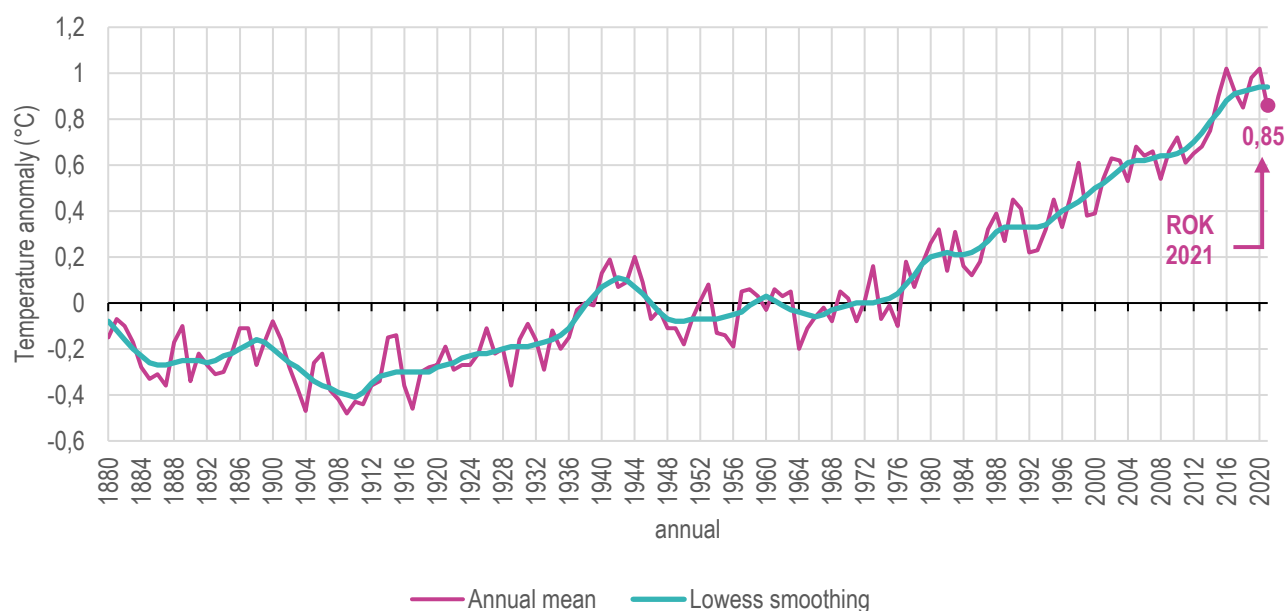
Obr. 0.1 Pohľad na planétu Zem a jej krásne modrú okrajovú vrstvu - atmosféru



Zdroj: https://images.labroots.com/content_article_profile_image_83ca560908a5cb6376fea430679e814303d9f069_7827.jpg

Jedným z hlavných ukazovateľov klimatických zmien je vzostup globálnej ročnej priemernej teploty, ktorej trend má jednoznačne stúpajúci charakter za posledné desaťky rokov. Podľa najnovších údajov z meraní bol nárast priemernej ročnej teploty v roku 2021 na úrovni + 0,85 °C. Závazok vyplývajúci z Parížskej dohody o zmene klímy v roku 2015 pritom bol a stále je v platnosti, že do konca storočia (2100) je potrebné udržať tento vzostup teploty pod hodnotou 2 °C, s cieľom vyvinúť maximálne úsilie, aby sa udržalo globálne otepľovanie pod hranicou 1,5 °C. K tomu je potrebné neuspokojiť sa so súčasne nastaveným ekologickým trendom, ale práve naopak, je potrebné pridať, čo v konečnom dôsledku potvrdzujú aj závery z konferencie COP 26 (Konferencia OSN o zmene klímy 2021), ktorá sa konala koncom roku 2021 v Glasgowe.

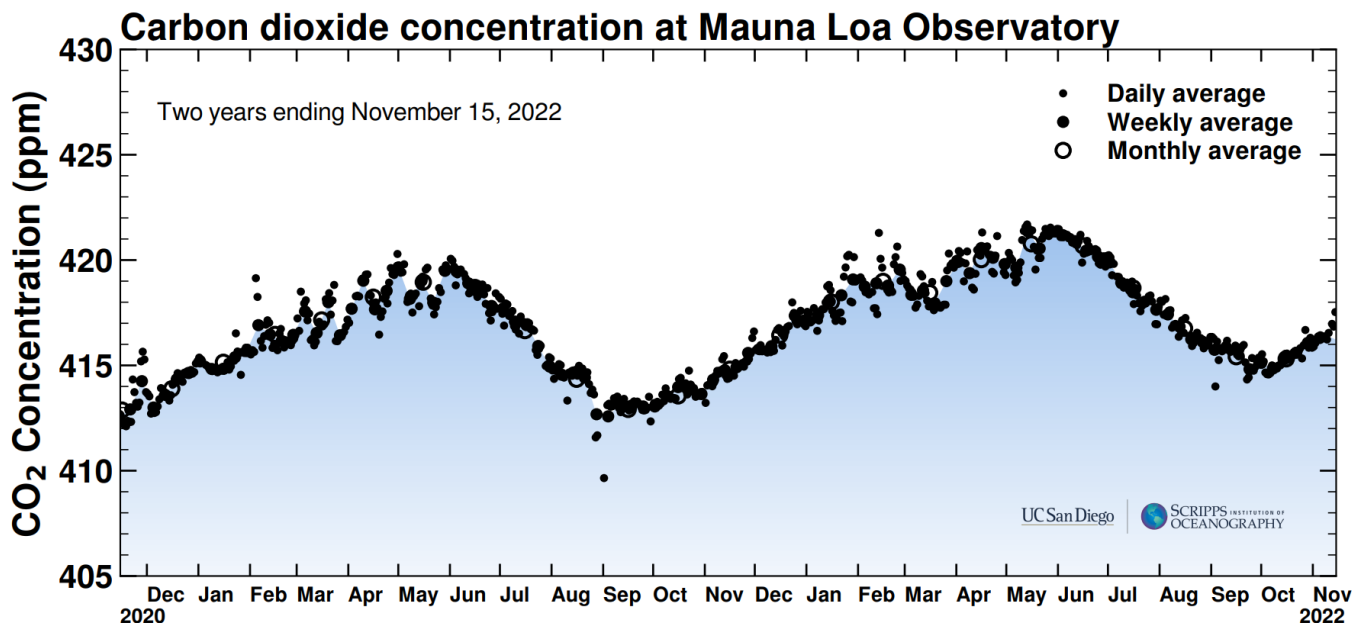
Obr. 0.2 Teplotné zmeny v zemskej atmosfére



Zdroj: <https://climate.nasa.gov/vital-signs/global-temperature/>

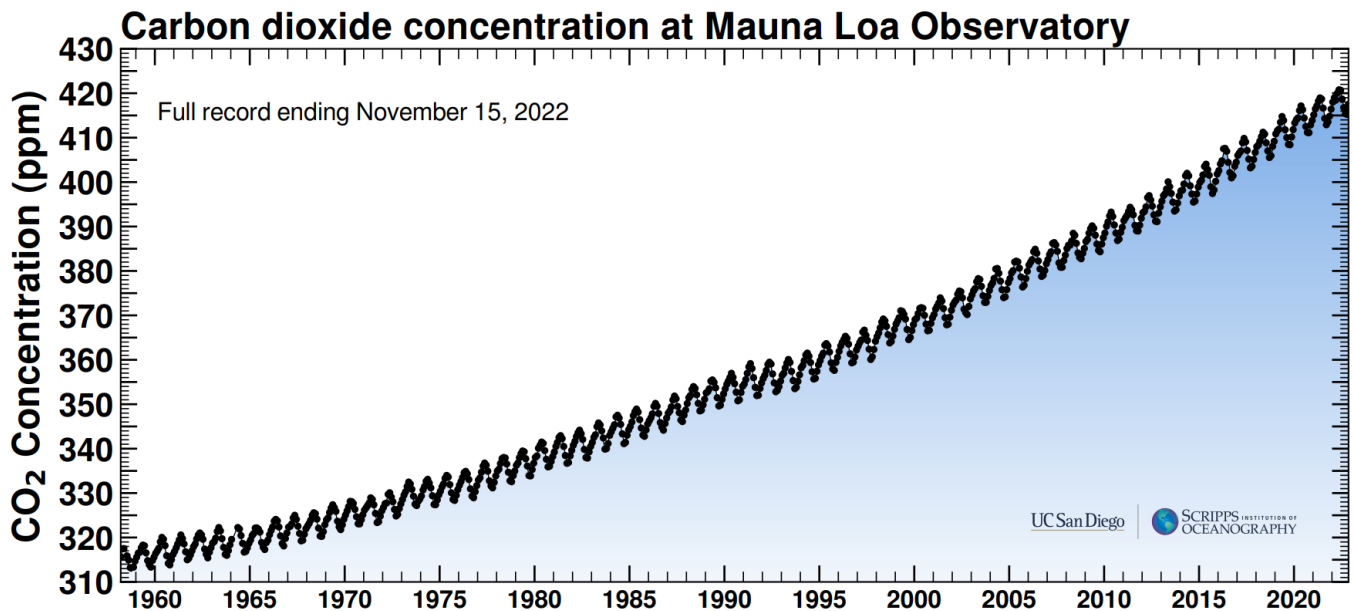
Vzostup globálnej teploty priamo súvisí s úrovňou skleníkových plynov v zemskej atmosfére a to najmä úrovňou oxidu uhličitého a metánu. Prítomnosť skleníkových plynov je na jednej strane výsledkom prirodzených procesov v prírode, na strane druhej aj ľudská činnosť sa podieľa na ich tvorbe a to hlavne spaľovaním fosílnych palív. Skleníkové plyny v zemskej atmosfére absorbujú slnečné žiarenie, čím dochádza k vzostupu teploty. Vyššia teplota spôsobuje aj to, že dochádza k postupnému rozmrazovaniu permafrostu, trvalo zamrzutej pôdy, z ktorej sa uvoľňuje metán patriaci medzi silné skleníkové plyny. Úroveň oxidu uhličitého začal merať ešte v 50-tych rokoch minulého storočia pán menom Charles David Keeling a krivka, ktorá znázorňuje vývoj oxidu uhličitého v zemskej atmosfére, dostala pomenovanie práve po ňom - Keeling curve, alebo Keelingova krivka. V priebehu roka samotná úroveň tohto skleníkového plynu kolíše, pričom z dlhodobého hľadiska je zrejmé, že trend oxidu uhličitého v zemskej atmosfére má stále len rastúcu tendenciu.

Obr. 0.3 Dvojročný vývoj emisií CO₂



Zdroj: <https://scripps.ucsd.edu/programs/keelingcurve/>

Obr. 0.4 Vývoj emisií CO₂ od začiatku merania v roku 1958



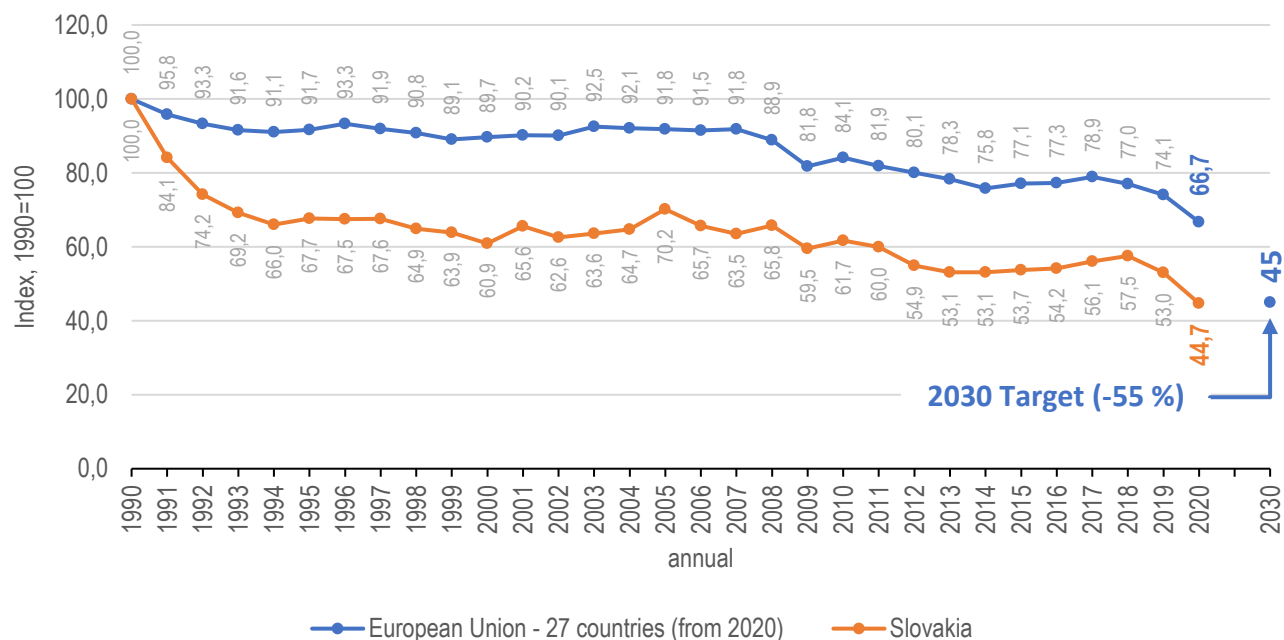
Zdroj: <https://keelingcurve.ucsd.edu/>

Politika Európskej únie je dlhodobou orientovaná na boj s klimatickými zmenami. Už stratégia Európa 2020 z roku 2007, ktorá je všeobecne dobre známa pod označením cieľ 20-20-20, stanovila pre rok 2020:

- 20 % zníženie emisií skleníkových plynov oproti roku 1990 – **splnené**,
- 20 % podiel obnoviteľných zdrojov energie na konečnej spotrebe energie - **splnené**,
- 20 % zlepšenie energetickej efektívnosti – zníženie primárnej a konečnej spotreby energie - **splnené**.

Na základe dostupných informácií z Európskeho štatistického úradu je možné povedať, že cieľ v oblasti zníženia emisií skleníkových plynov v roku 2020 o 20 % sa podarilo splniť (Obr. 0.5). Súčasná zverejnená dáta pre rok 2020 uvádzajú redukciu na úrovni 33,3 % pre Európsku úniu ako celok (27 členských štátov). Je potrebné brať do úvahy, že rok 2020 je rokom pandémie ochorenia COVID-19, viacnásobných celoeurópskych, resp. celosvetových lockdownov, čo samozrejme malo priamy vplyv na ekonomiku a hospodárstvo krajín a tým pádom aj na spotrebu energie a produkciu skleníkových plynov. Nový Klimatický a energetický rámec 2030, ktorý bol prijatý v roku 2014, vytýčil nový míľnik v oblasti znižovania emisií skleníkových plynov do roku 2030 a to zníženie o 40 %. Táto hodnota však časom bola revidovaná v súvislosti s prijatím Európskeho ekologického dohovoru, známeho ako Green Deal z konca roku 2019, kde bolo v tom období navrhované zníženie emisií skleníkových plynov o 50 – 55 %. V konečnom dôsledku bola neskôr schválená ambicióznejšia hodnota a teda v súčasnosti platí, že úlohou EÚ je zníženie skleníkových plynov o 55 % do roku 2030. Vzhľadom na skutočnosť, že rok 2030 nie je ďaleko a snahou je tento ambiciózny plán splniť, bude v nasledujúcich rokoch potrebné vyvinúť maximálne úsilie s cieľom navrhnuť a uviesť do života viaceré schémy na podporu znižovania energetickej spotreby EÚ, zvyšovania podielu využívania obnoviteľných zdrojov energie, uplatňovania a zvyhodňovania nízko emisných technológií. V roku 2050 by sa Európska únia mala stať ekologicky neutrálnou, čiže s nulovou bilanciou emisií skleníkových plynov.

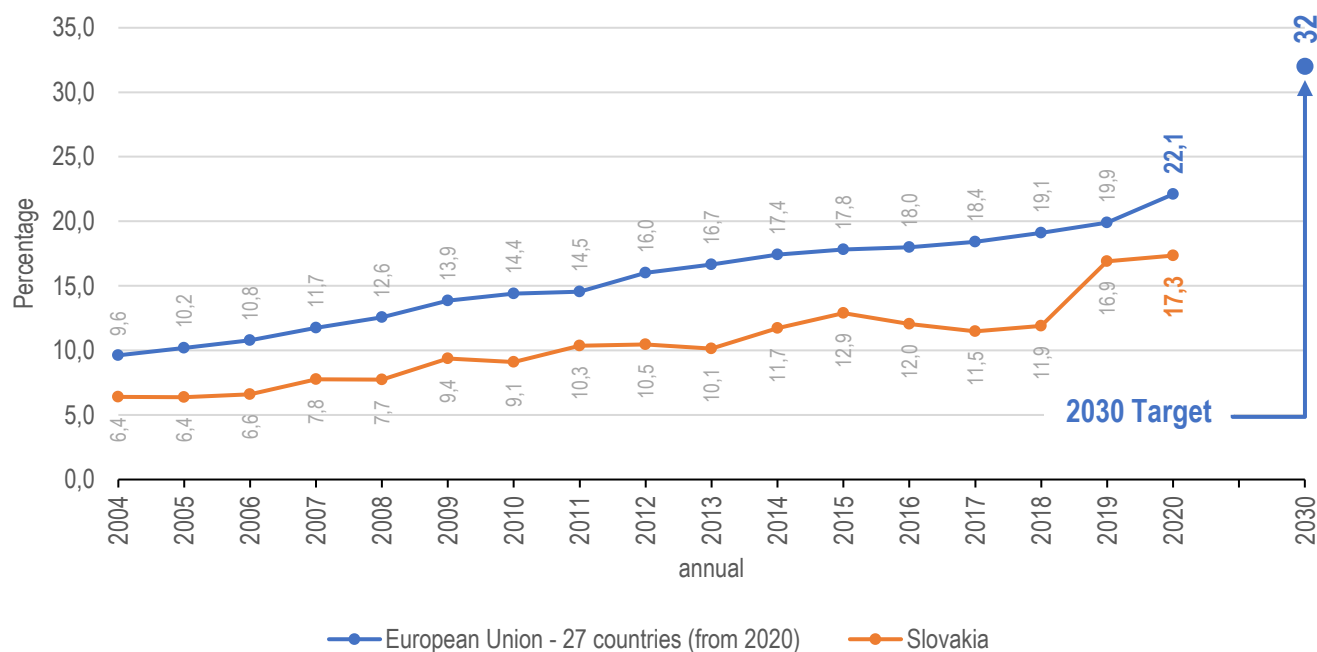
Obr. 0.5 Celkový vývoj emisií skleníkových plynov (ekvivalent CO₂) oproti roku 1990



Zdroj: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/SDG_13_10_custom_1300365/bookmark/table?lang=en&bookmarkId=bf32e957-0096-48fc-b9a2-e127f51a090d

Podľa výsledkov z Eurostatu bol podiel obnoviteľných zdrojov energie v roku 2020 na úrovni 22,1 % pre európsku dvadsať sedmičku. Z toho jasne vyplýva, že cieľ požadovaný stratégiou Európa 2020, aby podiel obnoviteľných zdrojov energie v roku 2020 bol na úrovni 20 %, sa podarilo dosiahnuť. Nasledujúci obrázok súčasne prezentuje aj vývoj podielu obnoviteľných zdrojov energie v rámci Slovenskej republiky, kde taktiež je možné pozorovať postupný nárast. Aktualizovaný Klimatický a energetický rámec 2030 z roku 2018, vytýčil nový míľnik v oblasti podielu obnoviteľných zdrojov energie do roku 2030 a to jeho zvýšenie na min. 32 % (Poznámka: pôvodný Klimatický a energetický rámec z roku 2014 požadoval min. 27 % podiel OZE do roku 2030).

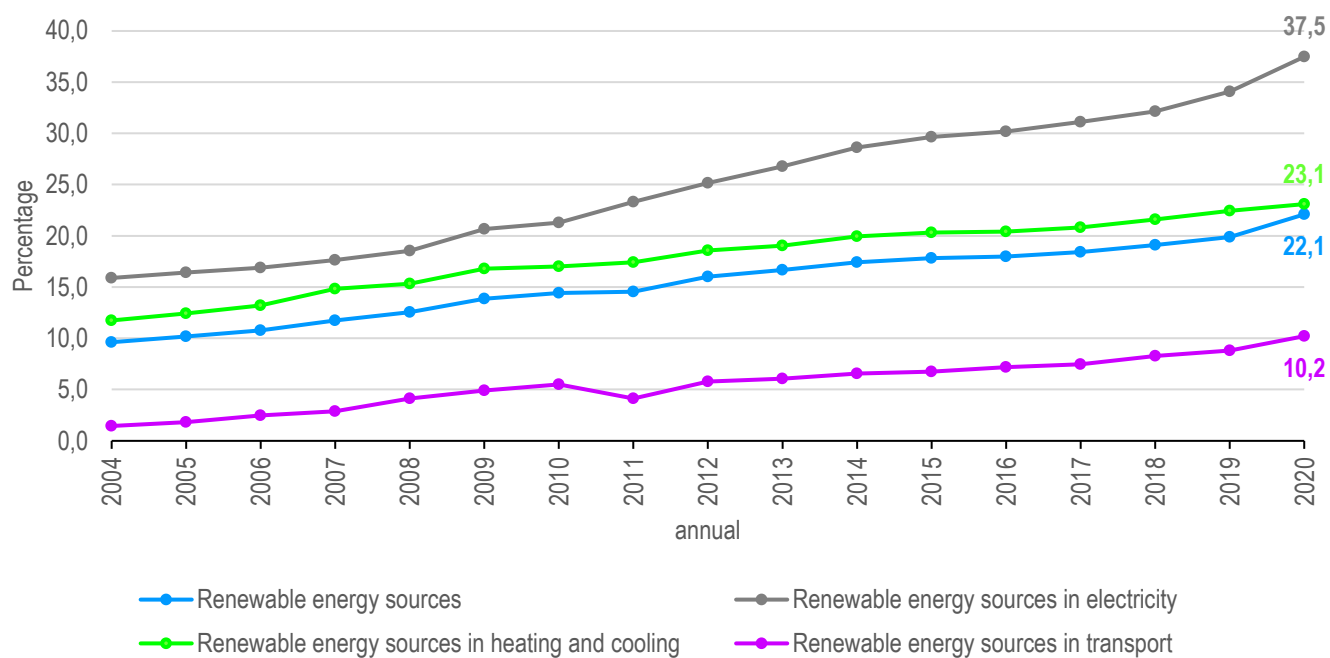
Obr. 0.6 Celkový vývoj podielu obnoviteľných zdrojov energie na konečnej spotrebe energie



Zdroj: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/SDG_07_40_custom_2190966/bookmark/table?lang=en&bookmarkId=749c1328-331e-4c33-bbe7-7232f05c0c87

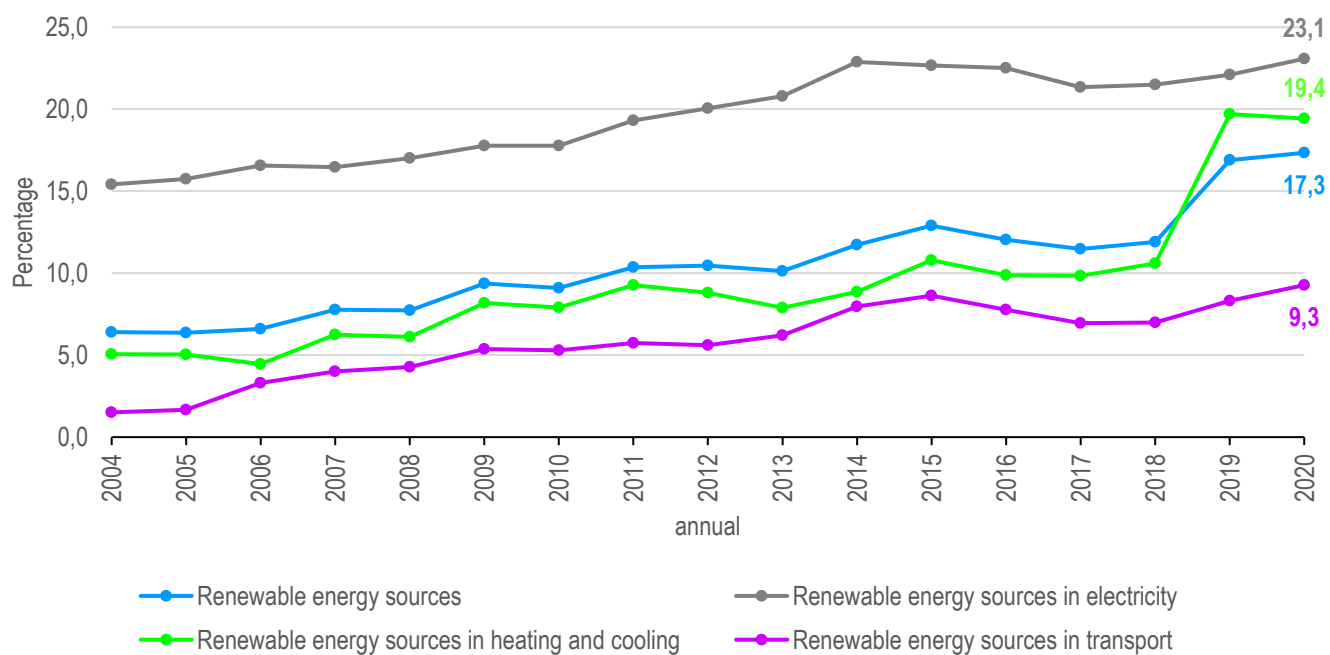
Nasledujúce grafy (Obr. 0.7, Obr. 0.8) prezentujú podiel obnoviteľných zdrojov energie v jednotlivých sektoroch, či už sa jedná o spotrebu elektrickej energie, dopravu, alebo energiu pre vykurovanie a chladenie. Vo všetkých oblastiach je možné pozorovať postupný nárast a to ako na Európskej úrovni, kde sa hodnotí podiel OZE ako priemer 27 členských štátov, tak aj v rámci samotnej Slovenskej republiky. Práve na Slovensku je pozitívne vnímaný percentuálny nárast využívania obnoviteľných zdrojov energie pri vykurovaní a chladení budov, kde teda v roku 2020 podiel OZE sa takmer zdvojnásobil v porovnaní s úrovňou OZE v roku 2018 (Obr. 0.8).

Obr. 0.7 Podiel obnoviteľných zdrojov energie v jednotlivých sektoroch v Európskej únii (27 členov od roku 2020)



Zdroj: https://ec.europa.eu/eurostat/cache/infographs/energy_dashboard/endash.html?geo=EU27_year=2020&language=EN&detail=1&nrg_bal=&unit=MTOE&chart=chart_two&modal=0

Obr. 0.8 Podiel obnoviteľných zdrojov energie v jednotlivých sektoroch na Slovensku



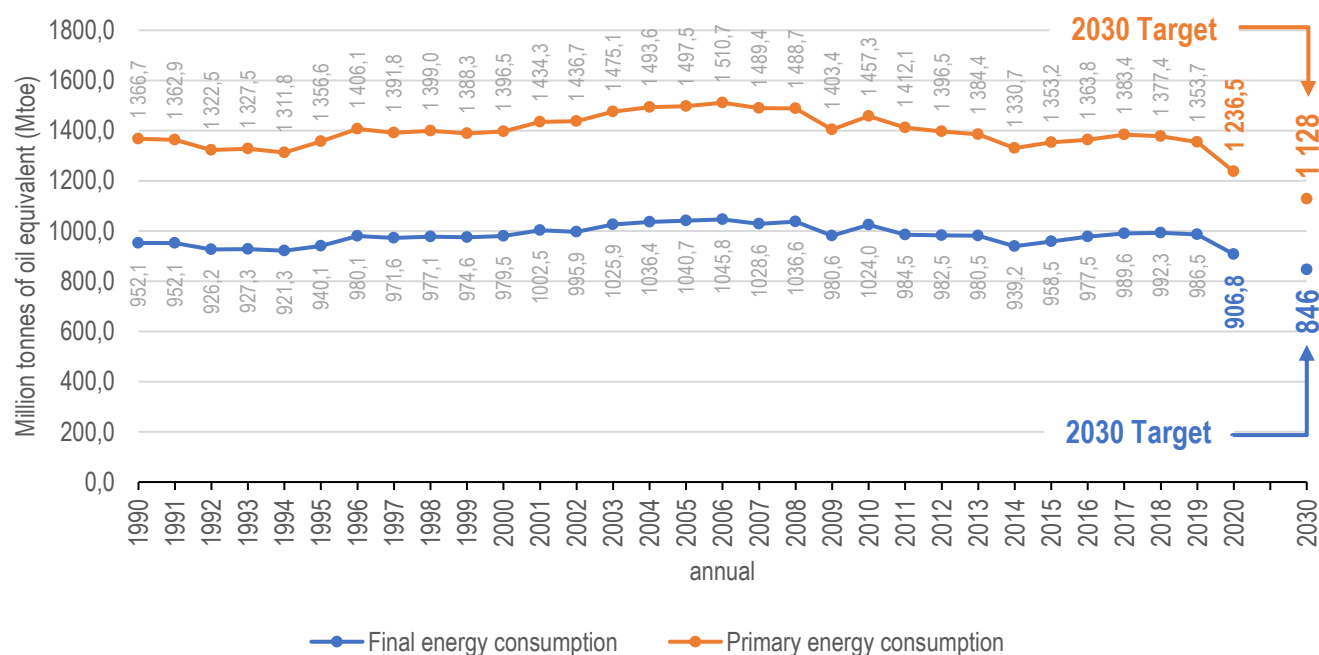
Zdroj: https://ec.europa.eu/eurostat/cache/infographs/energy_dashboard/endash.html?geo=EU27_year=2020&language=EN&detail=1&nrg_bal=&unit=MTOE&chart=chart_two&modal=0

Tretím cieľom stratégie Európa 2020 bolo zlepšenie energetickej efektívnosti a to konkrétne o 20 % do roku 2020, čo teda konkrétne predstavuje zníženie spotreby primárnej energie na úroveň 1312 miliónov ton ekvivalentu ropy (ďalej len Mtoe) a zníženie spotreby konečnej energie na hodnotu 959 Mtoe. Podľa údajov zverejnených Eurostatom bola spotreba primárnej energie v EÚ (27 členských štátov) v roku 2020 na hodnote 1237 Mtoe, čo znamená splnenie cieľa pre rok 2020, kedy bola stanovená primárna energia na úrovni 1312 Mtoe. Z hľadiska spotreby konečnej energie bol trend veľmi podobný a spotreba sa v roku 2020 dostala na úroveň 907 Mtoe, čo je v konečnom dôsledku menej ako požadovaná hodnota 959 Mtoe pre rok 2020.

Je potrebné pripomenúť, že rok 2020 je rokom, kedy sa celosvetovo rozšírilo ochorenie COVID-19 a ktoré na počiatku vyvolalo vo veľkom rozsahu zavedenie tzv. lockdown-ov, obmedzenie výroby, čo malo priamy dopad aj na spotrebu primárnej resp. konečnej energie. Ochorenie COVID-19 je stále prítomné a ľudstvo sa postupne učí s touto skutočnosťou vyrovnávať. Uvidíme, ako sa bude vyvíjať celosvetové a najmä európske hospodárstvo v nasledujúcich rokoch a to aj s ohľadom na prijaté strategické plány pre najbližší cieľový rok a to rok 2030.

Aktualizovaný Klimatický a energetický rámec 2030 z roku 2018 vytýčil nový míľnik v oblasti zlepšenia energetickej efektívnosti do roku 2030 a to na úroveň min. 32,5 %. V číselnom vyjadrení to znamená zníženie spotreby primárnej energie na úroveň 1128 Mtoe a zníženie spotreby konečnej energie na úroveň 846 Mtoe. (Poznámka: pôvodný Klimatický a energetický rámec z roku 2014 požadoval min. 27 % zlepšenie energetickej efektívnosti do roku 2030).

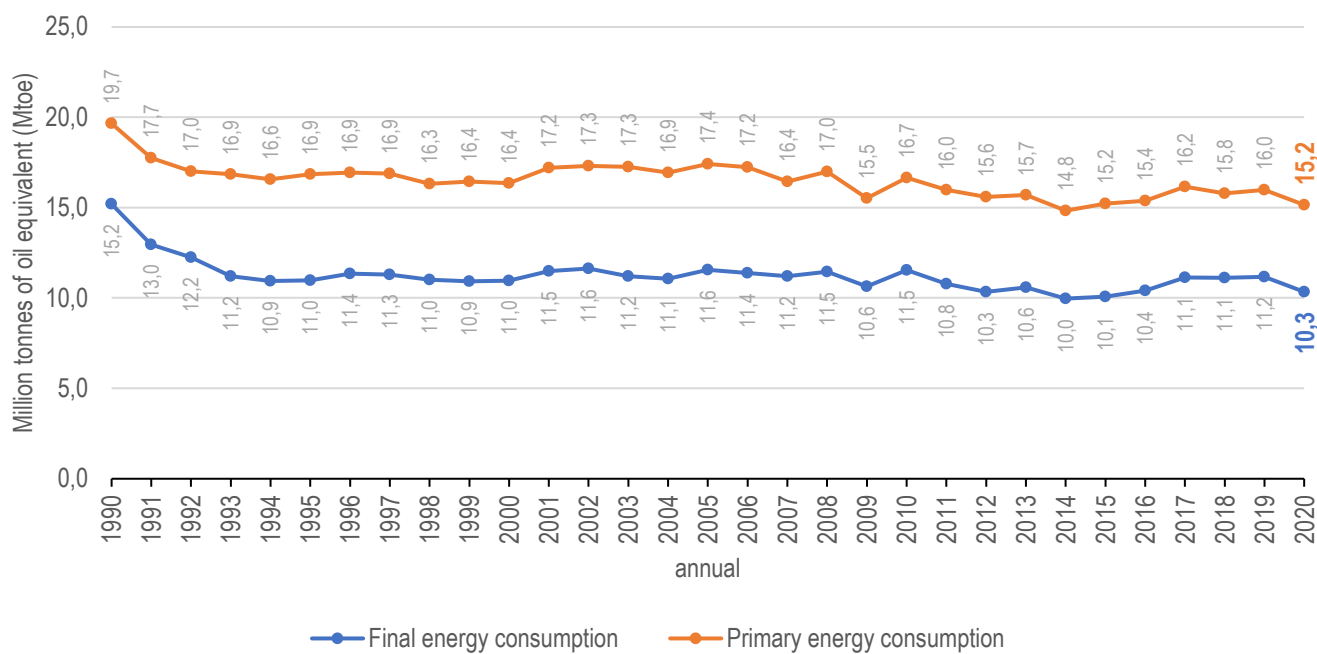
Obr. 0.9 Celkový vývoj primárnej a konečnej spotreby energie v Európskej únii (27 členov, od 2020)



Zdroj: https://ec.europa.eu/eurostat/cache/infographs/energy_dashboard/endash.html?geo=EU27_2020&year=2020&language=EN&detail=1&nrg_bal=&unit=MTOE&chart=chart_two&modal=0

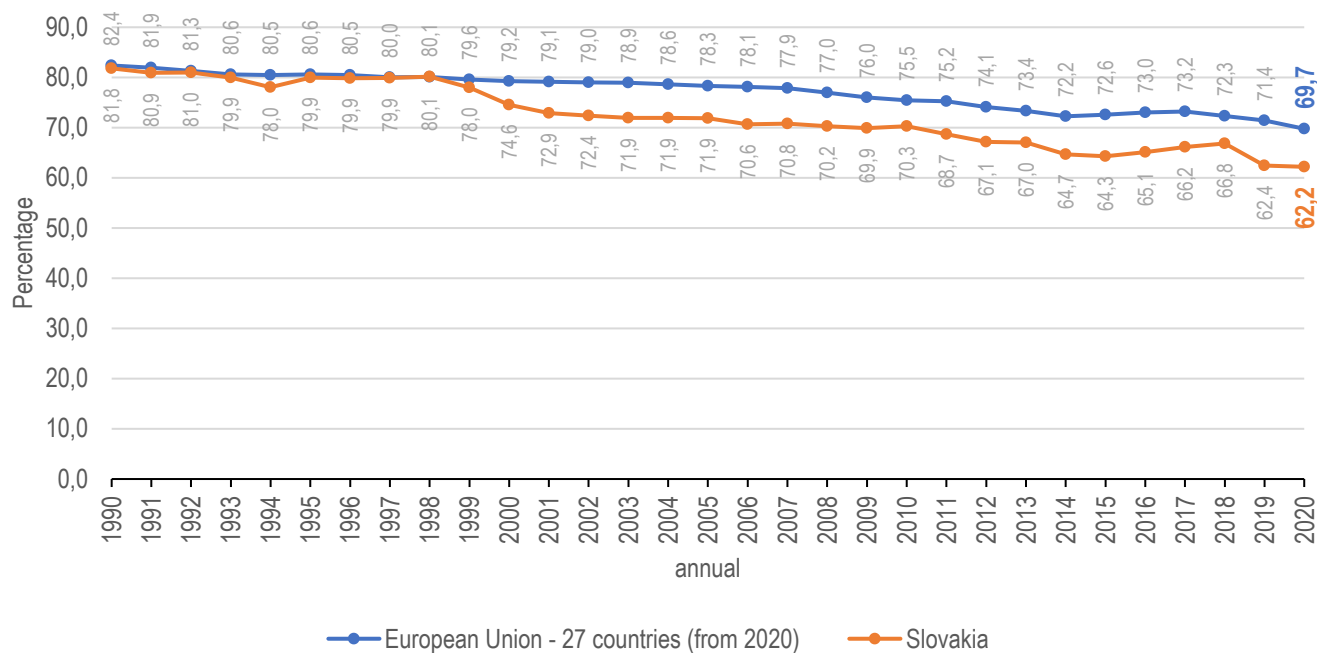
Úlohu znižovania spotreby primárnej a konečnej energie si zodpovedne plní aj Slovenská republika, čo potvrdzujú aj dáta z Eurostatu (Obr. 0.10). So znižujúcou sa spotrebou primárnej a konečnej energie, sa znižuje aj produkcia skleníkových plynov, kde veľkú úlohu zohráva spaľovanie fosílnych palív. Nasledujúci obrázok (Obr. 0.11) prezentuje dáta z Eurostatu, na základe ktorých vidíme postupné znižovanie závislosti EÚ (27 členských štátov) na fosílnych palivách, čo teda v konečnom dôsledku vytvára predpoklady na ďalšie znižovanie emisií skleníkových plynov.

Obr. 0.10 Celkový vývoj primárnej a konečnej spotreby energie na Slovensku



Zdroj: https://ec.europa.eu/eurostat/cache/infographs/energy_dashboard/endash.html?geo=EU27_2020&year=2020&language=EN&detail=1&nrg_bal=&unit=MTOE&chart=chart_two&modal=0

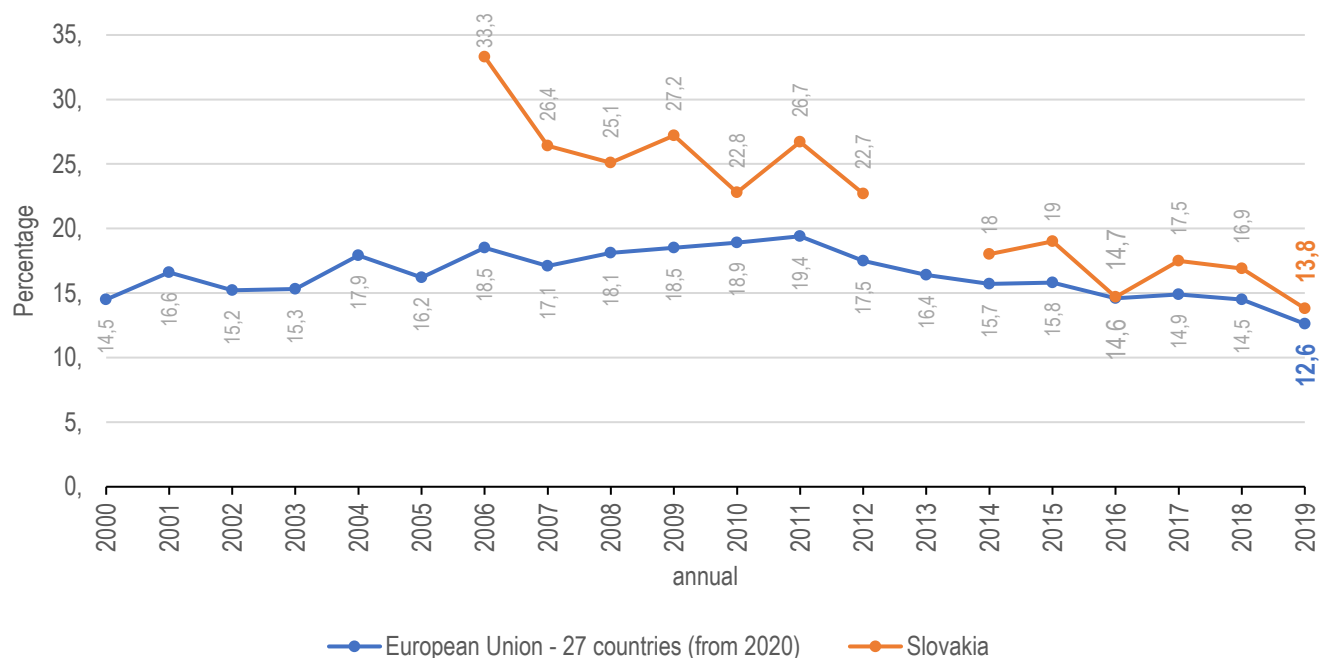
Obr. 0.11 Podiel využívanie fosilných palív



Zdroj: https://ec.europa.eu/eurostat/cache/infographs/energy_dashboard/endash.html?geo=EU27_year=2020&language=EN&detail=1&nrg_bal=&unit=MTOE&chart=chart_two&modal=0

Cieľom Európskej únie nie je len zníženie energetickej spotreby, nie je to len o znižovaní emisií skleníkových plynov s cieľom dosiahnuť uhlíkovo neutrálnu európsku dvadsať sedmičku, taktiež to nie je len o zvyšovaní podielu čistej obnoviteľnej energie, ale je to aj o čistejšom ovzduší, čo priamo súvisí so zdravím nielen súčasnej generácie, ale aj budúcich generácií. Jedným z ukazovateľov je úroveň jemných prachových častíc, označovaných ako PM 2,5, ktoré vzhľadom na svoju veľkosť (< 2,5 µm) sa inhaláciou môžu dostať do ľudského tela, až do dolných dýchacích ciest (do pľúcnych alveol), resp. do krvného obehu. Následkom môžu byť závažné respiračné a srdcovo cievne ochorenia s fatálnym koncom. Prítomnosť jemných prachových častíc PM 2,5 ovplyvňuje najmä spaľovanie tuhých palív (napr. drevo) a taktiež sú obsiahnuté vo výfukových plynách automobilov, najmä s dieselovým agregátom. Podľa údajov Eurostatu (Obr. 0.12) sa úroveň jemných prachových častíc PM 2,5 znižuje v rámci 27 členských krajín Európskej únie a rapidný pokles zaznamenáva aj Slovenská republika.

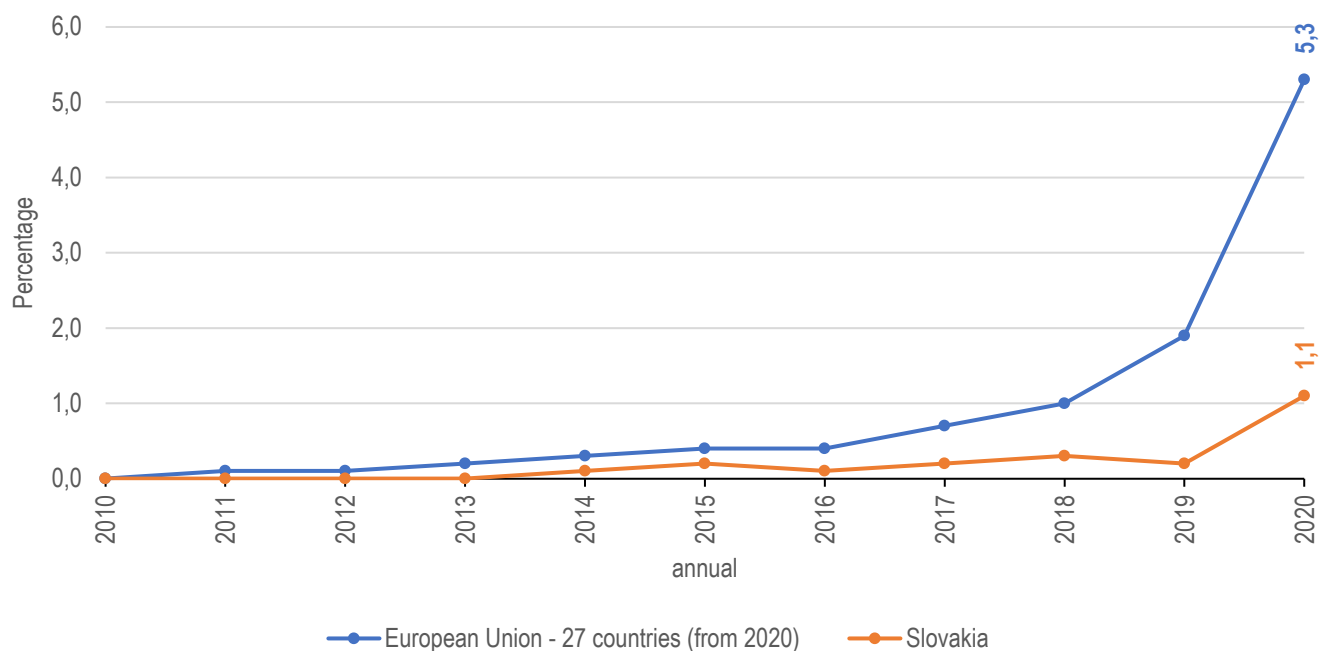
Obr. 0.12 Úroveň mikročastíc PM 2,5 vo vzduchu



Zdroj: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/SDG_11_50_custom_1315412/bookmark/line?lang=en&bookmarkId=b29eb2a5-3c4a-41c3-adc8-2d3249186e34

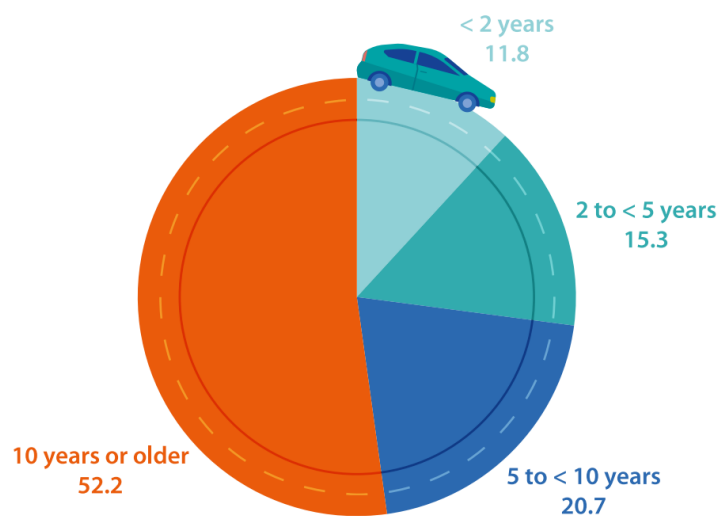
Automobilová doprava sa výrazne podieľa na produkcii skleníkových plynov, prispieva k výskytu jemných prachových častíc PM 2,5 v ovzduší a tak sa európske návrhy zameriavajú aj na túto problematickú oblasť a to nielen zavádzaním prísnych emisných noriem pre nové automobily, ale aj podporou pre elektrické automobily, podporou budovania elektrických nabíjacích staníc a podobne. Podľa údajov z Eurostatu (Obr. 0.13) sa v Európskej únii každoročne zvyšuje podiel novo registrovaných automobilov s nulovými emisiami. Napriek skutočnosti, že toto číslo je malé, vidíme trend, ktorý nastavila európska dvadsať sedmička s cieľom minimalizovať negatívne dopady na životné prostredie a na zdravie ľudí. Je potrebné pripomenúť, že používaním automobilov s nulovými emisiami sa odstráni záťaž priamo na mieste používania (napr. v meste), avšak je potrebné zabezpečiť výrobu samotnej elektrickej energie ekologickým spôsobom a teda s vysokým podielom čistej obnoviteľnej energie. Aby sa teda problém s emisiami nepreniesol do miesta samotnej výroby elektrickej energie (napr. prevádzka uhoľnej elektrárne), sú navrhované a prijímané konkrétne riešenia.

Obr. 0.13 Podiel automobilov s nulovými emisiami (elektrické, vodíkové automobily) z celkového počtu novo registrovaných vozidiel



Zdroj: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/CLI_ACT_NOEC_custom_2233679/bookmark/line?lang=en&bookmarkId=7d6ad82b-6be6-46eb-920d-1cbbaa37bb33

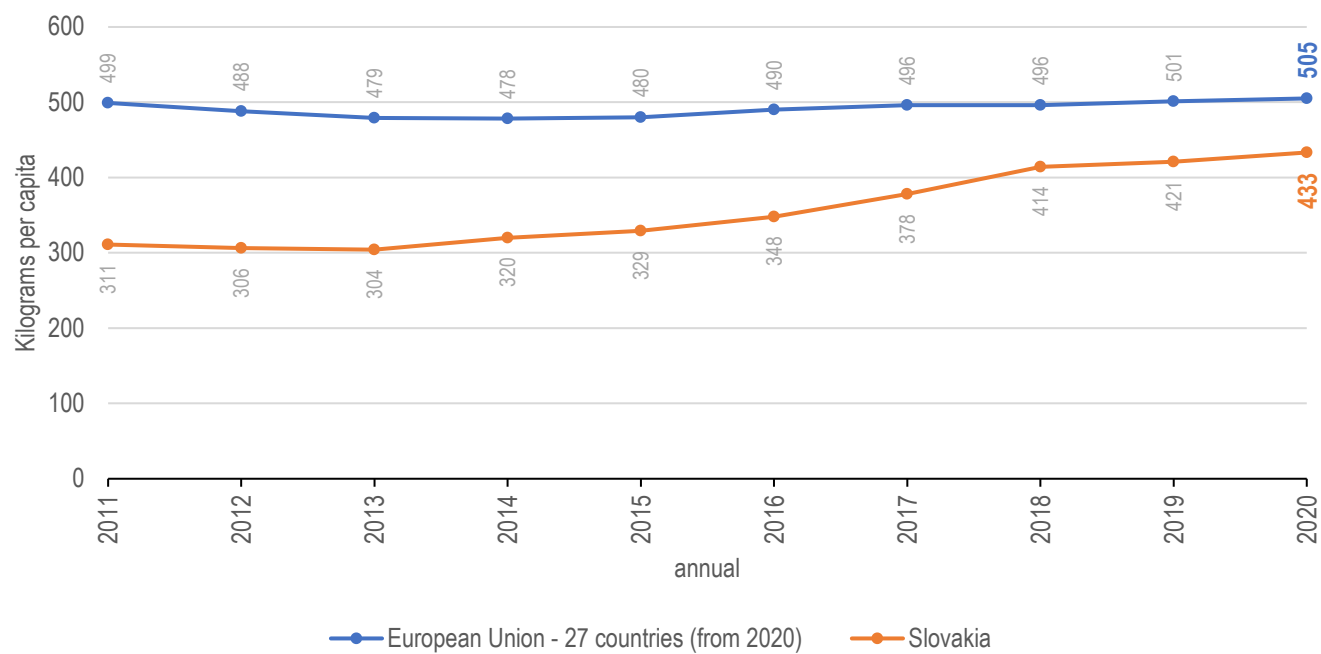
Obr. 0.14 Vek osobných automobilov v EÚ – percentuálny podiel v roku 2019



Poznámka: Nové resp. novšie autá sú menej škodlivé, nakoľko spotrebúvajú menej paliva (znižujú sa požiadavky na ťažbu fosílného paliva) a súčasne vďaka modernej technológii spaľovania paliva produkujú tieto automobily aj menej škodlivých emisií do ovzdušia. Štatistické údaje z Eurostatu ukazujú, že v roku 2019 tvorili osobné automobily staršie ako 10 rokov až 52 % podiel, čo je stále veľmi veľa.

Zdroj: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-key-figures/-/ks-ei-22-001>

Obr. 0.15 Tvorba komunálneho odpadu na obyvateľa



Zdroj: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/env_wasmun/default/table?lang=en

Zoznam obrázkov

- Obr. 0.1 Pohľad na planétu Zem a jej krásne modrú okrajovú vrstvu – atmosféru
- Obr. 0.2 Teplotné zmeny v zemskej atmosfére
- Obr. 0.3 Dvojročný vývoj emisií CO₂
- Obr. 0.4 Vývoj emisií CO₂ od začiatku merania v roku 1958
- Obr. 0.5 Celkový vývoj emisií skleníkových plynov (ekvivalent CO₂) oproti roku 1990
- Obr. 0.6 Celkový vývoj podielu obnoviteľných zdrojov energie na konečnej spotrebe energie
- Obr. 0.7 Podiel obnoviteľných zdrojov energie v jednotlivých sektoroch v Európskej únii (27 členov od roku 2020)
- Obr. 0.8 Podiel obnoviteľných zdrojov energie v jednotlivých sektoroch na Slovensku
- Obr. 0.9 Celkový vývoj primárnej a konečnej spotreby energie v Európskej únii (27 členov, od 2020)
- Obr. 0.10 Celkový vývoj primárnej a konečnej spotreby energie na Slovensku
- Obr. 0.11 Podiel využívanie fosílnych palív
- Obr. 0.12 Úroveň mikročastíc PM_{2,5} vo vzduchu
- Obr. 0.13 Podiel automobilov s nulovými emisiami (elektrické, vodíkové automobily) z celkového počtu novo registrovaných vozidiel
- Obr. 0.14 Vek osobných automobilov v EÚ – percentuálny podiel v roku 2019
- Obr. 0.15 Tvorba komunálneho odpadu na obyvateľa

Zoznam literatúry

- https://images.labroots.com/content_article_profile_image_83ca560908a5cb6376fea430679e814303d9f069_7827.jpg
- <https://climate.nasa.gov/vital-signs/global-temperature/>
- <https://scripps.ucsd.edu/programs/keelingcurve/>
- <https://keelingcurve.ucsd.edu/>
- https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/SDG_13_10_custom_1300365/bookmark/table?lang=en&bookmarkId=bf32e957-0096-48fc-b9a2-e127f51a090d
- https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/SDG_07_40_custom_2190966/bookmark/table?lang=en&bookmarkId=749c1328-331e-4c33-bbe7-7232f05c0c87
- https://ec.europa.eu/eurostat/cache/infographs/energy_dashboard/endash.html?geo=EU27_2020&year=2020&language=EN&detail=1&nrg_bal=&unit=MTOE&chart=chart_two&modal=0
- https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/SDG_11_50_custom_1315412/bookmark/line?lang=en&bookmarkId=b29eb2a5-3c4a-41c3-adc8-2d3249186e34
- https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/CLI_ACT_NOEC_custom_2233679/bookmark/line?lang=en&bookmarkId=7d6ad82b-6be6-46eb-920d-1cbbaa37bb33
- <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-key-figures/-/ks-ei-22-001>
- https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/env_wasmun/default/table?lang=en



ZELENÁ ARCHITEKTÚRA

M. Kováč | D. Burák

1 | ZELENÁ ARCHITEKTÚRA

Zelená architektúra alebo prvky zelenej architektúry, ako sú vegetačné strechy, zelené fasády, rôzne formy predstadených zelených stien sa stávajú čoraz viac bežnou súčasťou dnešnej modernej architektúry budov. Netýka sa to len nových budov, ale zelená architektúra nachádza svoje uplatnenie aj pri renováciách existujúcich budov. V niektorých prípadoch sa jedná o stavby, kde prítomnosť zelene predstavuje dominantnú časť napr. strechy budovy, v iných prípadoch sa naopak jedná o čiastočnú integráciu do vzhľadu budovy. V každom prípade z hľadiska architektonického sa jedná o výzvu pre samotných architektov. Prínosom je, ak návrh a realizácia takýchto prvkov prináša aj ďalšie benefity, okrem teda už spomínaného vzhľadu budovy. Medzi ďalšie benefity môžeme zaradiť napr. zníženie tepelnej záťaže okolitého vzduchu počas horúcich letných dní, zníženie tepelnej záťaže chodcov, ktorí sú vystavení účinkom tepelného sáľania z povrchov okolitých budov (bez zelene), ďalej čiastočná filtrácia vzduchu alebo zníženie hluku v okolí budov resp. v budove samotnej a iné.

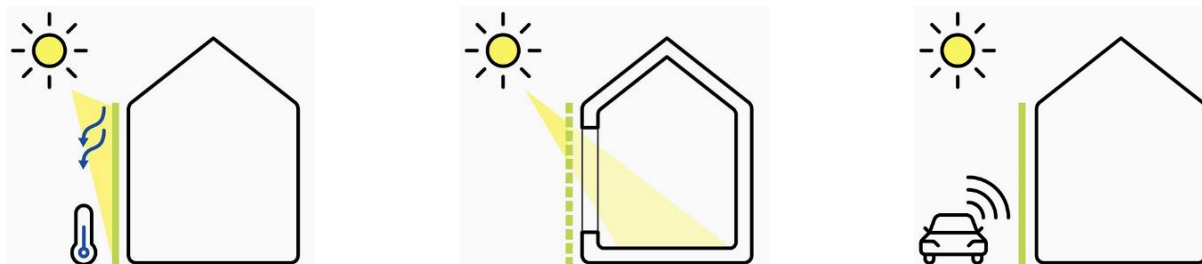
Obr. 1.1 Aplikácia zelene na budove školy vo Francúzsku



Zdroj: <https://www.designboom.com/architecture/chartier-dalix-architectes-rosalind-school-and-dormitory-france-12-06-2015/>

Pojem tzv. mestských tepelných ostrovov (urban heat island) je dnes veľmi dobre známy. Spôsobuje zvýšenie teploty vzduchu v centrách miest oproti jeho okrajovým častiam, resp. vidieckym oblastiam, kde dominuje prítomnosť zelene. Vysoká hustota zástavby miest bez dostatku zelene spôsobuje počas letných mesiacov zvýšenie teploty okolitého vzduchu. Ten sa ohrieva práve od „rozpálených“ povrchov fasád a striech budov, ktoré sú atakované dopadajúcim slnečným žiarením. Samozrejme, že existencia tepelných ostrovov nie je spôsobená len budovami samotnými, ale podiel na tom má aj doprava v mestách, už spomínaný nedostatok zelene a ďalšie faktory.

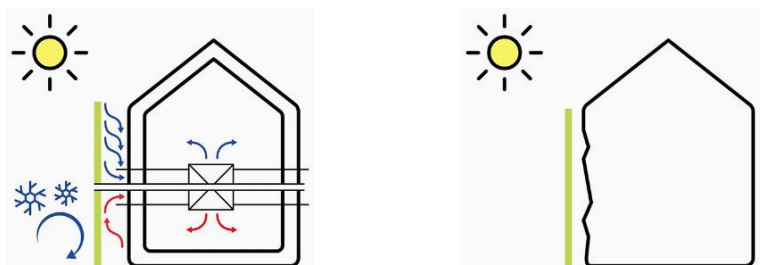
Obr. 1.2 Benefity z aplikácie zelene na budovách



Prítomnosť zelene na fasáde môže znížiť tepelnú záťaž okolia vzhľadom na nižšie povrchové teploty fasády budovy. Celkový efekt je závislý hlavne od rozsahu, od plochy zelene, ktorá pokrýva fasádu samotnej budovy.

Vytváranie samostatných predsadených konštrukcií zelených stien pred transparentnými konštrukciami (oknami) napomáha znížiť tepelnú záťaž interiéru budovy počas letných dní. Naopak počas zimných mesiacov, kedy sú tieto konštrukcie bez lístia, dochádza k efektívnemu využívaniu energie z prestupujúceho slnečného žiarenia do budovy.

Aplikáciou zelených stien je taktiež možné znížiť hluk šíriaci sa z rušných ulíc miest (automobily, električky) do vnútorných priestorov budovy cez otvorené okenné konštrukcie.



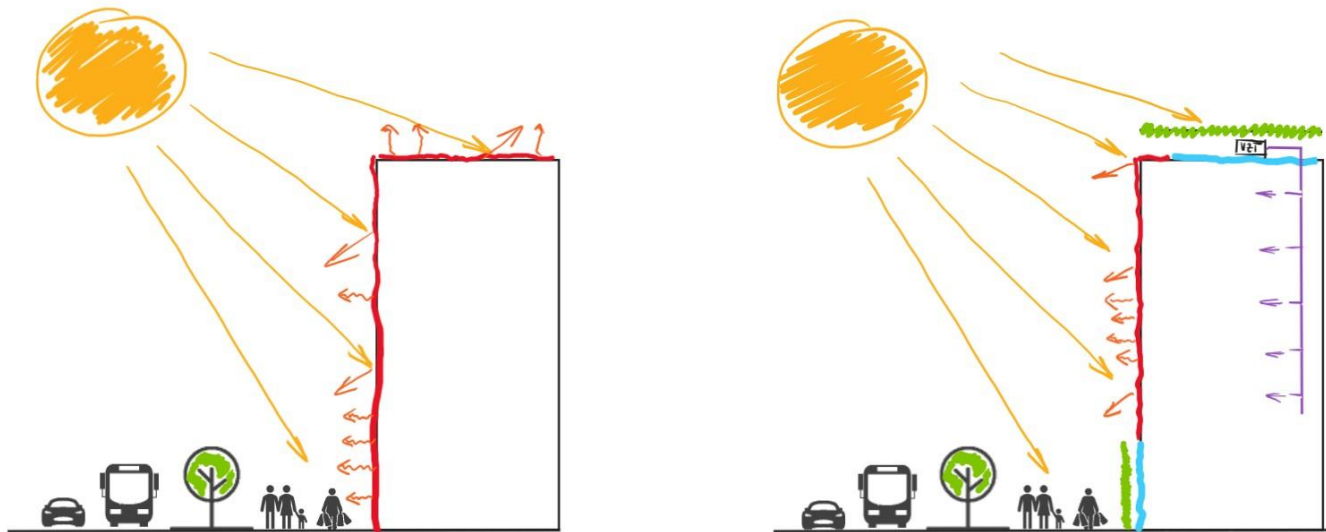
Aplikácia zelenej steny v kombinácii so systémom núteného vetrania môže priniesť benefity v podobe prvej, čiastočnej filtrácie vzduchu (zachytenie prachu), ktorý je nasávaný vzduchotechnickou jednotkou. Zeleň viaže oxid uhličitý a súčasne produkuje kyslík.

Zaujímavým príkladom využitia zelene alebo zelených stien je ich aplikácia pred vizuálne nevhodnými fasádami budov (chátrajúce budovy), ktoré čakajú na svoju obnovu. V tomto prípade sa môže jednať o časovo dočasné riešenie, ktoré však môže pozitívne pôsobiť na svoje okolie.

Zdroj: https://www.archdaily.com/catalog/us/products/21319/six-ways-a-greening-improves-architecture-jakob?ad_name=related-products-bottom

Nepostačuje mať v mestách len niekoľko zelených parkov, alebo strohú výsadbu stromov v uliciach. My potrebujeme podiel zelene v mestách zvýšiť, potrebujeme zeleň dostať na budovy samotné. A nemusí sa jednať len o pokrytie celej plochy fasády napr. zelenými stenami. Prínosom môžu byť aj popínavé rastliny, ktoré pokrývajú fasádu do úrovne 2. resp. 3. nadzemného podlažia, čím sa dosiahne zníženie povrchovej teploty fasády počas horúcich letných dní. Nižšia povrchová teplota znamená menšiu tepelnú záťaž chodcov, na ktorých tak pôsobí redukovaný sálavý tok z povrchu stien.

Obr. 1.3 Význam aplikácie zelene na okolité povrchy a okoloidúcich ľudí

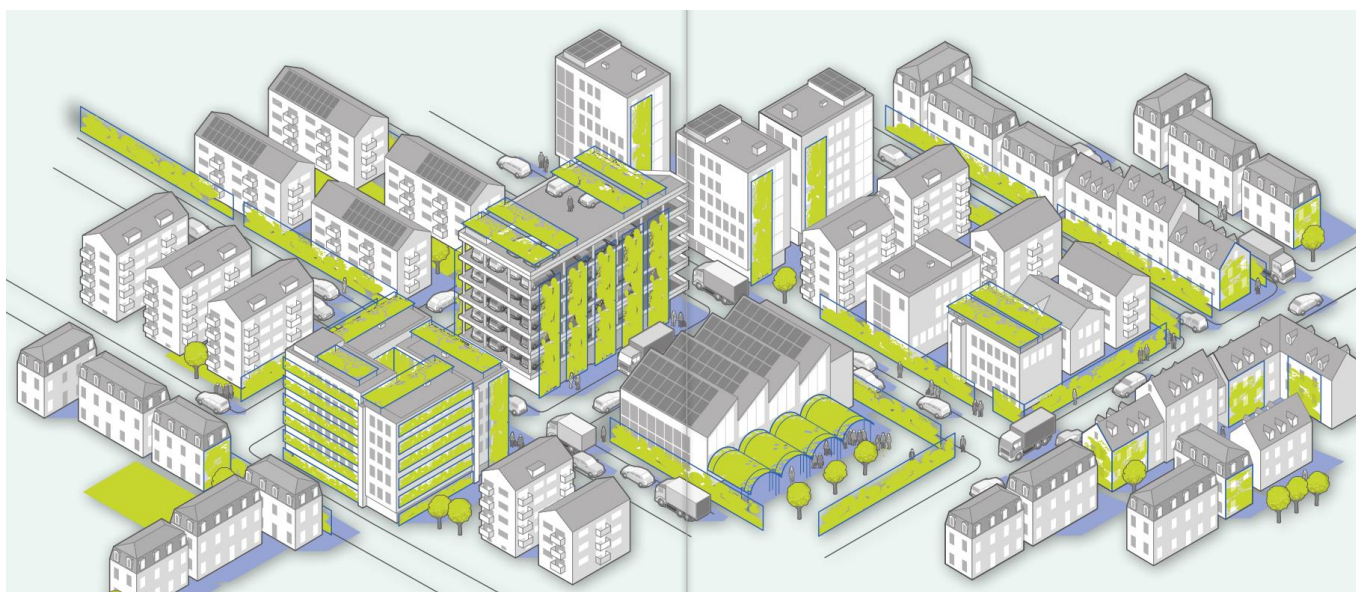


Zdroj: M. Kováč

V dnešnej dobe už aj v našich podmienkach je vegetačná strecha úplným štandardom, pričom sa skôr rozhoduje o tom, či bude extenzívna alebo intenzívna, ale určite bude strecha vegetačná. Avšak len riešenie vegetačných striech, či už na nových alebo existujúcich budovách problém tepelných ostrovov nevyrieši. Obdobne platí, že návrhom a realizáciou vegetačnej strechy neznižíme potrebu budovy na chladenie, ak si predstavíme budovy výškového charakteru s relatívne malou pôdorysnou plochou. Samozrejme, ak sa bude jednať o jednopodlažnú, resp. dvojpodlažnú budovu s rozsiahlym pôdorysným záberom, tak prínos to mať môže, ale vzhľadom na prítomnosť tepelno izolačnej vrstvy v konštrukcii strechy to bude opäť skôr zanedbateľné. Možno by bolo vhodnejšie hovoriť o význame realizácie vegetačných striech z inej stránky a to z hľadiska biodiverzity, z hľadiska vytvorenia životných podmienok pre rôzne živočíchy, napr. vtáctvo. Ďalším pozitívnym prínosom z aplikácie vegetačných striech môže byť retencia dažďovej vody, kedy táto neodteká okamžite z povrchu strechy do dažďovej kanalizácie. Týmto spôsobom je tak možné odľahčiť súčasné stokové siete v mestách a obciach. Realizácia zelených stien prispieva k redukcii hluku, ktorý sa tak v obmedzenej miere dostáva z rušných ulíc miest (automobily, električky a podobne) cez otvorené okenné konštrukcie do interiéru budov, ktoré priamo susedia s týmito exponovanými časťami miest.

Prvky zelenej architektúry tak môžu plniť rôznorodú, ale pritom dôležitú úlohu pri vytváraní nových častí miest, pri návrhu nových budov, ale aj pri obnove existujúcich budov. V každom prípade ich podiel by mal byť vyvážený a to do takej miery, aby na jednej strane ich pozitívny prínos bol citeľný pre obyvateľov miest a na druhej strane, aby sa z našich miest nestali budovy, ktorých fasády sú len účelovo prekryté zelenými stenami, vertikálnymi záhradami a vegetačnými strechami. Je to výzva pre nás všetkých, uchopiť tento potenciál a efektívne ho využiť pre prospech mesta, pre prospech jeho obyvateľov a samozrejme pre prospech nášho životného prostredia.

Obr. 1.4 Aplikácia prvkov zelenej architektúry na budovách



Zdroj: <https://thefrogmore.com/green-roofs-as-a-modern-concept-of-green-building/>

Školské zariadenie vo Francúzsku

Zaujímavým príkladom budovy s prvkami zelenej architektúry je školské zariadenie vo Francúzsku, situované neďaleko centrálnej časti Paríža. V súčasnosti už plne funkčný projekt sa zrodil v rámci architektonickej súťaže pod názvom „Inovatívny typ školy“. Cieľom súťaže bolo navrhnúť školské zariadenie v časti mesta, ktoré prechádzalo fázou výstavby nových budov, fázou obnovy a prestavby existujúcich budov. Myšlienka dizajnérov z architektonickej kancelárie Chartier Dalix Architectes bola veľmi zaujímavá a sice, vytvoriť priestor v hustej mestskej zástavbe, ktorý by navrátil prírodu do mesta, zvýšil biodiverzitu a ktorý by sa vyvíjal v čase v dôsledku prebiehajúcich prírodných zákonitostí. Zámerom bolo vytvoriť projekt školského zariadenia, ktorý bude obsahovať všetky potrebné prevádzkové časti, t. z. školské triedy, spoločné priestory, uzavretý a chránený priestor (pred počasím) pre športové aktivity – telocvičňu a samozrejme možnosti oddychovať, stretávať sa a hrať vo vonkajšom prostredí. Nebol však pritom zvolený prístup, ktorý by na danom pozemku vytvoril budovu školy ako samostatne stojací objekt s napojením na vonkajšie komunikácie a športové plochy (ihriská). Ale myšlienkou bolo všetky tieto funkcie školského zariadenia nejakým spôsobom „obaliť“ v kontexte zvýšenia podielu zelene v meste a zvýšenia biodiverzity. Riešenie tzv. obalu budovy bolo elegantné, inovatívne a to nielen pre samotných užívateľov budovy, ale aj pre okoloidúcich. Je dobre známe, že napr. halové priestory, ako v tomto prípade telocvičňa predstavuje rozľahlý priestor, s požiadavkou na svoju výšku, čo v mnohých prípadoch narúša celkovú architektúru budovy školy, a nie je jednoduché pre architektov sa vysporiadať s týmto priestorom v kontexte celkovej architektúry projektu školského zariadenia. V prípade tejto budovy školy v Paríži je priestor telocvične skrytý do celkového objemu hmoty budovy a fasáda tohto priestoru je súčasťou netradičného riešenia celkovej tzv. obálky budovy. Tá má byť priestorom alebo plochou pre vznik a rozvoj flóry a fauny. Predstava dizajnérov budovy spočíva na skutočnosti, že „život si nájde cestičku“, pričom ich navrhované riešenie fasády budovy má podporiť rozvoj biodiverzity v danej lokalite, ktorý sa bude vyvíjať v čase, bude sa meniť a bude určený zákonitostami samotnej prírody. Nasledujúce obrázky prezentujú myšlienky dizajnérov o budove školy, spracované formou vizualizácie projektu.

Obr. 1.5 Vizualizácia budovy školy – 3D pohľad



Poznámka: Pohľad na budovu školy s predstavou architektov o rozsahu aplikácie prvkov zelenej architektúry. V tomto prípade sa jedná o ambiciózne predstavy, kde sa počíta nielen s nízkou, ale aj s vysokou zeleňou, čo samozrejme predstavuje výzvu aj pre statické riešenie nosnej konštrukcie budovy.

Zdroj: <http://housevariety.blogspot.com/2011/07/primary-school-sport-hall-by-chartier.html#.Y3tViMeZND9>

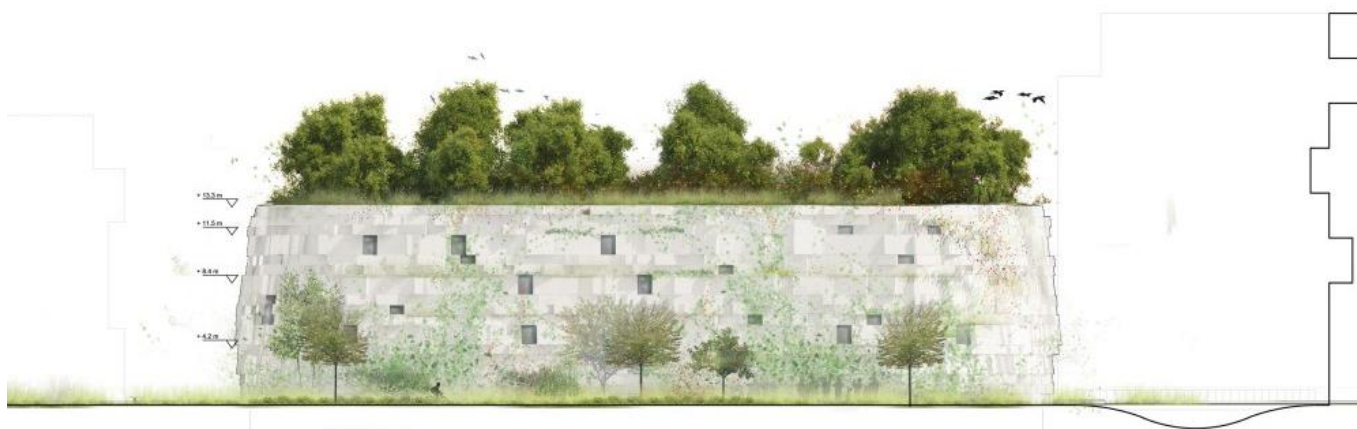
Obr. 1.6 Vizualizácia budovy školy – pohľad z juhovýchodu



Poznámka: Pohľad na budovu školy s rozsiahlymi transparentnými konštrukciami a zatravnenými plochami vrátane aj vyšších porastov.

Zdroj: <http://housevariety.blogspot.com/2011/07/primary-school-sport-hall-by-chartier.html#.Y3tViMeZND9>

Obr. 1.7 Vizualizácia budovy školy – pohľad zo severozápadu



Poznámka: Pohľad na fasádu budovy školy, ktorá svojim konštrukčným riešením má podporiť vznik a rozvoj flóry a fauny, a to na základe času, na základe prírodných zákonitostí. V najvyššej časti budovy je plochá strecha pokrytá vegetáciou vrátane vysokých porastov pre život vtáctva aj v meste. Za fasádou budovy sa pritom ukrýva telocvičňa – elegantné riešenie.

Zdroj: <http://housevariety.blogspot.com/2011/07/primary-school-sport-hall-by-chartier.html#.Y3tViMeZND9>

Obr. 1.8 Vizualizácia budovy školy – priečny rez priestorom telocvične



Poznámka: Ukrytý halový priestor pre športové aktivity v objeme hmoty samotnej budovy školy „obalený“ fasádou, ktorá má predstavovať tzv. „živú“ stenu s rozvíjajúcou sa flórou a faunou. Navrhované riešenie vegetácie na plochej streche predstavuje výzvu aj pre statické riešenie budovy v tejto časti s veľkými rozponmi vzhľadom na funkciu priestoru – telocvičňa. V pravej časti je možné vidieť navrhovanú dažďovú záhradu, ktorá patrí medzi riešenia tzv. trvalo udržateľných budov.

Zdroj: <http://housevariety.blogspot.com/2011/07/primary-school-sport-hall-by-chartier.html#.Y3tViMeZND9>

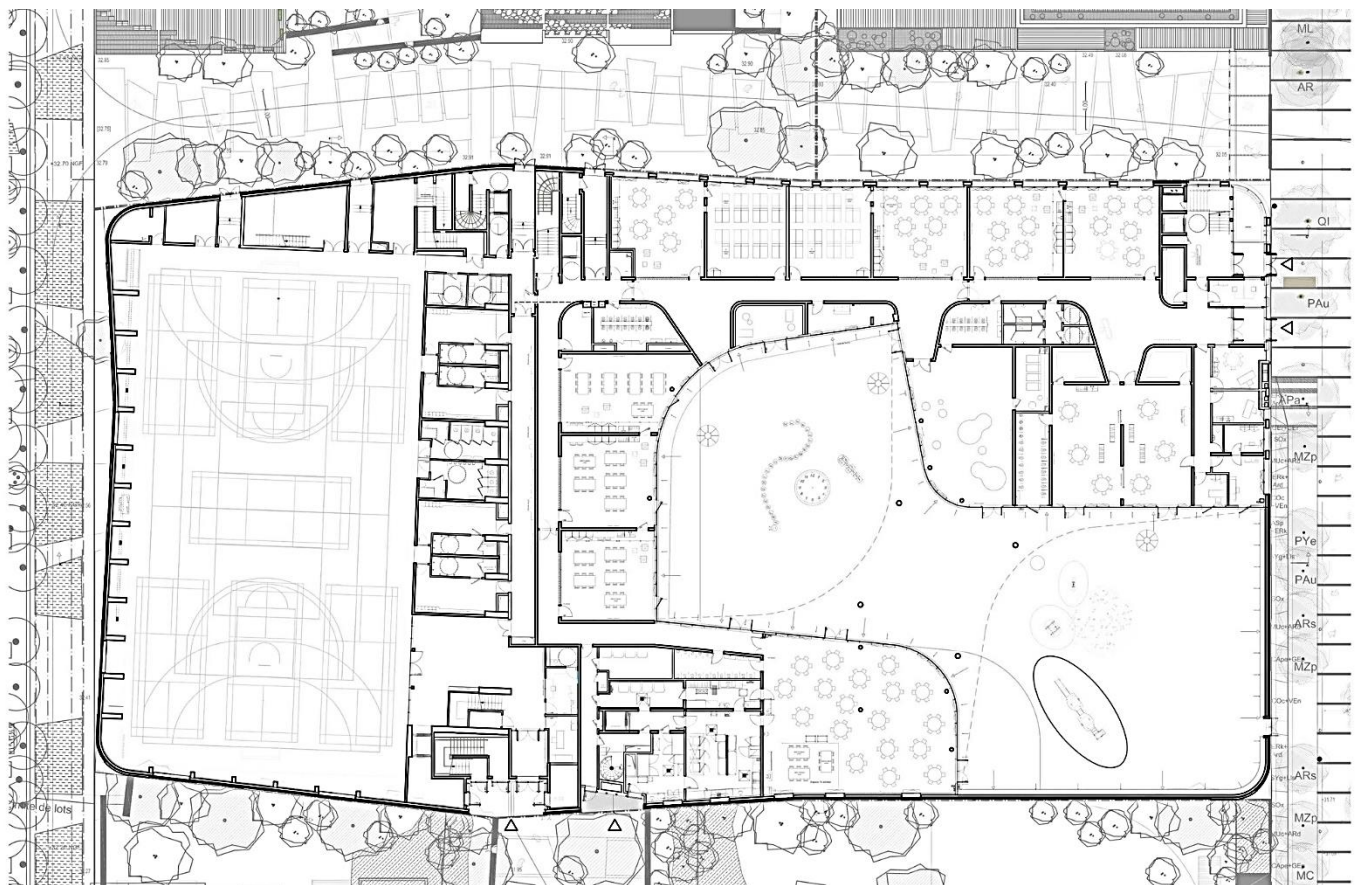
Netransparentná časť fasády budovy je tvorená betónovými prefabrikovanými elementami, ktoré sú ukladané z časti v štruktúrovanej a z časti v neštruktúrovanej forme na seba, pričom v žiadnom mieste perimetra budovy nevytvárajú rovinaté plochy. Práve naopak, vytvárajú zakrivené plochy, v niektorých miestach čiastočne vystupujú alebo ustupujú, čím vlastne vytvárajú miesta pre náhodné usídlenia sa vtákov rôzneho druhu (hniezdenie), alebo zapustenie koreňov náletových rastlín rôzneho druhu. Povrch fasády môže byť obrastený taktiež popínavými rastlinami. V konečnom dôsledku je možné povedať, že vzhľad takejto fasády sa bude v čase vyvíjať, meniť, čiastočne môže byť ovplyvnený zásahom človeka, ale primárne sa má jednať o účinky samotnej prírody, jej náhodné vytváranie zelene na povrchu fasády budovy alebo osídlenie vtáctvom.

Obr. 1.9 Vizualizácia netransparentnej časti fasády budovy – vývoj v čase



Zdroj: <http://yuanfang-3486938.blogspot.com/2016/05/primary-school-for-sciences-and.html>

Obr. 1.10 Pôdorys I. nadzemného podlažia



Zdroj: https://www.archdaily.com/585862/primary-school-for-sciences-and-biodiversity-chartier-dalix-architectes/54b08c2ce58ecedabc000054-ground-floor-plan?next_project=no

Od vizualizácie projektu školy prešlo určité časové obdobie a v súčasnosti je budova postavená a v plnej prevádzke. Zámery dizajnérov architektonickej kancelárie Chartier Dalix Architectes boli pretavené do reálneho diela, ktoré jasne prezentujú aj nasledovné obrázky.

Obr. 1.11 Pohľad na mestskú časť západne od centra Paríža



Poznámka: Lokalita s výstavbou nových budov, medzi ktorými je situovaná budova školy, ktorej architektúra má prinavrátiť prírodu do mesta.

Zdroj: <https://www.chartier-dalix.com/en/projects/biodiversity-school-gymnasium-boulogne-92>

Školská budova vo Francúzsku ponúka príklad odlišného prístupu k návrhu celkového vzhľadu, využiteľnosti vnútorného objemu budovy a jeho spôsobu, ako zvýšiť podiel zelene v mestách. Nedostatkem zelene principiálne trpí každé mesto, čo je samozrejme spôsobené hustou zástavbou miest, spevnenými plochami v okolí budov, či už sa jedná o cesty, chodníky alebo parkoviská. Obyvatelia veľkomiest musia odolávať problémom, spojeným s existenciou tzv. mestských tepelných ostrovov. Výsledkom je vyššia teplota vonkajšieho vzduchu v centrách miest, v porovnaní s okrajovými časťami veľkomiest alebo s vidieckymi oblasťami. Súčasná moderná architektúra reaguje na tento deficit návrhmi tzv. vegetačných striech, ktoré redukujú prehrievanie priestorov, nachádzajúcich sa pod strechou budovy. Znižujú povrchovú teplotu strechy, čím dochádza k minimálnemu prenosu tepelnej energie z povrchu strechy do okolitého vonkajšieho vzduchu. Vegetačné strechy, v závislosti od typu, zadržávajú vodu, ktorá sa následne čiastočne odparuje do okolitého prostredia. Tieto, niekedy nazývané, aj „zelené strechy“ však nie sú výsledným riešením problémov mestských tepelných ostrovov. A práve projekt budovy školy vo Francúzsku rozširuje možnosti aplikácie zelene na budovách zaujímavým spôsobom.

Obr. 1.12 Pohľad na budovu školy s prvkami zelenej architektúry



Poznámka: Reálne prevedenie konštrukcie budovy s prevádzkovými časťami „obalenými“ stavebnou konštrukciou - fasádou, ktorá má podporiť vznik a rozvoj flóry a fauny v danej lokalite.

Zdroj: <https://www.chartier-dalix.com/en/projects/biodiversity-school-gymnasium-boulogne-92>

Netransparentná časť fasády budovy je obložená betónovými kvádrmi, s drsným povrchom, ktoré sú položené na seba takým spôsobom, aby vytvárali rôzne zakrivené plochy v priestore s množstvom výstupkov alebo ustupujúcich častí. Práve tieto miesta predstavujú potenciálne miesta pre náhodné usídlenie vtákov (hniezdenie), zapustenie koreňov náletových rastlín alebo rozšírenie popínavých rastlín. Vzhľad fasády sa tak vyvíja v čase, iný bude o 5 alebo 10 rokov. Proces zmeny vzhľadu steny je určený zákonitostami prírody.

V zásade ide o návrat prírodných procesov do miest – taká bola myšlienka dizajnérov tohto projektu. Súčasťou fasády sú aj okenné konštrukcie pre presvetlenie vnútorných priestorov budovy prirodzeným denným svetlom. V tomto prípade sa však nejedná o veľké presklené plochy, ale skôr o nenápadné, líniové a malé prvky, tak aby zapadli do rastra fasády tvorenej z betónových elementov, a súčasne aby neboli dominantnými prvkami pri pohľade na stenu budovy.

Pod konštrukciou plochej vegetačnej strechy je ukrytý halový priestor (telocvičňa), ktorého perimeter je lemovaný železobetónovými konštrukciami, ktoré pôsobia veľmi chladným dojmom a súčasne tak pôsobia aj na človeka. Aby bol tento efekt konštrukcie minimalizovaný, použilo sa vykurovanie priestoru v zimnom období pomocou stropných zavesených sálavých teplovodných panelov, ktoré sálavým spôsobom prenosu tepelnej energie na okolité konštrukcie, zvyšujú ich povrchovú teplotu a tým zlepšujú celkový tepelný komfort užívateľov daného priestoru.

Obr. 1.13 Detailný pohľad na fasádu budovy, ktorá má podporiť vznik a rozvoj flóry a fauny



Zdroj: <https://www.chartier-dalix.com/en/projects/biodiversity-school-gymnasium-boulogne-92>

Obr. 1.14 Pohľad do priestoru telocvične



Poznámka: Štandardný halový priestor telocvične je v podstate „kváder“, ktorý vzhľadom na svoje rozmery a výšku nepôsobí veľmi zaujímavou z architektonického hľadiska. V tomto prípade sa však dizajnérom budovy podarilo principiálne celý veľký objem tohto priestoru ukryť do objemu hmoty celej budovy. Priestor nad ním, čiže plochá strecha svojimi rozmermi predstavuje bohatú plochu pre realizáciu tzv. vegetačnej strechy, aj s vyššími porastami, čo v konečnom dôsledku výrazne zvyšuje podiel zelene na budove. Pravá stena na obrázku je vnútornou stenou a za ňou sa nachádzajú ďalšie prevádzkové časti budovy. Ľavá obvodová stena a pri tomto pohľade aj stena oproti, tvoria netransparentnú časť fasády budovy, na ktorej (exteriérová strana) sa časom má rozvinúť zeľaň v rôznej podobe. Fasáda je v tejto časti doplnená o presvetľovacie otvory, ktoré majú tvar a rozmer taký, aby korešpondovali so štruktúrou fasády budovy, tvorenej prefabrikovanými betónovými elementami. Aby teda nenarúšali štruktúru fasády, aby bolo čo najviac plochy pokrytej zeleňou, ale aby súčasne bol zabezpečený prístup denného svetla do interiéru telocvične. Samozrejme bez umelého osvetlenia nie je možné zabezpečiť optimálne svetelné podmienky. Tepelná pohoda užívateľov priestoru je riešená použitím stropných zavesených teplovodných sálavých panelov, ktoré svojím spôsobom prenosu tepla do okolia, zabezpečujú zvýšenie povrchovej teploty okolitých „chladných, betónových“ stavebných konštrukcií.

Zdroj: <https://www.chartier-dalix.com/en/projects/biodiversity-school-gymnasium-boulogne-92>

Zoznam obrázkov

- Obr. 1.1 Aplikácia zelene na budove školy vo Francúzsku
- Obr. 1.2 Benefity z aplikácie zelene na budovách
- Obr. 1.3 Význam aplikácie zelene na okolité povrchy a okoloidúcich ľudí
- Obr. 1.4 Aplikácia prvkov zelenej architektúry na budovách
- Obr. 1.5 Vizualizácia budovy školy – 3D pohľad
- Obr. 1.6 Vizualizácia budovy školy – pohľad z juhovýchodu
- Obr. 1.7 Vizualizácia budovy školy – pohľad zo severozápadu
- Obr. 1.8 Vizualizácia budovy školy – priečny rez priestorom telocvične
- Obr. 1.9 Vizualizácia netransparentnej časti fasády budovy – vývoj v čase
- Obr. 1.10 Pôdorys I. nadzemného podlažia
- Obr. 1.11 Pohľad na mestskú časť západne od centra Paríža
- Obr. 1.12 Pohľad na budovu školy s prvkami zelenej architektúry
- Obr. 1.13 Detailný pohľad na fasádu budovy, ktorá má podporiť vznik a rozvoj flóry a fauny
- Obr. 1.14 Pohľad do priestoru telocvične

Zoznam literatúry

- <https://www.designboom.com/architecture/chartier-dalix-architectes-rosalind-school-and-dormitory-france-12-06-2015/>
- https://www.archdaily.com/catalog/us/products/21319/six-ways-a-greening-improves-architecture-jakob?ad_name=related-products-bottom
- <https://thefrogmore.com/green-roofs-as-a-modern-concept-of-green-building/>
- <http://housevariety.blogspot.com/2011/07/primary-school-sport-hall-by-chartier.html#.Y3tViMeZND9>
- <http://yuanfang-3486938.blogspot.com/2016/05/primary-school-for-sciences-and.html>
- https://www.archdaily.com/585862/primary-school-for-sciences-and-biodiversity-chartier-dalix-architectes/54b08c2ce58ecedabc000054-ground-floor-plan?next_project=no
- <https://www.chartier-dalix.com/en/projects/biodiversity-school-gymnasium-boulogne-92>



SYSTÉMY HVAC

D. Košičanová | P. Kapalo | R. Nagy

2 | SYSTÉMY HVAC

Administratívne budovy predstavujú pomerne vysokú položku v zásobovaní teplom. V zásade máme štyri typy administratívnych budov z hľadiska veku, prvou skupinou sú administratívne budovy využívajúce priestory historických stavieb v centrách miest a obcí, stavby postavené v období socializmu a tesne po revolúcii v roku 1989 a nakoniec novostavby. Každá skupina administratívnych budov vyžaduje iný prístup k riešeniu HVAC systému.

Na Slovensku je približne 15 tisíc verejných budov, pričom komplexnú obnovu potrebuje cca 75 percent. Niektoré budovy slúžiace na administratívu sú čiastočne renovované, ale tempo obnovy budov na Slovensku je veľmi nízke a nepredpokladá dosiahnutie cieľa klimatickej neutrality do roku 2050.

Vďaka novým projektom eurofondov a Plánu obnovy a odolnosti by sa proces obnovy vedel urýchliť, pričom sa dôraz na udržateľnosť či adaptáciu na zmenu klímy kladie iba v jednom z mnohých komponentov plánu obnovy, čo je málo. Obnova verejných budov je v rámci plánu obnovy rozdelená do deviatich komponentov z osemnástich a majú ich na starosti rôzne ministerstvá. Iba v jednom komponente však vláda pri obnove budov kladie dôraz na udržateľnosť či adaptáciu na zmenu klímy. To však podľa odborníkov nestačí.

Administratívne budovy využívajúce historické budovy sú z hľadiska obnovy komplikovanejšie ako ostatné skupiny budov. Je potrebné zachovať historickú pamiatku, zachovať materiály a vzhľad budovy (transparentné konštrukcie musia zodpovedať materiálovo a vzhľadovo pôvodným konštrukciám, napríklad.) Nie je možné zasahovať do fasádnych prvkov, ktoré tvoria výzdobu, zásadným spôsobom do konštrukcií striech, iba v prípade, že je stavba v dezolátnom - havarijnom stave.

AB socialistického obdobia nesú znaky vtedajšieho architektonického vyjadrenia, ich obnova je pomerne jednoduchá, budovy sa stavali výlučne pod záštitou tzv. socialistického realizmu, ktorý bol hlavným a po väčšinu rokov aj jediným povoleným stavebným smerom na Slovensku a v okolitých krajinách v tzv. "východnom bloku". Dejiny socialistickej architektúry môžeme rozdeliť v podstate na tri obdobia: stalinský neoklasicizmus, avantgarda 60. rokov a betónové obludnosti rokov 70. a 80.

Administratívne budovy tesne po revolúcii boli ovplyvnené otvorením sa Európy do zavretého Slovenska. Vznikla potreba administratívnych budov pre zahraničné aj domáce firmy, pričom kvalita prác a kvalita budov zodpovedala vtedajšiemu štandardu. Fenomén vyrovnávania trhov a asimilácia Slovenska s EÚ boli na jednej strane a na druhej strane nové spoločenské a ekonomické určenie mladého štátu s tendenciou kumulácie práce vo veľkých mestských centrách a ich blízkom okolí. Avšak nastupuje aj druhý fenomén - degradácia budov, výrobných hál, príľahlých administratívnych budov. V porevolučnom období množstvo priemyselných a obchodných podnikov, projekcií, výrobných hál, stavebných a strojárskych podnikov zaniklo, pričom priestory zostali neobsadené a zákonite degradovali.

Časť priestorov bolo neskôr likvidovaných a nahradené novými budovami. Slovensko sa vyrovnávalo s náhlou slobodou a s nedostatkom zákonov. Administratívne budovy - novostavby súčasného obdobia možno datovať cca od roku 2000 - teda v novom tisícročí. Budovy pre administratívu sú kvalitné, vysoko technicky zabezpečené, plne spĺňajúce vysoké nároky na energetickú hospodárnosť budov.

V tejto kapitole sa budeme zaoberať všetkými druhmi administratívnych budov z hľadiska HVAC. „Pri kvalitnej renovácii budovy je nutné zamerať sa nielen na potrebu znížovanie energetickej náročnosti, ale nezabúdať ani na ďalšie prvky kvality ako napríklad adaptácia na zmenu klímy, udržateľnosť stavebných materiálov či kvalita vnútorného prostredia.

Je dôležité, aby takýto komplexný prístup pri obnovách bol zohľadnený pri oprávnenosti nákladov budúcich výziev na obnovu budov,“ upozorňuje analytik Richard Paksi z platformy Budovy pre budúcnosť (BPB).

„Projekty obnovy budov financované z Plánu obnovy a nových eurofondov by mali dosahovať vyššie štandardy, než tomu bolo v predchádzajúcom programovom období, kedy sa vymenili okná a zateplilo sa a budova sa považovala za zrekonštruovanú,“ dodáva. V rokoch 2013–2015 vykonala SIEA 250 energetických auditov vo verejných budovách (Korytárová, K., Šoltésová, K., Knapko, I. 2015. Analýza potenciálu úspor energie vo verejných budovách).

Výsledky auditov poukazujú na nemalý potenciál úspor energie na vykurovanie v týchto budovách, a to v rozmedzí 60%–70% úspor energie. Zo štúdií vyplynulo, že zateplenie na úroveň 30 % úspor energie oproti pôvodnému stavu je nedostatočné a navyše zvyšuje ekonomickú náročnosť obnovy. Potenciál úspor energie závisí od vhodne zvolenej stratégie obnovy budov a jej zamerania smerom k takmer nulovým budovám (TNB), resp. budovám na úrovni energeticky pasívneho domu a miery obnovy fondu budov.

2.1 Zdroje tepla

Zdroj tepla je nepriamo závislý od zvoleného systému vykurovania v budove.

Tab. 2.1 Výber zdroja tepla / systém vykurovania

AB	AB Historické budovy				AB Socialistická architektúra				AB porevolučné obdobie				AB súčasné novostavby			
	Radiátory	Podlahový	Stenový	Stropný	Radiátory	Podlahový	Stenový	Stropný	Radiátory	Podlahový	Stenový	Stropný	Radiátory	Podlahový	Stenový	Stropný
Vykurovací systém																
Zdroj tepla																
Plynový kotol	++	+	-	-	++	++	+	++	++	++	++	++	-	-	-	-
Kotol na drevo	+	+	-	-	+	-	-	+	+	+	-	+	+	+	-	+
Elektro kotol	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-
Tepelné čerpadlo V-V	+	++	-	-	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
Tepelné čerpadlo Z-V	+	++	-	-	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
Solár	-	-	-	-	-	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+

Zdroj: D. Košičanová

2.1.2 Systémy vykurovania

V tejto kapitole sa zameriame na najčastejšie používané systémy vykurovania v administratívnych budovách. Čiastočne je to už zobrazené v predošlej tabuľke. Systémy podľa zdroja tepla - plynový kotol - sa používajú v budovách s hustou zástavbou, kde nie je možné využiť obnoviteľný zdroj kvôli hluku, alebo kvôli nedostatočnej ploche príslušného pozemku.

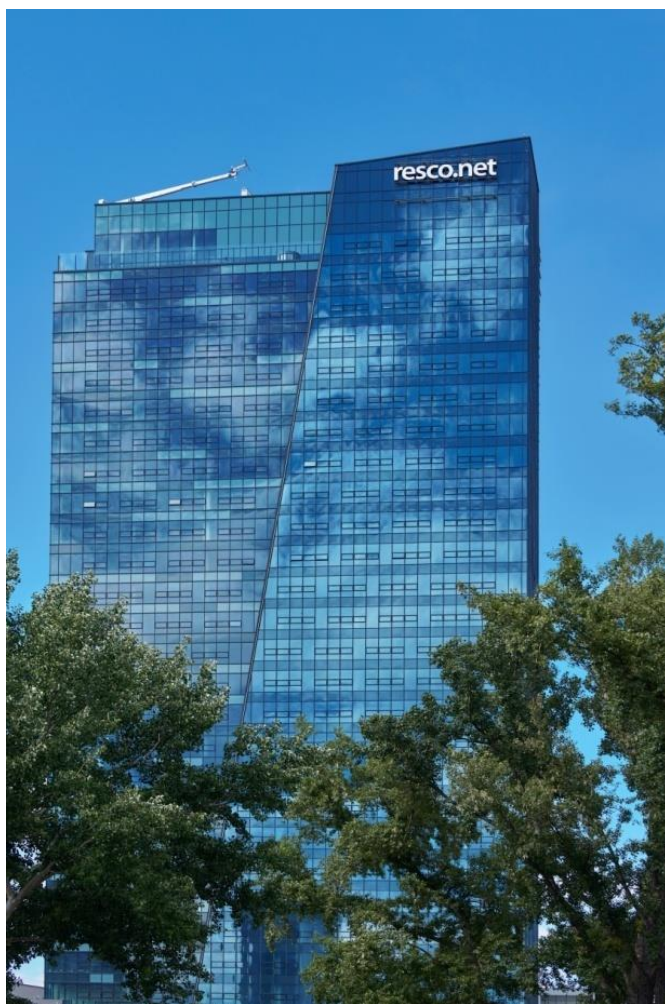
Pre historické budovy nie je vhodný systém stropného a stenového vykurovania kvôli zásahom do interiéru, rovnako podlahové vykurovanie je možné použiť vo výnimočných prípadoch, keď je podlaha v dezolátnom stave a bude sa rekonštruovať.

Najčastejšie sa používajú vykurovacie telesá, vhodne umiestnené do priestoru. Nevýhodou historických budov je ich vysoká energetická náročnosť, vyplývajúca z nemožnosti zateplenia budovy. Dôraz by sa mal klásť na zníženie spotreby energie výmenou okien, dverí, využitím rekuperácie tepla z vetrania (ak je možné rekuperáciu umiestniť).

Ďalšie dva zdroje tepla vhodné pre AB a zabezpečujúce teplo je kotol na drevo a elektro kotol. Podmienkou použitia by malo byť vylúčenie možnosti použitia tepelného čerpadla, hlavne pri návrhu elektro kotla. Tepelné čerpadlá dominujú pri všetkých druhoch administratívnych budov. Systémy vykurovania vhodné pre administratívne budovy sú najčastejšie plošné systémy (resp. veľkoplošné systémy) podlahového, stenového a stropného vykurovania. Hodia sa do všetkých druhov administratívnych budov s výnimkou historických budov (na základe povolenia od Útvary hlavného architekta a Pamiatkového ústavu).

Najčastejšie sa používajú tepelné čerpadlá V-V (vzduch- voda), prípadne tepelné čerpadlá Z-V (zem - voda), v závislosti od veľkosti pozemku a od hydrologického prieskumu či povolenia na hĺbkové vrty v oblasti podľa banského zákona.

Obr. 2.1 Najvyššia budova v SR - Nivy Tower v Bratislave



Poznámky: AB Nivy Tower je 125 m vysoká budova. Kotelňu má umiestnenú na streche budovy, čím sa stáva najvyššie položenou kotelňou na Slovensku. Zdrojom tepla sú dva kotle WOLF MGK-2 na vykurovanie a ohrev vody..

Zdroj: <https://hbreavis.com/en/project/nivy-tower/>, <https://slovensko.wolf.eu/o-spolocnosti/referencie/nivy-tower/>, <https://www.officerentinfo.sk/offices-office-buildings-for-rent/bratislava/i/qubes-nivy-tower-office#&qid=1&pid=1>



Poznámky: Použité sú tepelné čerpadlá IVT s výkonom 260 kW v kombinácii s energetickými pilotami. Súbežne sa vyrába teplo aj chlad pre administratívnu budovu.

Zdroj: <https://www.gt-energy.sk/sk/tepelna-čerpadla> , <https://www.aztower.org/obchody/2np/225/119>

2.1.3 Prvky vykurovacích systémov

Na základe zvoleného systému vykurovania vieme určiť použité prvky systému a ktoré prvky nie je potrebné použiť. Prvky boli spomenuté v prvej knihe kapitola HVAC, preto sa zameriam iba na doplňujúce informácie. Pre administratívne budovy zateplené, obnovené, s novou strechou sa navrhujú tepelné čerpadlá s vnútornou a vonkajšou jednotkou, pričom ak potrebujeme vyšší výkon, tak sa navrhuje kaskáda viacerých tepelných čerpadiel, alebo tzv. monoblok - jednotka s umiestnením v exteriéri. V nedávnej minulosti minulých rokov sa vyvinuli aj plynové tepelné čerpadlá. Majú nízke prevádzkové náklady na chladenie a vykurovanie s možnosťou využitia odpadového tepla pri chladení, samotné chladenie je bez požiadavky na elektrický príkon. Výhodou je reverzibilita pre vykurovanie a chladenie, stabilný výkon tepelného čerpadla v zimnom období, možnosť kaskádového zapojenia pre budovy s vyššou spotrebou tepla a chladu. Distribúcia tepla je do VRV systému alebo do vodného systému. Vývinom technológie sa vyvinuli aj nové systémy tzv "mikrokogeneračné jednotky" pre spoločnú výrobu elektriny a tepla. Princípom je vysoko

efektívna výroba elektrickej energie, pri ktorej súčasne vzniká teplo. Náklady na teplo a vyrobenú elektrinu sú nízke, využívajú sa "zelené bonusy" za vyrobenú elektrinu. Veľkým bonusom je nezávislosť na dodávke elektrickej energie.

Obr. 2.3 Najudržateľnejšia AB v Amsterdame



Poznámky: Severné priečelie je skosené, čo prispieva k pasívnym solárnym ziskom a zvyšuje efektivitu 1700 m² fotovoltaických panelov. Umiestnené sú na fasáde a streche. Vykurovanie je zabezpečené tepelnými čerpadlami s dvoma 130 metrovými vrtmi. Vetrание je zabezpečené cez 15 poschodové átrium, prechádzajúce celou budovou. Systém riadenia budovy je založený na inteligentnom SmartStruxure pre správu budov (snímače, ventily, pohony, merače tepla a chladu). Zaujímavosťou je logistika využívania priestoru, kde smartfón aplikácia nájde správne miesto na prácu - tzv systém "hot desking" - systém zabezpečujúci efektivitu a optimálne využitie pracovných miest - okrem vzťahov na pracovisku systém má vylepšovať a znižovať výdavky na prenájom priestorov. Budova má technológie zadržiavania a recyklácie dažďovej vody, nabíjacie stanice pre elektromobily a ventiláciu, ktorá funguje na základe prítomnosti ľudí.

Zdroj: <https://www.archinfo.sk/diela/obcianska-stavba/the-edge-najudrzatelnejšia-administrativna-budova-je-v-amsterdame.html>



Poznámky: Efektívne využitie energie zo zemného plynu, alebo bioplynu. Výroba elektriny je generátorom, ktorý je poháňaný mechanicky plynovým motorom. Výroba tepla je zameraná na využitie odpadného tepla z motora, výstupná teplota vody je 65°C až 93°C.

Zdroj: <https://www.gt-energy.sk/sk/mikrogeneracni-jednotky>

2.1.4 Hydraulika vykurovacích systémov

Výškové budovy sú rozdelené na časti - zóny určitej výšky, oddelené technickými podlažiami, ale aj bez technických podlaží. Ak je naprojektované technické podlažie, sú v ňom umiestnené technické zariadenia a nutné komunikácie. V systémoch vykurovania, vetrania a zásobovania vodou je prípustná výška zóny určená hodnotou hydrostatického tlaku vody v spodných vykurovacích zariadeniach alebo iných prvkoch a možnosťou umiestnenia zariadení, vzduchových potrubí, potrubí a iných komunikácií na technické podlahy.

Pri systéme ohrevu vody by výška zóny v závislosti od povoleného hydrostatického tlaku pre určité typy vykurovacích zariadení (od 0,6 do 1,0 MPa) nemala presiahnuť (s určitou rezervou) 55 m pri použití liatiny a ocelové spotrebiče (vykurovacie telesá) a 90 m pre zariadenia s ocelovými vykurovacími rúrami.

V rámci jednej zóny je usporiadaný systém ohrevu vody s prívodom tepla vody podľa schémy s nezávislým pripojením na tepelný zdroj, t.j. hydraulicky izolovaný od zdroja tepla. Takýto systém má vlastný výmenník tepla voda-voda, obehové a doplňovacie čerpadlá a expanznú nádrž.

Počet zón pozdĺž výšky budovy je určený, prípustným hydrostatickým tlakom, ale pre vykurovacie zariadenia, a pre zariadenia vo vykurovacích bodoch (zdroj tepla) umiestnených s zvyčajne v suteréne. Hlavné vybavenie týchto vykurovacích bodov, a to bežný typ výmenníkov tepla voda-voda a čerpadiel, dokonca aj na objednávku, znesie pracovný tlak najviac 1,6 MPa, teda 16 barov. V skutočnosti samotné zdroje tepla (kotle, či tepelné čerpadlá) majú najčastejšie maximálny tlak 0,5 MPa, teda 5 barov. Jedná sa o stredne veľké zdroje tepla, pri snahe o minimalizovanie potreby energie na vykurovanie a ohrev vody sú samotné zdroje tepla požadované ako vysoko energeticky efektívne a zároveň nemajú extrémne vysoký výkon.

Konkrétne napríklad pri výškovej budove 150-160 metrov sa navrhnu dva hydraulicky izolované systémy (výška jedného 75-80 metrov), alebo tri hydraulicky izolované úseky (výška úseku 50-55 metrov). V takom prípade hydrostatický tlak hornej zóny dosiahne vypočítanú hranicu v suteréne pri zdroji tepla.

Každý zónový vykurovací systém má vlastnú expanznú nádobu, vybavenú elektrickým signalizačným systémom a reguláciou prívodu systému.

Pre zníženie nákladov a zjednodušenie konštrukcie je možné nahradiť kombinované vykurovanie výškovej budovy jedným systémom ohrevu vody, ktorý nevyžaduje druhý primárny nosič tepla (napríklad para). Objekt je možné vybaviť hydraulicky spoločným systémom s jedným výmenníkom voda-voda, spoločným obehovým čerpadlom a expanznou nádobou. Systém podľa výšky budovy je stále rozdelený na zónové časti podľa vyššie uvedených pravidiel. Voda je

dodávaná do druhej a nasledujúcich zón zónovými obehovými posilňovacími čerpadlami a vracia sa z každej zóny do spoločnej expanznej nádrže. Potrebný hydrostatický tlak v hlavnej spiatocke každej časti zóny je udržiavaný regulátorom tlaku typu „upstream“. Hydrostatický tlak v zariadení výmenníkovej stanice, vrátane pomocných čerpadiel, je obmedzený inštalačnou výškou otvorenej expanznej nádoby a nepresahuje štandardný prevádzkový tlak 1 MPa.

Vykurovacie systémy výškových budov sa vyznačujú svojim rozdelením v rámci každej zóny po stranách horizontu (pozdĺž fasád) a automatizáciou regulácie teploty chladiacej kvapaliny. Teplota chladiacej kvapaliny pre zónový vykurovací systém sa nastavuje podľa daného programu v závislosti od zmeny teploty vonkajšieho vzduchu (regulácia „poruchou“). Zároveň je pre časť systému, ktorá vykuruje miestnosti orientované na juh a západ, zabezpečená dodatočná regulácia teploty nosiča tepla (pre úsporu tepelnej energie) v prípade, že teplota miestností počas slnečného žiarenia stúpa (regulácia „odchýlkou“).

Na vyprázdnenie jednotlivých stúpačiek alebo častí systému sú na technických podlažiach uložené odtokové potrubia. Počas prevádzky systému je odtokové potrubie vypnuté, aby sa zabránilo nekontrolovanému úniku vody spoločným ventilom pred oddeľovacou vypúšťacou nádržou.

Pri výške budovy nad 220 m sa vzhľadom na výskyt ultravysokého hydrostatického tlaku odporúča použiť kaskádovú schému zapojenia zónových výmenníkov tepla na vykurovanie a zásobovanie teplou vodou.

Systémy ohrevu vody vo výškových budovách sú výškovo zónované a, ako už bolo uvedené, ak sú požiarne úseky oddelené technickými podlahami, potom sa zónovanie vykurovacích systémov spravidla zhoduje s požiarными úsekmi, pretože technické podlahy sú vhodné na umiestnenie rozvodných potrubí. Pri absencii technických podlaží sa zónovanie vykurovacích systémov nemusí zhodovať s rozdelením budovy na požiarne úseky. Výška zóny je určená hodnotou prípustného hydrostatického tlaku pre najnižšie uložené ohrievače a ich potrubia.

Spočiatku sa projektovanie zónových vykurovacích systémov vykonávalo ako pre bežné viacpodlažné budovy. Spravidla sa používali dvojrúrkové vykurovacie systémy s vertikálnymi stúpačkami a spodným vedením privodného a vratného potrubia prechádzajúceho cez technické podlažie, čo umožnilo zapnúť vykurovací systém bez čakania na výstavbu všetkých podlaží zóny. Každá stúpačka je vybavená automatickými vyvažovacími ventilmi, ktoré zabezpečujú automatickú distribúciu chladiacej kvapaliny medzi stúpačky a každý ohrievač je vybavený automatickým termostatom so zvýšeným hydraulickým odporom, ktorý poskytuje nájomníkovi možnosť nastaviť požadovanú teplotu vzduchu v miestnosti a minimalizovať vplyv gravitačnej zložky cirkulačného tlaku a zapnutie / vypnutie termostatu na iných ohrievačoch pripojených k tejto stúpačke.

Vhodným vykurovacím systémom pre budovy bez technických podlaží, sú systémy s horizontálnymi rozvodmi napojenými na vertikálne stúpačky, ktoré sú vyrobené podľa dvojrúrkovej schémy so spodným vedením. Jednotlivé okruhy na poschodiach sú vybavené jednotkou s uzatváracími ventilmi, regulačnými ventilmi a vypúšťacími armatúrami, filtrami a meračom tepelnej energie. Tento uzol by mal byť umiestnený tak, aby bol možný prístup k údržbe.

Administratívne budovy svojim postavením v živote ľudí sú jednými z nosných objektov, keďže čas strávený v administratívnej budove predstavuje cca tretinu dňa (v prípade študentov a žiakov sú to budovy na vzdelávanie, ďalšia tretina sú budovy na bývanie a posledná tretina je rozvrstvená do športovísk, obchodných prevádzok, exteriér a podobne.). V poslednom období sa pod vplyvom celosvetovej pandémie Covid 19 znížila prechodne potreba administratívnych priestorov nasadením home office, čo sa udialo v mnohých oblastiach života. S utíchajúcou pandemiou sa pracujúci v administratívnych budovách vracajú do svojich priestorov. Čo však zostalo z pandémie sú skúsenosti súvisiace so zistením výhod a nevýhod z "práce na doma". Chýbajúci sociálny kontakt a pracovný kontakt nahradili v súčasnosti mnohé firmy dochádzkou do práce 1x za týždeň, alebo za dva týždne, koncentráciou dôležitej a nevyhnutnej práce v kancelárii, alebo na meetingoch, či poradách. Preto sa AB (viď budova v Amsterdame) prispôbujú prevádzkou k novému využitiu priestoru, zavedením takých elektronických systémov, že je možné využívať budovu s vysokou efektívnosťou, prispôbiť HVAC systém na koncentrovanú skupinu zamestnancov, využitie útlmových režimov v neobsadených priestoroch AB. Predstavuje to nový trend a vysokú mieru inteligentných systémov na zabezpečenie ochrany osobných a pracovných údajov, ale s veľmi výnosným trendom v oblasti HVAC systémov, energetickými úsporami a minimalizáciu environmentálnych dopadov.

2.2 Zdroje chladenia

Vo väčšine školských budov sa chladiace zariadenie nevyskytuje, pretože budova školy je v priebehu letných prázdnin mimo prevádzky. V posledných rokoch však prehrievanie priestorov v škole začína byť problémom. Chladiace zariadenie v budove však predstavuje najväčšieho spotrebiteľa energie. Z toho dôvodu je výhodnejšie využívať pasívne prvky chladenia za účelom znižovania tepelných ziskov zo slnečnej radiácie. Niektoré prevádzky v školách, ako sú dátové centrá, je nutné chladiť celoročne. Za účelom znižovania energetickej náročnosti budov sa v poslednom období čoraz viac využívajú systémy využívajúce strojné zdroje chladu v kombinácii s nestrojnými zdrojmi chladu. Nestrojný zdroj chladu môže byť napr. voda zo studne alebo z vodného toku, prípadne chladnejší vzduch, ktorý je využívaný v noci – nazývaný tiež nočné chladenie. Najčastejšie používaný systém strojného chladenia je systém priameho a nepriameho kompresorového chladenia. V tejto podkapitole sú uvedené základné zariadenie zdrojov strojného priameho a nepriameho kompresorového chladenia, ktoré sú často aplikované v školských budovách. Ďalej sú uvedené systémy nestrojného chladenia tzv. pasívne chladenie využívajúce fyzikálne javy prebiehajúce v prírode.

2.2.1 Zariadenia zdrojov strojného chladenia

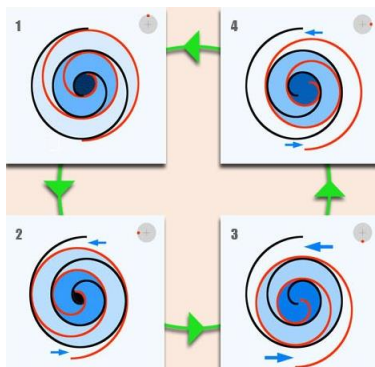
V školských budovách sa najčastejšie využívajú systémy s priamym alebo nepriamym kompresorovým chladiacim okruhom. Chladivo je pracovná látka v chladiacom okruhu, ktorá odoberá teplo vyparovaním pri teplote prostredia a odovzdáva ho kondenzáciou pri teplote okolia. Hlavné časti kompresorového systému chladenia sú: kompresor, výparník, kondenzátor a expanzný ventil.

Kompresor

Účelom kompresora je odsávať pary chladiva z výparníka v objeme zodpovedajúcom ich hmotnosti a hustote a stláčať ich na kondenzačný tlak, pri ktorom kondenzujú. Najpoužívanejšie kompresory v chladiacej a klimatizačnej technike:

- Scroll kompresory;
- Skrutkové kompresory;
- Piestové kompresory.

Obr. 2.5 Scroll kompresor



Priebeh výtlaku pâr v kompresore:

- 4 - Nasávanie pâr
- 1 - Stláčanie pâr
- 2 - Výtlak pâr
- 3 - Nasávanie pâr

Poznámky: Scroll kompresor má jeden scroll (špirálu), obiehajúcu po dráhe, definovanej nepohyblivým scrollom. Nepohyblivý scroll je upevnený k telesu kompresora. Pohyblivý scroll je spojený s kľukovým hriadeľom a obieha po dráhe, ale nerotuje. Obežný pohyb vytvára viacero plynových priestorov, ktoré sa premiestňujú medzi oboma špirálami. Na vstupe dochádza k nasávaniu plynu, ktorý sa pohybom presúva do stredu oboch špirál, kde následne dochádza k jeho výstupu. Vzhľadom k tomu, že plynové priestory sa pri premiestňovaní do vnútra zmenšujú, teplota aj tlak sa zvyšuje na požadovanú hodnotu.

Zdroj: <https://climate.emerson.com/en-us/products/refrigeration/commercial-refrigeration/scroll-compressors>

Výparník

Výparník je v chladiacej technike dvoj-látkový (napr. chladivo / voda, chladivo / vzduch) výmenník tepla určený na prevod tepelnej energie z teplejšej látky na chladnejšiu. Výparníky delíme podľa spôsobu styku chladiva s teplo-výmennou plochou:

- Suché výparníky;
- Zaplavené výparníky;
- Sprchové výparníky;
- Výparníky s nútenou cirkuláciou chladiva.

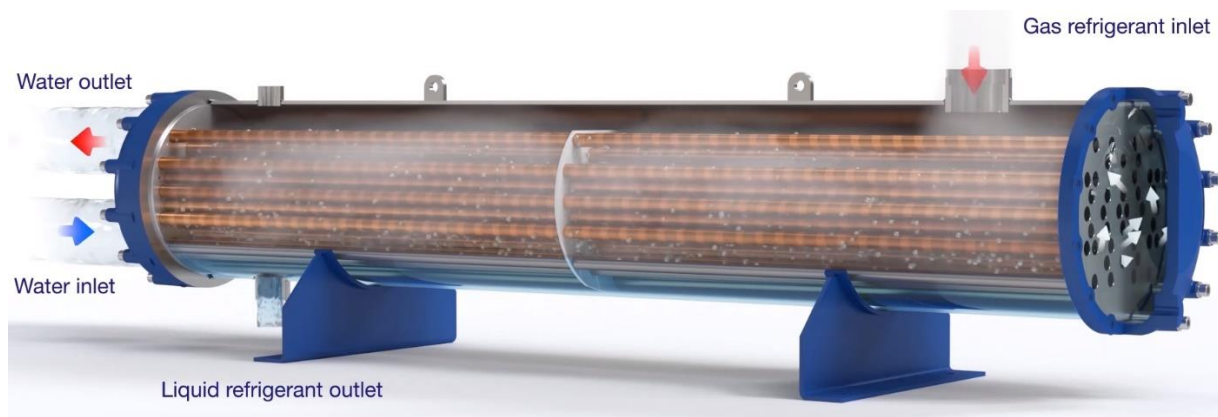
Obr. 2.6 Suchý výparník



Poznámky: Suchý výparník je dvoj-látkový výmenník tepla určený na prevod tepelnej energie z teplejšej látky (vzduch) na chladnejšiu (chladivo).

Zdroj: <https://smwac.net/hvac-knowledge/how-evaporator-coil-works/>

Obr. 2.7 Zaplavený výparník



Poznámky: Zaplavený výparník je dvoj-látkový výmenník tepla určený na prevod tepelnej energie z teplejšej látky (voda) na chladnejšiu (chladivo).

Zdroj: <http://www.btareps.com/new-alfa-laval-page/>

Kondenzátor

Kondenzátor je určený na prenos tepelnej energie medzi médiami s rôznym potenciálom tepelnej energie (vzduch / chladiivo, voda / chladiivo). Vplyvom chladiacej látky (vzduch, voda) dochádza k odvádzaniu tepla z pár chladiwa a k ich následnej kondenzácii na kvapalnú chladiwu. Tepelný výkon kondenzátora je väčší ako tepelný výkon výparníka a to o hodnotu tepelného ekvivalentu získaného pri pohone kompresora.

Rozdelenie kondenzátorov podľa konštrukcie a druhu chladiacej látky:

- Vzduchom chladené kondenzátory;
- Vodou chladené kondenzátory (prietokové);
- Adiabatické kondenzátory;
- Odparovacie kondenzátory.

Obr. 2.8 Vzduchom chladené kondenzátory



Vzduchom chladený kondenzátor AlfaSolar s dvomi radmi ventilátorov.

Konštrukcia v tvare "v" zaisťuje veľký výkon a kompaktné rozmery suchých chladičov Alfa V.

Poznámky: Suché chladiče sa zvyčajne používajú k chladeniu vody, nemrznúcich zmesí, olejov a chladiacich médií. Bežne sa používajú v klimatizačných zariadeniach, v systémoch so sekundárnymi chladiacimi okruhmi, v systémoch voľného chladenia a v spracovateľskom priemysle.

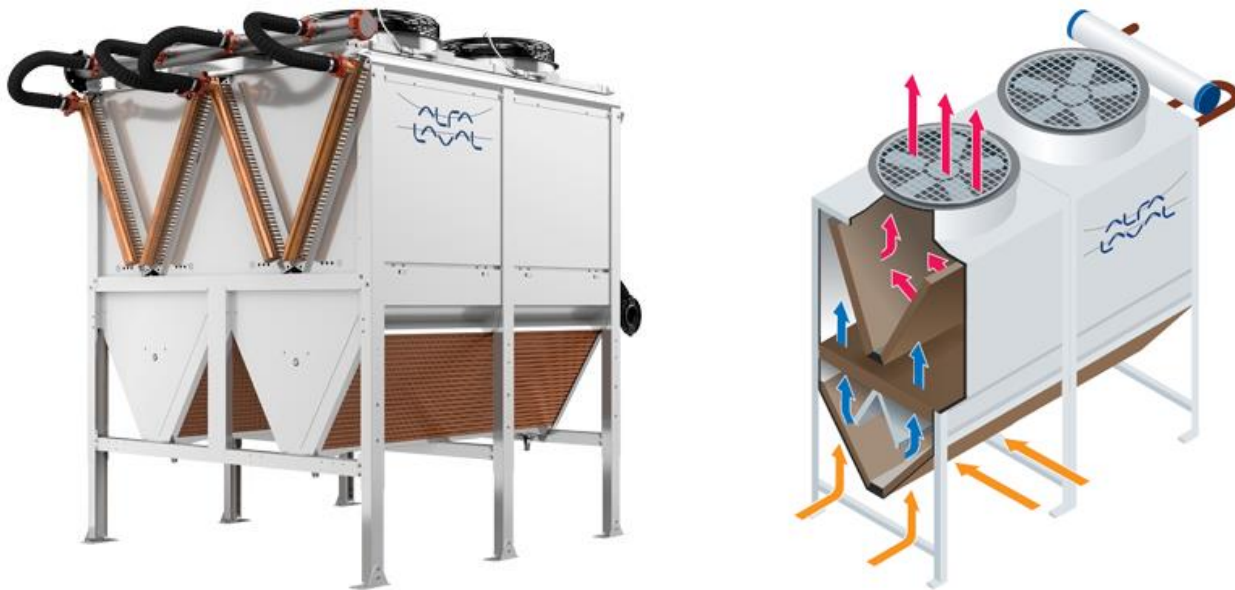
Zdroj: www.alfalaval.sk, <https://docplayer.cz/48041073-Studený-vzduch-vzduchove-vymenniky-alfa-laval.html>

Obr. 2.9 Vodou chladený prietokový kondenzátor



Poznámky: Vodou chladený prietokový kondenzátor je dvoj-látkový výmenník tepla určený na prevod tepelnej energie z teplejšej látky (voda) na chladnejšiu (chladiwo).

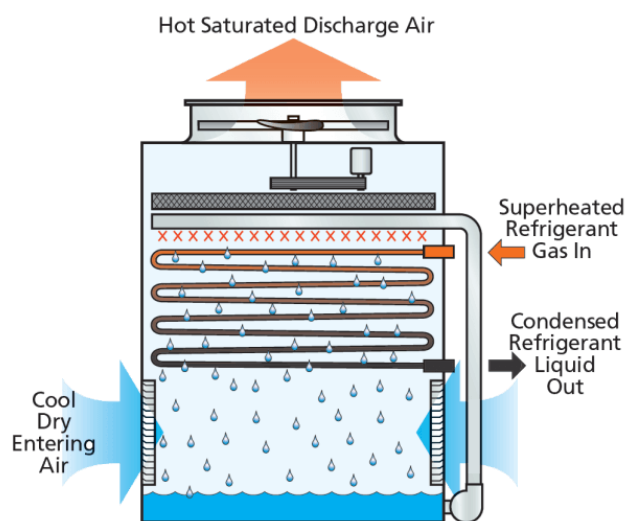
Zdroj: <https://www.alfalaval.com/globalassets/documents/products/heat-transfer/tubular-heat-exchangers/shell-and-tube-condenser/cxp/alfa-laval-shell-and-tube-condenser-brochure.pdf>



Poznámky: Okolitý vzduch s vysokou teplotou prechádza spodnou adiabatickou komorou. Vo vnútri tejto komory trysky rozprašujú jemnú vodnú hmlu. Vzduch sa pred kontaktom s výmenníkmi tepla ochladzuje zvlhčovaním. Konštrukcia komory zabraňuje akémukoľvek úniku vody mimo komory. Digitálny radiaci systém nepretržite upravuje množstvo rozstrekovanej vody, aby sa zabezpečilo chladenie.

Zdroj: www.alfalaval.sk , <https://www.alfalaval.us/microsites/datacenters/products/abatigo-adiabatic-coolers/>

Obr. 2.11 Odparovací kondenzátor



Poznámky: Voda sa rozprašuje v priestore, v ktorom je vedený výmenník s chladivom. Chladivo vo výmenníku kondenzuje vplyvom rozprašovanej vody. Rozprašovaná voda absorbuje teplo chladiva. Proces funguje na základe princípu teploty „mokrého teplomera“.

Zdroj: <https://www.hamapo.nl/verdampingscondensator> , <https://www.hamapo.nl/evapco%20verdampingscondensator%20atc-428e>

Expanzný ventil

Úlohou expanzného ventilu v chladiacom okruhu je nástrek chladiva do výparníka pre požadovaný chladiaci výkon. Škrtiaci element pracuje na rozdiel tlakov a prehriatia chladiva.

Obr. 2.12 Expanzný ventil



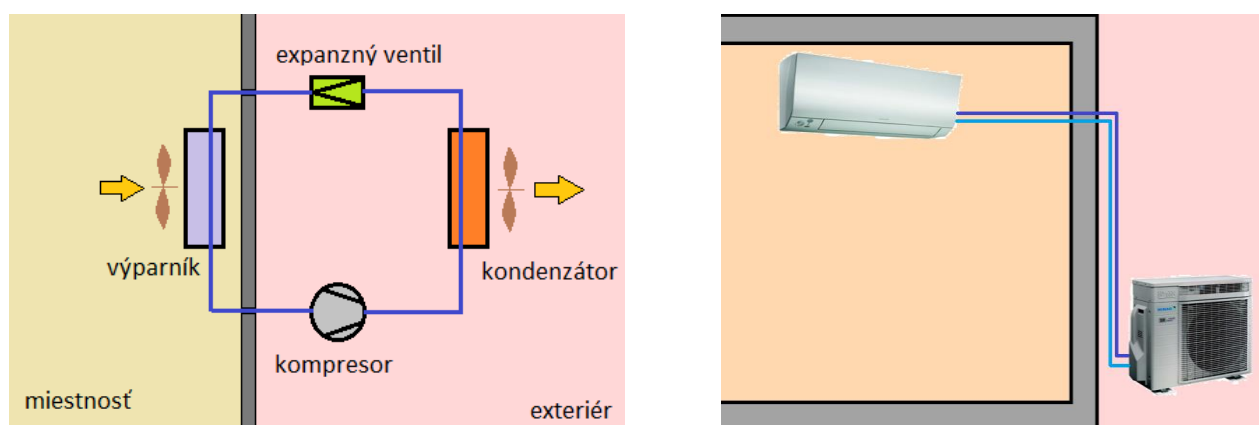
Poznámky: Úlohou expanzného ventilu v chladiacom okruhu je nástrek chladiva do výparníka pre požadovaný chladiaci výkon.

Zdroj: http://beijerref.sk/honeywell?product_id=982

2.2.2 Priame kompresorové chladenie

Pri priamom chladiacom okruhu chladiacim zariadením cirkuluje iba chladiace médium. Chladivo v podobe plynu s nízkym tlakom vchádza do kompresora, kde je stlačované, čím sa jeho teplota a tlak zvýšia. Následne je chladivo s vysokou teplotou a tlakom privádzané do výmenníka - kondenzátora, v ktorom svoje teplo odovzdáva vonkajšiemu vzduchu a chladivo kondenzuje na podchladenú kvapalinu so stále vysokým tlakom. Chladivo s vysokým tlakom následne prechádza expanzným ventilom, kde sa jeho tlak zníži a tým sa zníži aj jeho teplota. Chladivo s nízkou teplotou pokračuje do výparníka, ktorý je umiestnený v interiéri a odoberá teplo z interiérového vzduchu. Vo výparníku sa mení na plyn s nízkym tlakom. Chladivo ohriate interiérovým vzduchom je dopravované späť do kompresora a celý cyklus sa opakuje.

Obr. 2.13 Priame kompresorové chladenie



Poznámky: Prenos tepelnej energie u chladiacich systémov zaisťuje chladivo. Pri priamom chladení je teplo zo vzduchu v interiéri odoberané priamo do chladiva. Vnútnu časť chladiaceho systému tvorí výparník, ktorý sa nachádza v klimatizovanej miestnosti. Vonkajšia jednotka pozostáva z kompresora, expanzného ventilu (v niektorých prípadoch je vo vnútornej jednotke) a kondenzátora. Bežná prevádzka systému je v režime chladenia, no umožňuje taktiež pokrytie tepelných strát v režime tepelného čerpadla. Uvedený systém je v podstate delený a preto je jeho názov zaužívaný v praxi „Split“.

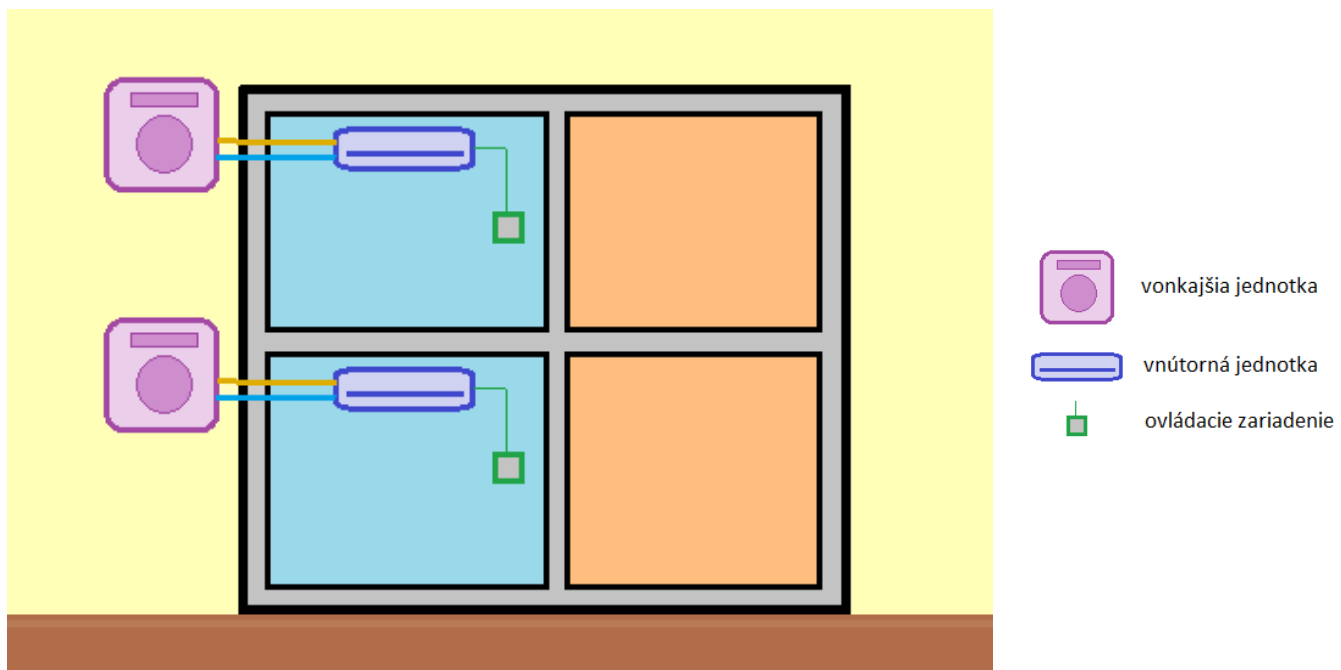
Zdroj: Kapalo Peter, Daikin Europe N.V. Naamloze Vennootschap - Zandvoordestraat 300, B-8400 Oostende - Belgium - www.daikin.eu - BE 0412 120 336 - RPR Oostende

Typickým príkladom využitia priameho kompresorového chladenia v školských budovách je Split systém, kde jedna vnútorná jednotka je napojená na jednu vonkajšiu jednotku. Používa sa na chladenie jednej miestnosti – vyučovacej triedy a systém je nezávislý na systéme zabezpečovania tepelnej pohody v školskej budove. Zvyčajne sa inštaluje dodatočne do jestvujúcich priestorov v budove podľa požiadaviek užívateľa miestnosti.

Ak chceme chladiť viacej miestností v budove, tak je možné použiť:

- Split systém Twin – na jednu vonkajšiu jednotku je napojená dvojica vnútorných jednotiek, ktoré sú ovládané jedným spoločným ovládacím zariadením. Parametre oboch vnútorných jednotiek sú rovnaké a ich chod je súčasný.
- Split systém Triple – na jednu vonkajšiu jednotku je napojená trojica vnútorných jednotiek, ktoré sú ovládané jedným spoločným ovládacím zariadením. Parametre všetkých troch vnútorných jednotiek sú rovnaké a ich chod je súčasný.
- Split systém Double-Twin – na jednu vonkajšiu jednotku sú napojené dve dvojice vnútorných jednotiek, ktoré sú ovládané jedným spoločným ovládacím zariadením. Parametre všetkých štyroch vnútorných jednotiek sú rovnaké a ich chod je súčasný.
- Multi-Split systém – na jednu vonkajšiu jednotku sú napojené jedna až päť vnútorných jednotiek, ktoré majú rovnaký režim a individuálny chod a nastavenie parametrov. Každá vnútorná jednotka má vlastný expanzný ventil a vlastnú reguláciu - ovládacie zariadenie.

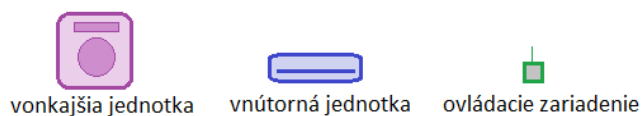
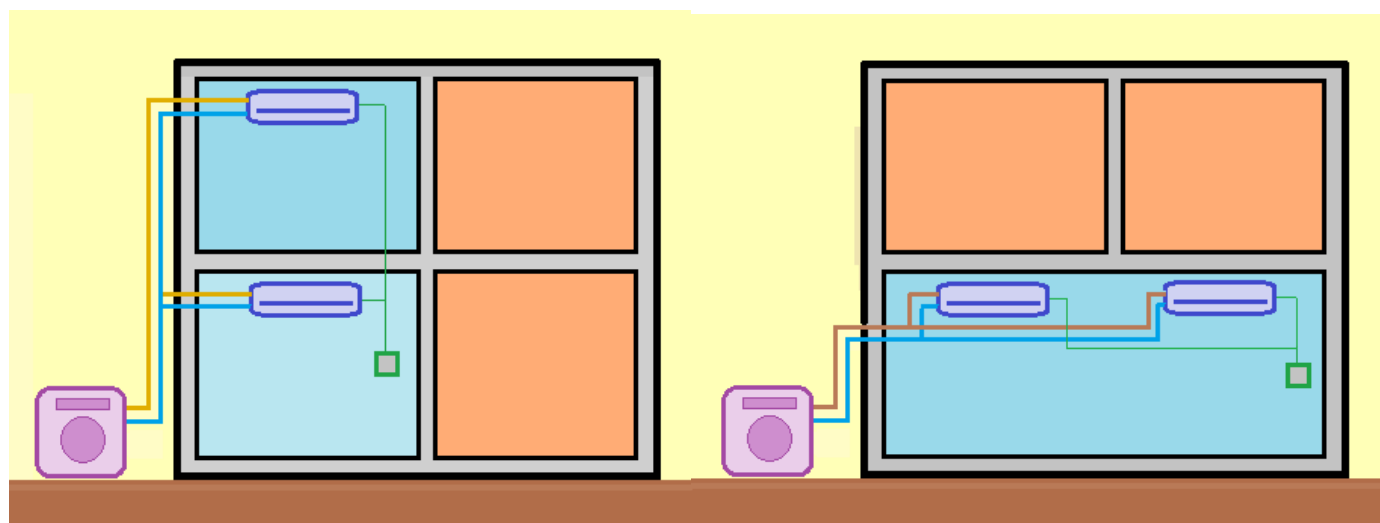
Obr. 2.14 Split systém



Poznámky: Split systém - jedna vnútorná jednotka je napojená na jednu vonkajšiu jednotku. Používa sa na chladenie jednej miestnosti v budove.

Zdroj: Kapalo Peter

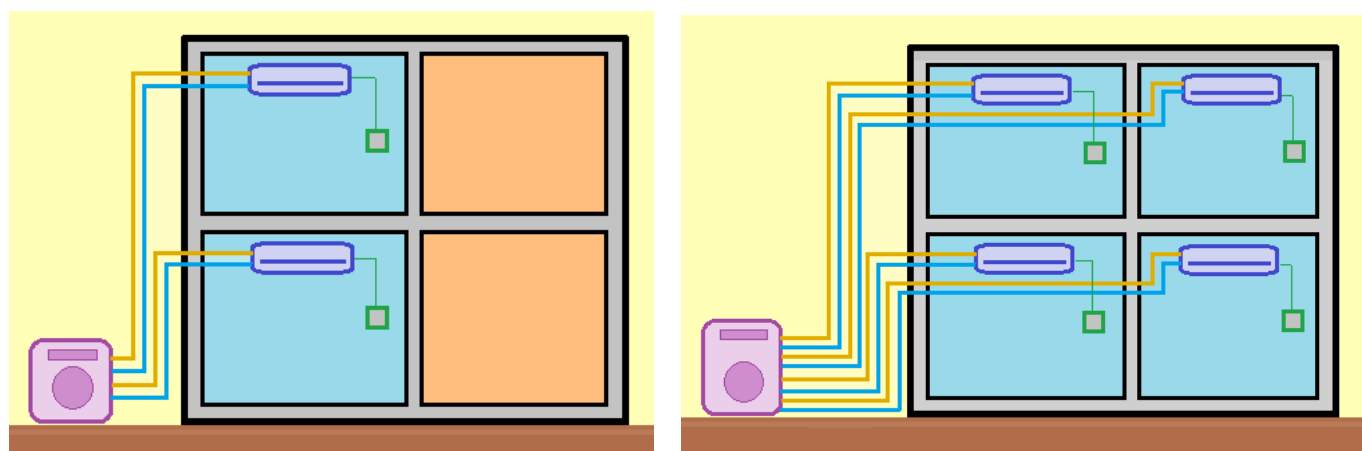
Obr. 2.15 Split systém Twin



Poznámky: Split systém Twin – na jednu vonkajšiu jednotku je napojená dvojica vnútorných jednotiek, ktoré sú ovládané jedným spoločným ovládacím zariadením. Parametre oboch vnútorných jednotiek sú rovnaké a ich chod je súčasný.

Zdroj: Kapalo Peter

Obr. 2.16 Multi-Split systém



Multi-Split systém – 1 vonkajšia a 2 vnútorné jednotky

Multi-Split systém – 1 vonkajšia a 4 vnútorné jednotky

Poznámky: Na jednu vonkajšiu jednotku sú napojené jedna až päť vnútorných jednotiek, ktoré majú rovnaký režim a individuálny chod a nastavenie parametrov. Každá vnútorná jednotka má vlastný expanzný ventil a vlastnú reguláciu - ovládacie zariadenie.

Zdroj: Kapalo Peter

Pri novostavbách administratívnych budov sa využíva aj chladivový systém VRV. VRV systém je technológia, ktorá variabilne mení objem chladiva v systéme tak, aby zodpovedal presným požiadavkám budovy. Na udržanie nastavenej

teploty v systéme je takto potrebné iba minimálne množstvo energie. Mechanizmus je z dlhodobého hľadiska udržateľnejší, pretože koncoví používatelia šetria náklady na energiu. Na jednu vonkajšiu jednotku je možné pripojiť až 64 vnútorných klimatizačných jednotiek. Systém VRV funguje podobne ako systém Multi-Split. Každá vnútorná jednotka si reguluje prísun chladiva osobitne na základe aktuálnej vnútornej teploty a požadovanej teploty nastavenej ovládačom. Vonkajšia jednotka upraví objem a teplotu chladiva podľa celkového dopytu množstva chladu od všetkých vnútorných jednotiek. Invertorový kompresor dodáva potrebné množstvo chladiva podľa požiadaviek chladenia v letnom období alebo podľa požiadaviek vykurovania v zimnom období.

Obr. 2.17 Zdroj chladenia - tepelné čerpadlo EWYT-B (Daikin)



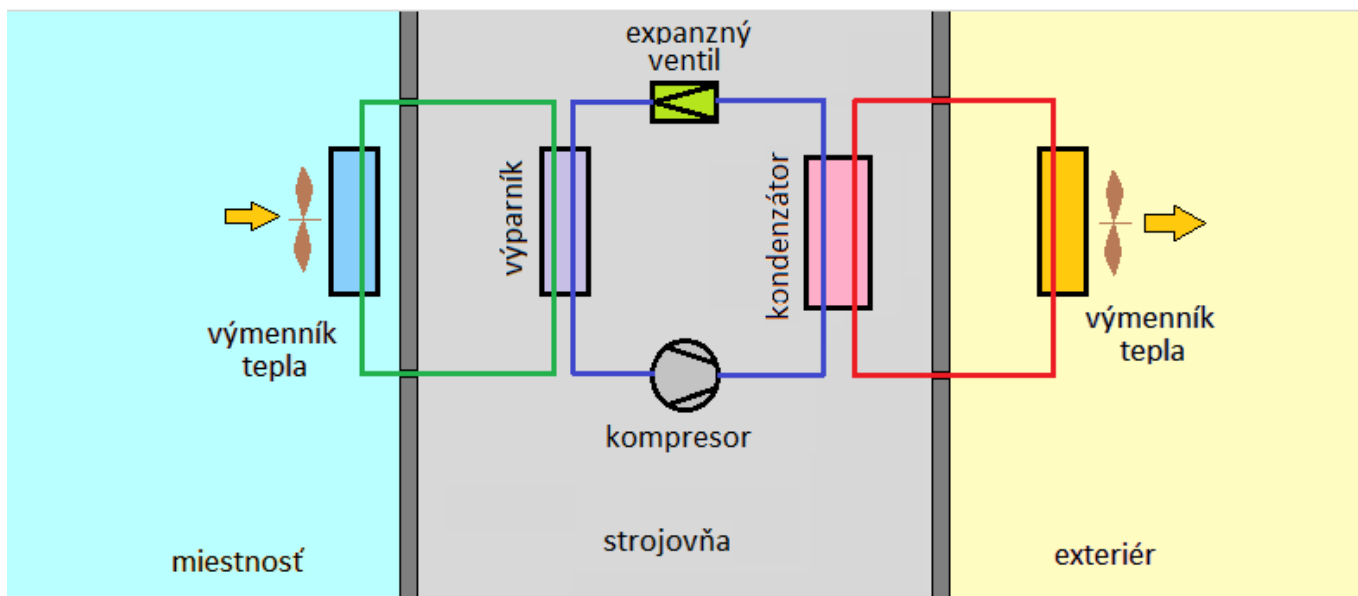
Poznámky: Zdroj chladu – vzduchom chladené tepelné čerpadlo EWYT-B so špirálovými kompresormi je možné použiť aj pre školskú budovu. Tepelné čerpadlo je určené na chladenie alebo ohrev vody (alebo zmesi vody s glykolom) v rámci určitých limitov. Jednotka pracuje na základe kompresie, kondenzácie a odparovania chladiaceho plynu podľa Carnotovho cyklu a skladá sa hlavne z nasledujúcich častí: jeden alebo viac špirálových kompresorov; kondenzátor; expanzný ventil a výparník. Činnosť výmenníkov tepla je možné meniť pomocou 4-cestného ventilu, pomocou ktorého je možné sezónne meniť použitie jednotky na ohrev alebo chladenie. Rad EWYT_B pozostáva z modelov s jedným chladiacim okruhom (od 85 do 215 kW) a z modelov s dvojitým chladiacim okruhom (od 205 do 630 kW). Stroj používa chladiacu kvapalinu R32 vhodnú pre celú oblasť použitia stroja.

Zdroj: https://www.daikin.sk/content/dam/document-library/installation-manuals/as/air-cooled-chiller/ewyt-b/EWYT-B_Installation%20and%20operation%20manual_D-EIMHP01302-20_01_Slovakian.pdf

2.2.3 Nepriame kompresorové chladenie

Pri nepriamom chladení sa teplo z miestnosti prenáša do chladiaceho okruhu teplonosnej látky (napr. okruh upravenej vody) a až následne cez výmenník tepla - výparník do chladiaceho okruhu. Uvedený spôsob chladenia zabraňuje prípadnému úniku chladiva do miestnosti s pobytom osôb, znižuje objem chladiva v systéme a tým znižuje prevádzkové náklady. Pri navrhovaní systému chladenia v školskej budove je výhodné použiť systém nepriameho chladenia z dvoch dôvodov. Po prvé, je tu možnosť minimalizovať množstvo chladiva v chladiacom systéme. Po druhé, je znížené riziko poškodenia zdravia užívateľov budovy možným únikom primárneho chladiva z dôvodu poruchy zariadenia. To znamená, že chladivá je možné uchovávať v bezpečnej uzavretej miestnosti. V sekundárnom okruhu chladenia, ktorá cirkuluje v priestore pobytu osôb, je zdravotne nezávadná chladiaca voda.

Obr. 2.18 Schéma nepriameho kompresorového chladenia



Prostredníctvom výmenníkov tepla, ktoré sú zabudované do vnútorných jednotiek – fancoilov je odoberané teplo z miestnosti.

<https://shop.systemair.com/sk-SK/syscoil--comfort/c48527>



Chladivový okruh je zabezpečený strojným zariadením – Chillerom, ktorý pozostáva z kompresora, kondenzátora, expanzného ventilu, výparníka a ostatného príslušenstva.

© Carrier,
<https://www.carrier.com/commercial/en/us/products/chillers-components/water-cooled-chillers/19dv>

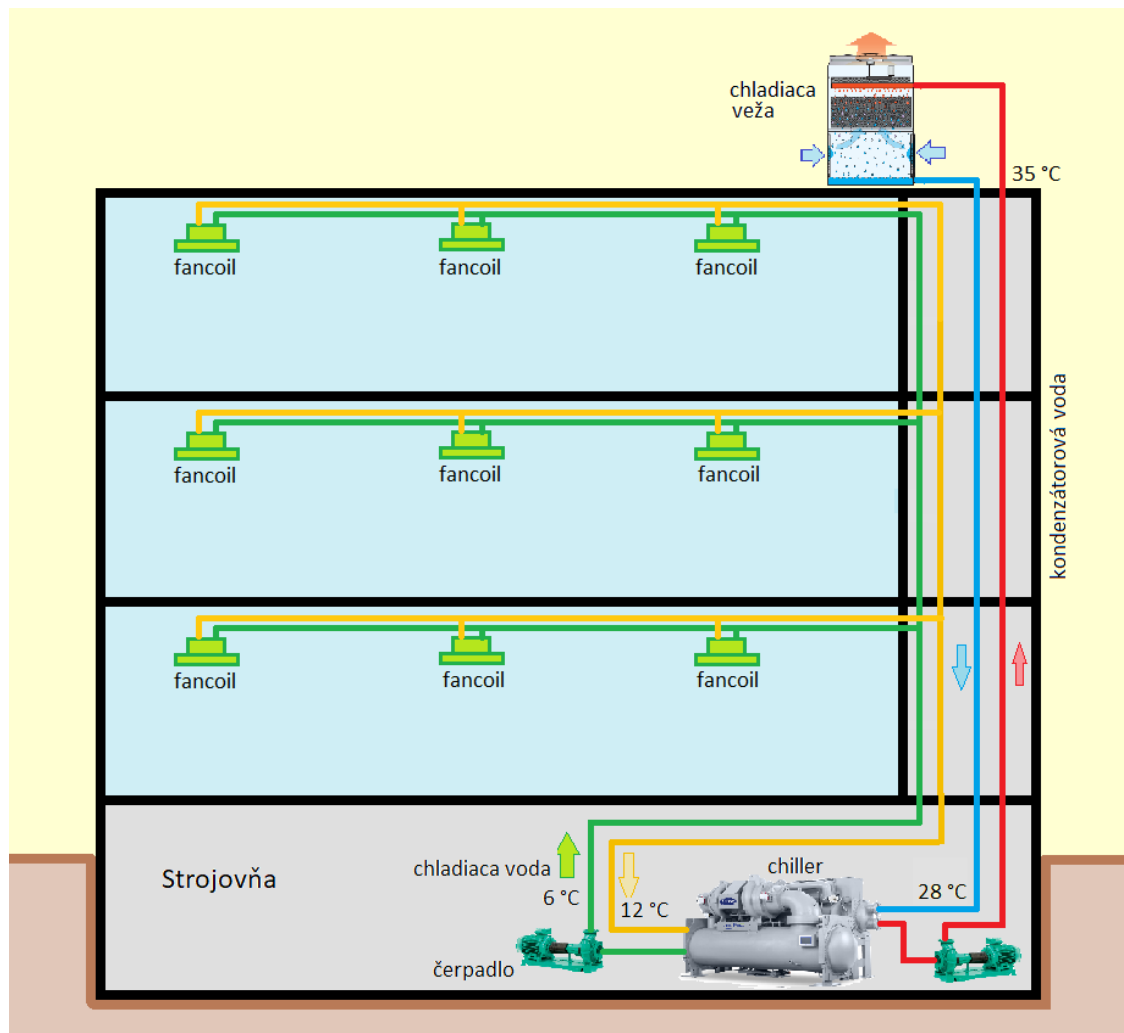


Výmenník tepla – chilliacia veža, v ktorej je kondenzátorová voda chladená okolitým vzduchom. Umiestňuje sa prevažne na strechu budovy.

<https://www.hamapo.nl/evapco%20verdampingscondensator%20atc-428e>

Zdroj: Kapalo Peter, Systemiar, Carrier, Hamapo

Pre väčšie školské budovy a komplexy školských budov je možné použiť centrálnu zásobovacie chladom, kde je využitý nepriamy systém chladenia. Chladivový okruh sa nachádza v strojovni a zo strojovne je vedený v budove už len vodný okruh chladenia (chladiaca voda) ku jednotlivým miestam spotreby. Chladivový okruh je zabezpečený strojným zariadením – chillerom, ktorý pozostáva z kompresora, kondenzátora, expanzného ventilu, výparníka a ostatného príslušenstva. Kondenzátor je zariadenie, v ktorom dochádza ku ochladzovaniu chladiva kondenzátorovou vodou. Kondenzátorová voda a chladivo sa nikdy nemiešajú, sú vždy oddelené stenou potrubia, teplo sa prenáša iba stenou sústavy rúr. Nežiaduce teplo je dopravované z kondenzátora do chladiacej veže samostatným kondenzátorovým okruhom pomocou čerpadla. V chladiacej veži dôjde ku ochladeniu kondenzátorovej vody a po jej ochladení je dopravovaná späť do kondenzátora, ktorý je súčasťou chladiaceho zariadenia – chillera. Pre lepšiu názornosť je systém nepriameho chladenia znázornený na nasledujúcom obrázku.

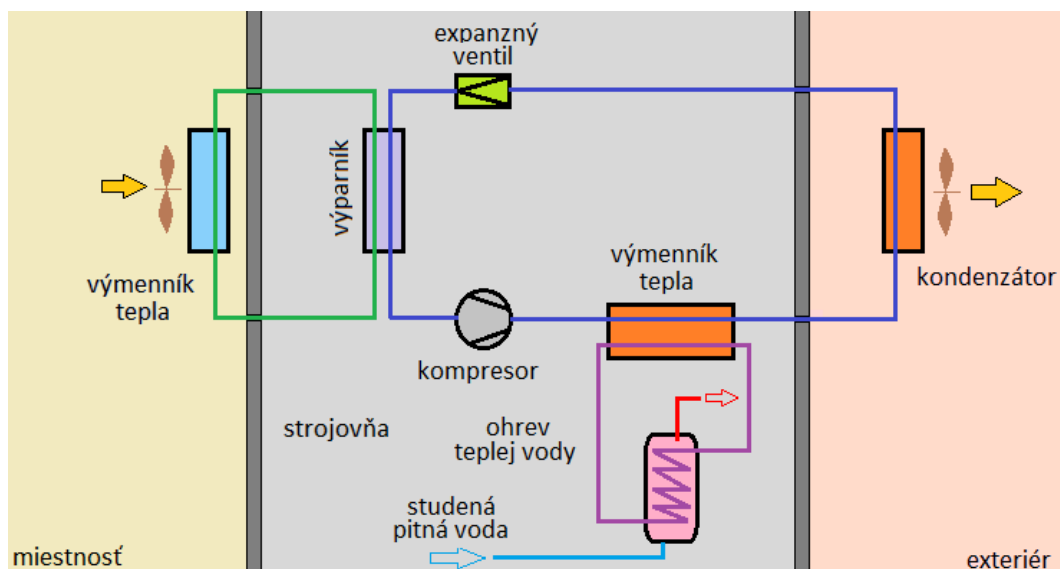


Zdroj: CARRIER; EVAPCO; WILO; kreslil Kapalo Peter;
<https://www.carrier.com/commercial/en/us/products/chillers-components/water-cooled-chillers/19dv/>
<https://www.evapco.com/products/cooling-towers-factory-assembled/cooling-tower>
https://wilo.com/sk/sk/Produkty-a-aplik%C3%A1cie/Vyh%C4%BEad%C3%A1vanie-kon%C5%A1truk%C4%8Dn%C3%A9ho-radu/Wilo-CronoNorm-NLG_184.html

Chladiaca veža je zvyčajne umiestnená na streche. Súčasťou chladiacej veže je ventilátor, ktorý zabezpečuje odvedenie tepla z rozstrekovanej kondenzátorovej vody do okolitého vzduchu. Okolitý vzduch, ktorý je chladnejší ako kondenzátorová voda, prichádza do priameho kontaktu s kondenzátorovou vodou v otvorenej chladiacej veži. Takýmto spôsobom je zabezpečený prenos tepla z vody do vzduchu. Ohriaty vzduch je následne vyfukovaný do atmosféry. Prostredníctvom vnútorných výmenníkov tepla zabudovaných do stavebnej konštrukcie (stropné chladenie a pod.) alebo do klimatizačných zariadení, prevažne fancoilov, vzduchotechnických jednotiek a pod., je odoberané teplo z miestností do chladiacej vody, ktorá nepotrebné teplo dopravuje do výparníka. Vo výparníku, ktorý je súčasťou chladiaceho zariadenia (chillera), je odoberané teplo z okruhu chladiacej vody do chladiva. Takýmto spôsobom ohriate chladivo je dopravované do kompresora, v ktorom dochádza ku zvyšovaniu tlaku a teploty chladiva. Následne je teplo z ohriateho chladiva odovzdávané v kondenzátore do kondenzátorovej vody a celý cyklus sa opakuje.

Chladiace zariadenie so vzduchom chladeným kondenzátorom produkuje veľa odpadovej energie odvádzaním kondenzačnej energie do okolitého vzduchu. Z toho dôvodu je vhodné inštalovať pred kondenzátor doplnkový chladič, kde veľká časť tejto odpadovej energie môže byť využitá napríklad na prípravu teplej vody, vykurovanie a pod.

Obr. 2.20 Schéma nepriameho kompresorového chladenia



Zdroj: Kapalo Peter

Obr. 2.21 Vzduchom chladený kvapalinový chladič



Poznámky: Chladič AquaSnap® 30RB je efektívny balík typu všetko v jednom. Inštaluje sa na strechu budovy alebo vedľa budovy.

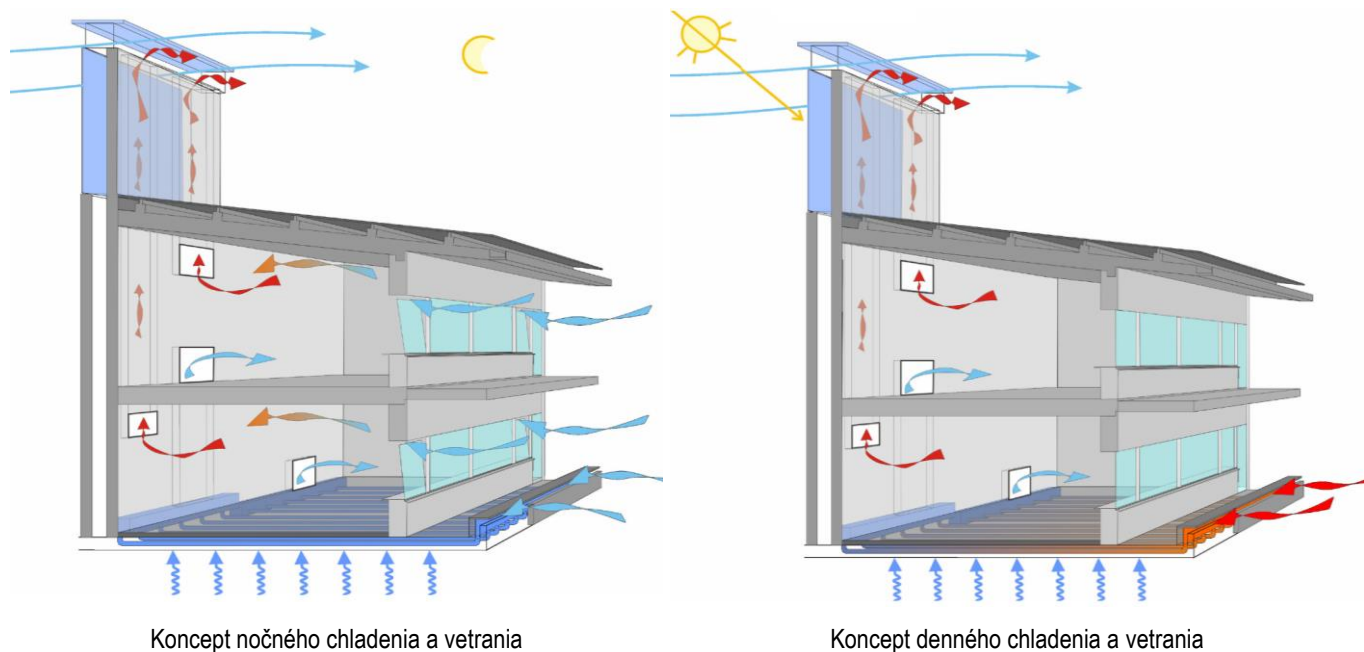
Zdroj: <https://www.carrier.com/commercial/en/us/products/chillers-components/air-cooled-chillers/30rb/>

2.2.4 Zdroje nestrojného chladenia

Nestrojné chladenie, v zahraničí nazývané tiež pasívne chladenie využíva fyzikálne javy prebiehajúce v prírode. V našich podmienkach sa využívajú ako nestrojné zdroje chladenia: voda (rieky, potoky, studne), zemné výmenníky a exteriérový vzduch prevažne v nočných hodinách. Už pri tvorbe budov je potrebné zohľadňovať možnosť využitia rôznych pasívnych prvkov chladenia budov ako sú: veľkosť okien a možnosť ich tienenia, pohyb vzduchu a možnosť akumulácie tepla. Pohyb vzduchu je najdôležitejším javom pasívneho chladenia. Prúdením vzduchu je možné odvádzať teplo z budovy hlavne v noci. To si vyžaduje dôsledne navrhnuté veľkosti, polohy a tvary otvorov (okná, dvere a vetracie otvory).

Nočný chladný vzduch je spoľahlivým zdrojom chladenia vo vnútrozemských oblastiach, kde rozdiely teplôt zvyčajne presahujú 6 – 16 °C. Horúci vzduch sáľajúci zo stavebnej konštrukcie je nahradený chladnejším nočným vzduchom. Riadeným prirodzeným vetraním môžeme odvieť nežiadúce teplo z budovy a zároveň zabezpečiť požadovaný prietok vzduchu. Prirodzené vetranie je zabezpečené rozdielom tlakov vzduchu, rozdielom teplôt vzduchu a vplyvom vetra. Na vetranie využívame okná, dvere, šachty, slnečné komíny, zemné kolektory a strešné otvory. V procese prirodzeného vetrania sú využívané komínový efekt, Bernoulliho efekt a Venturiho efekt.

Obr. 2.22 Chladenie zabezpečené nočným prirodzeným vetraním



Koncept nočného chladenia a vetrania

Koncept denného chladenia a vetrania

Poznámky: Pasívne vetranie a chladenie miestností je dosiahnuté prirodzeným vetraním prostredníctvom solárneho komína. Prichádzajúci čerstvý vzduch je nasávaný do miestností cez okná. Čerstvý vzduch sa tiež nasáva z nádvorja do rúr zabudovaných do základovej dosky. Solárny komín je orientovaný na juh a je natretý čiernou farbou a prekrytý polykarbonátovou doskou. Komín zachytáva slnečné žiarenie, čím zvyšuje komínový efekt a priťahuje teplý vzduch z miestností. Komín využíva vietor na vytváranie podtlaku, čo zlepšuje pohyb vzduchu vo vnútri komína. Počas nočnej doby teplá hmota komína uvoľňuje teplo, ktoré sa akumulovalo počas dňa, a tým napomáha v nasávaní vzduchu z miestností, ktorý vstupuje do miestnosti cez otvorené okná. Chladnejší nočný vzduch odoberá teplo zo stavebnej konštrukcie.

Zdroj: Transsolar; <https://www.german-architects.com/en/transsolar-klimaengineering-stuttgart/project/lycee-charles-de-gaulle/>; <http://www.carboun.com/sustainable-design/a-damascus-school-revives-traditional-cooling-techniques/>

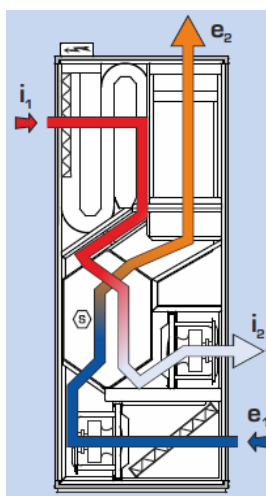
Pasívne chladenie nočným vzduchom je možné využiť aj v budovách, kde je nainštalovaný vetrací alebo klimatizačný systém. Je však potrebné v budove osadiť klapky na reguláciu a usmerňovanie prúdenia vzduchu v budove. Vzhľadom na naše klimatické podmienky je tento systém vhodný. Pri navrhovaní tohto systému je však potrebné zohľadniť požiadavky požiarnej ochrany budov.



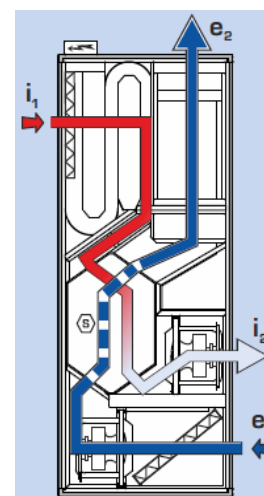
Vetracia jednotka Duplex Inter s rekuperáciou tepla v učebni (ATREA)



Vetracia jednotka Duplex Inter



a



b

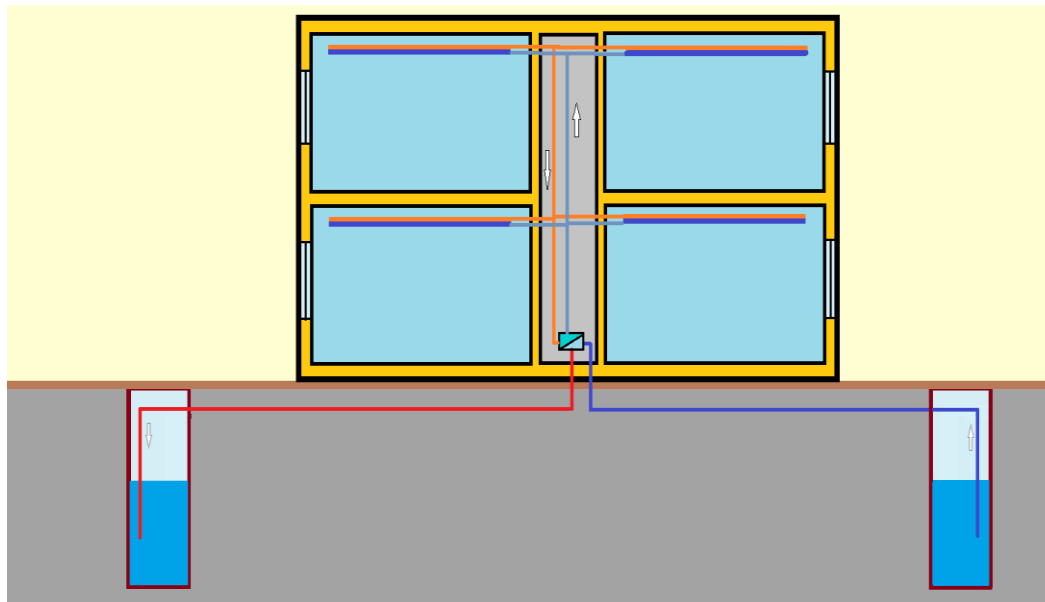
Poznámky: Vetracia jednotka Duplex Inter je určená pre rovnotlakové vetranie učební. (Atrea)

Na obrázku „a“ je naznačené vetranie miestnosti s rekuperáciou tepla v priebehu pobytu osôb. Znehodnotený vzduch z miestnosti (i_1) vstupuje do vetracej jednotky a prechádza cez filter, tlmíč hluku, rekuperačný výmenník a ventilátorom je odvedený mimo budovu (i_2). Čerstvý vzduch z exteriéru (e_1) je privedený cez filter a ventilátorom je dopravovaný do výmenníka tepla (do rekuperátora). Ďalej vzduch pokračuje cez tlmíč hluku do učebne (e_2).

Na obrázku „b“ je naznačené nočné chladienie miestnosti vetraním. Výmenník na spätné získavanie tepla je mimo prevádzky. Znehodnotený vzduch (i_1) vstupuje do vetracej jednotky a prechádza cez filter a ventilátorom je odvedený mimo budovu (i_2). Čerstvý nočný chladný vzduch z exteriéru (e_1) je privedený cez filter a ventilátorom je dopravovaný cez tlmíč hluku do učebne (e_2). Chladnejší nočný vzduch odoberá teplo zo stavebnej konštrukcie

Zdroj: https://www.atrea.sk/sk/d1_inter , <https://www.youtube.com/watch?v=XPylhX7QLw>

V podmienkach Slovenska sa javí veľmi efektívne používanie chladienia budovy pomocou vody zo studne, jazera alebo vodného toku. Voda zo studne je dopravovaná čerpadlom do budovy a ochladzuje priestor buď priamo alebo nepriamo prostredníctvom výmenníka tepla. Najčastejšie sa využíva systém nepriameho chladienia, kde prvý okruh - studňová voda je dopravovaná čerpadlom zo studne do výmenníka tepla a následne do vsakovacej studne. Druhý chladiaci okruh tvorí upravená chladiaca voda, ktorá odoberá teplo z priestorov budovy a odovzdáva ho studňovej vode vo výmenníku tepla. Na odoberanie tepla z miestností môžu byť použité napríklad kapilárne rohože inštalované na strope, stene alebo iné chladiace telesá.



Zdroj: Kapalo Peter

Na dosiahnutie tepelného komfortu pri použití nestrojného (pasívneho) chladenia sú obvodové plášte budov navrhnuté tak, aby minimalizovali denný tepelný zisk, maximalizovali nočné tepelné straty a podporovali prístup studeného vánku, ak je k dispozícii. Pôdorys a tvar budovy má byť navrhnutý tak, aby zohľadňoval miestnu klímu a lokalitu. Je potrebné navrhnuť optimálnu akumuláciu hmotu potrebnú na akumulovanie tepla / chladu. Veľmi dôležité je správne navrhnutie veľkosti, tvar a polohy okien, aby bolo možné vytvoriť optimálny pohyb vzduchu v budove. Taktiež je potrebné navrhnuť vhodné tieniace konštrukcie. Odporúča sa využívať strešné priestory a vonkajšie pobytové priestory ako nárazníkové zóny na obmedzenie tepelného zisku v budove.

Použitie pasívneho chladiaceho systému úzko súvisí s architektonickým navrhovaním budovy. Integrovanie pasívnych chladiacich prvkov a zariadení do konštrukcie budovy si vyžaduje analýzu vplyvu zariadení za účelom zlepšenia chladiaceho výkonu a maximalizáciu účinnosti chladiaceho zariadenia ako celku.

Termín "HVAC" je medzinárodné označenie systémov "Heating, ventilation and air conditioning", čo znamená, že v tejto časti učebnice sa budeme venovať systémom pre vykurovanie, vetranie a klimatizáciu, zamerané na budovy s administratívnym užívaním, teda administratívne budovy. Prevažná časť administratívnych budov bola postavená v minulom storočí v období socializmu, so začiatkom v 60-tich rokoch až po rok 1989 teda za bývalého režimu tzv. „režim jednej strany,“. Boli to veľkolepé niekedy monumentálne budovy administratívneho typu, ktoré slúžili hlavne na prevádzku štátnej správy, keďže súkromný sektor v tomto režime neumožňoval súkromné vlastníctvo, teda ani individuálnu a súkromnú výstavbu verejných budov. Viac menej forma a štruktúra týchto budov bola unifikovaná. Koniec režimu jednej strany umožnil vznik súkromného sektoru, rozmach stavebníctva, rozviazal ruky architektúre a umožnil vstup nových moderných progresívnych technológií HVAC systémov. Trvalo však 10 až 15 rokov, kým došlo k výraznejšiemu rozmachu vo výstavbe administratívnych budov, keď došlo ku vstupu zahraničného kapitálu do slovenskej ekonomiky. Najviac k tomu prispel vstup SR do Európskej únie. Začali sa stavať moderné, energeticky efektívne a zdravé budovy. Nové poznatky v oblasti kvality vzduchu, potreby vetrania a vplyv vetrania na produktivitu práce zamestnancov v AB budovách a takisto komfort užívania budovy vo väzbe na kvalitu vzduchu vytváral požiadavky na aplikáciu či už prirodzeného vetrania alebo riadeného mechanického vetrania v toto type budov. Bola

prijatá nová legislatíva v oblasti vetrania aj pre tento typ budov, ktorá dovtedy na území SR absentovala, alebo nebola dostatočná pri riešení požiadaviek na vetranie. Taktiež bola implementovaná legislatíva z EÚ, ktorá vyplývala z potreby zjednocovania zákonov, noriem, nariadení vrámci štátov EU aj vo väzbe na kvalitu vzduchu, kvantitu vzduchu, energetickú efektívnosť samotného vetrania, účinnosť vetrania ale aj samotného hardwaru vetracieho systému (tzv. Ekodesign).

V administratívnych budovách a takisto ako vo väčšine ostatných budov sa v minulosti využívalo najmä ústredné vykurovanie diaľkové a lokálne vykurovanie s médiom plyn. Zhruba po roku 2004 a hlavne v súčasnosti sú stavané administratívne budovy vo veľkej miere vybavené obnoviteľnými zdrojmi energie (OZE) a modernými systémami HVAC. Tento trend súvisí s legislatívou ale aj zmenou myslenia ľudí na našej planéte. Otvorením Slovenska do sveta sa inovovali technické možnosti z hľadiska všetkých profesií technických zariadení budov. Oblíbené sú otvorené administratívne priestory s vysokou mierou socializácie, kombinácie administratívnych priestorov s obchodnými priestormi, reštauráciami a priestormi pre psycho-hygienu a zábavu. Trendom sú presklené fasády, ktoré zabezpečujú vysoký vizuálny komfort a nadštandard pre užívateľov týchto ofisov. Neoddeliteľnou súčasťou a priam nutnosťou sú parkovacie priestory pod budovou alebo v areály administratívnej budovy, ktoré umožňujú bezproblémový prístup do budovy alebo prístup do budovy suchou nohou nielen pre užívateľov ale aj pre klientov.

Množstvo existujúcich administratívnych budov prešla rekonštrukciou, od zateplenia, výmeny rozvodov zdravotníckej a HVAC systémov a pri absencii niektorých HVAC systémov ako je klimatizácia alebo mechanické vetranie aj k implementácii týchto moderných HVAC systémov aj do starších budov, ak to konštrukcia budovy umožňovala. Preto v ďalšom sa budeme zaoberať hlavne novými systémami vykurovania, vetrania a klimatizácie, ktoré sú vhodné pre moderné novostavby 21. storočia. Všetky nové systémy sú aplikovateľné na základe poznania administratívnej budovy, jej tepelnotechnických vlastností, možnosti napojenia na verejnú sieť, od osadenia v teréne, od okolitej zástavby, od možnosti využívania obnoviteľných zdrojov (slnko, voda, zem, biomasa a pod). Navrhované systémy sa rovnako líšia v závislosti od požiadaviek investorov, užívateľov, zamestnancov a to od bežných kancelárskych priestorov až po nadštandardné reprezentačné kancelárske priestory. Navrhované HVAC technológie sú potom samozrejme kvalitatívne odlišné.

Rastúce požiadavky ľudskej populácie na materiálovú spotrebu, energetickú spotrebu, kvalitu prostredia, kvalitu vzduchu sa odzrkadľujú v kvalite života človeka. Nárast populácie a zvyšovanie spotreby spôsobuje aj nárast spotreby energií a zvyšovanie produkcie skleníkových plynov. Jedným z najvýznamnejších skleníkových plynov je oxid uhličitý (CO₂). Z toho teda vyplýva, že zvyšovanie emisií CO₂ súvisí hlavne s človekom a jeho aktivitami. Na druhej strane netreba zabúdať, že príroda a celkovo táto planéta sa nie je schopná vyrovnáť so všetkým sama. Krehký vzťah planéty a človeka bol už dávno narušený a to samotným človekom. Človek vložil do našej planéty viac „negatívnej energie“, ako je táto planéta schopná prijať. Vzťah planéty a človeka dospel do štádia, kedy človek a ľudstvo musia hľadať spôsoby ako planéte pomôcť.

Pomoc v tomto vzťahu musí smerovať k rovnováhe a trvalej udržateľnosti a je nevyhnutným krokom, ktorú človek musí zabezpečiť, aby planéta a ľudstvo malo budúcnosť. Jedným z krokov je znižovanie spotreby v každej oblasti (priemysel, poľnohospodárstvo) a zvyšovanie energetickej efektívnosti technológií v každej oblasti. Jednou z týchto oblastí je aj stavebníctvo a samotná stavba a neoddeliteľnou súčasťou stavby je aj energetická podpora, bez ktorej stavba nevie slúžiť človeku a jeho aktivitám. Energetická podpora predstavuje neobnoviteľné a obnoviteľné zdroje energie.

2.3 Rekuperačné vetranie administratívnych budov

Rekuperačné vetranie (RV) administratívnych priestorov, ktorými sa venuje táto kapitola má vplyv na energetickú spotrebu stavby, kvalitu vnútorného vzduchu a určitým podielom prispieva ku rovnováhe vo vzťahu planéta – človek. Srdcom rekuperačného vetracieho systému (RVS) je vzduchotechnická rekuperačná jednotka. Ďalšie komponenty RVS plnia funkciu nasávania, prenosu a distribúcie vzduchu.

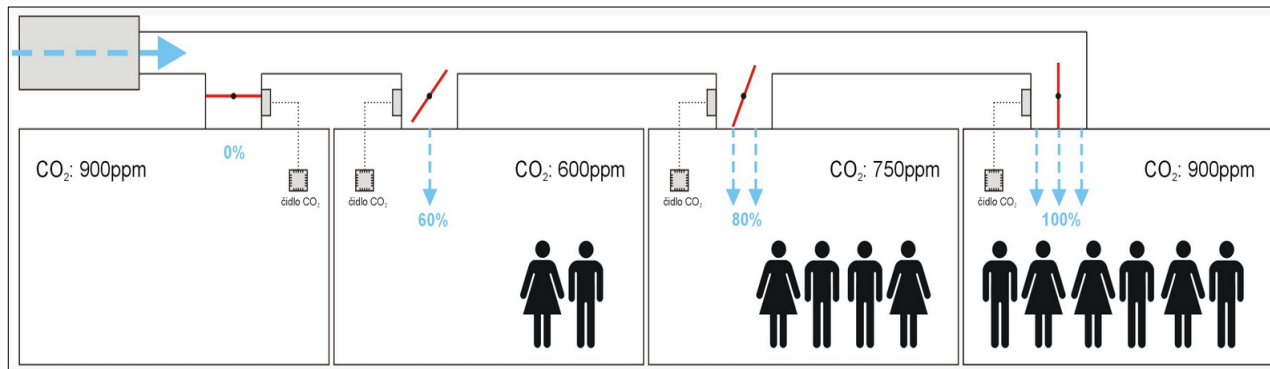
Pre dosiahnutie optimálnych podmienok vetrania v administratívnych budovách sa okrem tradičných centrálnych systémov sa začínajú používať inteligentné systémy riadenia vetrania a prerozdeľovania čerstvého vzduchu. Sú to buď centrálné systémy vetrania s pomocnými regulačnými komponentmi pre prerozdeľovanie čerstvého vzduchu alebo priamo decentrálne jednotky vetrania, ktoré vetrajú konkrétnu zónu a sú umiestnené decentrálne blízko vetranej alebo priamo vo vetranej zóne. Základné rozdelenie týchto inteligentných systémov vetrania je:

- Systém vetrania DCV - systém spojitého riadenia ventilácie pomocou decentrálnych snímačov (najvyšší štandard riadenia vetrania),
- Systém vetrania VAV - vetranie s premenlivým množstvom vzduchu (stredný štandard riadenia vetrania),
- Systém vetrania CAV - vetranie konštantným množstvom vzduchu (bežný štandard riadenia vetrania).

2.3.1 Systém vetrania DCV

Inteligentný systém vetrania DCV – (z anglického prekladu Demand Controlled Ventilation / Vetranie riadené potrebou) - je systém spojitého riadenia ventilácie pomocou decentrálnych snímačov kvality vzduchu, individuálne pre jednotlivé zóny vetrania. Výkon vetracieho systému je riadený okamžitou potrebou, teda okamžitý vetrací výkon vetracieho systému je závislý na aktuálnej kvalite vzduchu. Najčastejšie je vzduchový výkon kontrolovaný pomocou snímačov CO₂ (oxidu uhličitého) ale nemusí to tak byť stále. V závislosti o typu priestorov a vznikajúcej škodliviny, môže byť meraná veličina aj vlhkosť alebo iné chemické látky v skratke VOC (prchavé organické látky – zápachy, odery), ktoré vytvárajú užívatelia vplyvom svojej činnosti. Princíp spočíva v použití regulačných prvkov - napr. obyčajné regulačné klapky alebo inteligentné SMART regulačné uzly s vlastným riadiacim systémom. Pre priestory s DCV systémom sú klapky na prívodnom potrubí, ktoré sú spojito nastaviteľné. Každá klapka spolupracuje s priradeným čidlom kvality vzduchu (1 zóna = 1 čidlo), ktoré podľa preddefinovaných maximálnych hodnôt kvality vzduchu pre danú zónu, riadi svojím signálom potrebné množstvo prívodného vzduchu privádzaného do priestoru. Výhodou je konštantnejšia kvalita vnútorného vzduchu, nižšie množstva vetracieho vzduchu a s tým spojené nižšie prevádzkové náklady na energie. Využíva pokročilú reguláciu dopytu - upravuje prietok vzduchu a teplotu v závislosti od dopytu a stavu obsadenosti miestností tak, aby vyhovovala rôznym použitiam. Ponúka rozšírené možnosti kombinácie VZT jednotiek a VRV jednotiek a Fancoil jednotiek pre komplexný systém vnútornej klímy. Je nevyhnutným prvkom pre dosiahnutie príkladnej klasifikácie v rámci rôznych certifikačných programov, ako sú BREEAM, WELL a LEED. Ponúka viac možností pre dosiahnutie vyššej energetickej účinnosti, čo je významná výhoda v budovách s vysokým výdajom energie na vetranie a klimatizáciu. Nevýhodou sú vyššie investičné náklady na regulačné klapky, servopohon, zónový snímač kvality vzduchu, dátové káblovanie a popriprade aj hardware a software pokiaľ sa jedna o pripojenie na nadradenú reguláciu. Pri použití týchto regulačných uzlov aj na odvode vzduchu vieme okrem kvality vzduchu veľmi efektívne docieľať aj dynamické udržiavanie tlaku v priestore (pretlak, podtlak, rovnotlak), ak to priestor vyžaduje.

Obr. 2.25 Funkčná schéma inteligentného systému vetrania - vetrací systém DCV

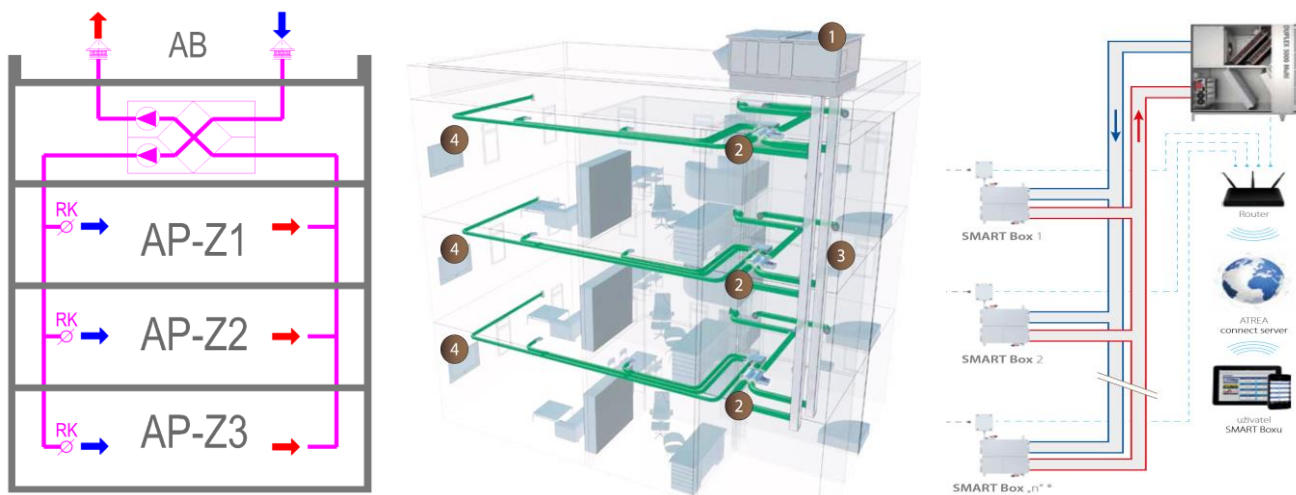


Poznámky: Na obrázku je schematický znázornený vetrací DCV vetrací systém s 4 samostatnými zónami. Každá zóna má inú požiadavku na kvalitu vzduchu, ktorá vyplýva odlišného užívateľského režimu a odlišného počtu užívateľov v zóne. Jednoduchá regulačná klapka na vstupe privádzaného vzduchu do zóny je ovládaná snímačom (čidlom) kvality vzduchu. Systém umožňuje zastaviť prívod vzduchu do zóny, otvoriť prívod vzduchu alebo ľubovoľnú medzipolohu podľa požiadaviek.

Zdroj: www.cidla.sk (protronix)

- DCV - centrálna jednotka pre AB (1 a viac centrálnych VZT jednotiek = 1 administratívna budova) - rekuperačná jednotka je umiestnená centrálnie (napr. v centrálnej technickej miestnosti administratívnej budovy ideálne na poslednom poschodí alebo na streche) a slúži pre vetranie celej administratívnej budovy. V závislosti od vetranej plochy administratívnej budovy a počtu podlaží sem spadajú centrálné rekuperačné jednotky zhruba od vzduchového výkonu 1000 m³/h. Horná hranica je prakticky neobmedzená. V tomto prípade, ak sa použije jedna alebo viacero centrálnych VZT jednotiek, je potrebné zvoliť pre samostatné riadené zóny vetrania regulačné klapky alebo Smart boxy s integrovanými regulačnými klapkami a integrovanou reguláciou.

Obr. 2.26 Aplikácia inteligentného systému vetrania DCV po jednotlivých podlažiach v administratívnej budove (AB) – centrálna jednotka



Poznámky: Schéma centrálneho vetrania AB. Schéma vľavo – jednoduché riešenie pomocou regulačných klapiek so servopohonom a snímačmi napr. pre kvalitu vzduchu. Schéma v strede – zložitejšie a drahšie riešenie pomocou Smart boxov s integrovanou reguláciou a snímačmi napr. pre kvalitu vzduchu. Schéma vpravo – synergia Smart boxov s integrovanou reguláciou a centrálnou VZT jednotkou. Legenda: AP-Z1 – administratívny priestor – zóna 1

Zdroj: Atrea & R. Nagy

Pre reguláciu prietoku vzduchu a celkovo pre inteligentný prenos privádzaného a odvádzaného množstva vzduchu z/do kontrolovanej zóny slúži regulačná jednotka Smart Box. Udržiava rovnotlak medzi prívodom a odvodom, prípadne vopred zadefinovaný rozdiel tlakov. Voliteľne je možné Smart Box dovybaviť ohrievačom, a tak lokálne upravovať aj teplotu vzduchu do bytovej jednotky. Je vybavený regulačnými klapkami so servopohonom a inteligentným systémom riadenia.

Obr. 2.27 Aplikácia inteligentného systému vetrania DCV po jednotlivých podlažiach alebo zónach rámci jedného podlažia v administratívnej budove (AB) – centrálné jednotky

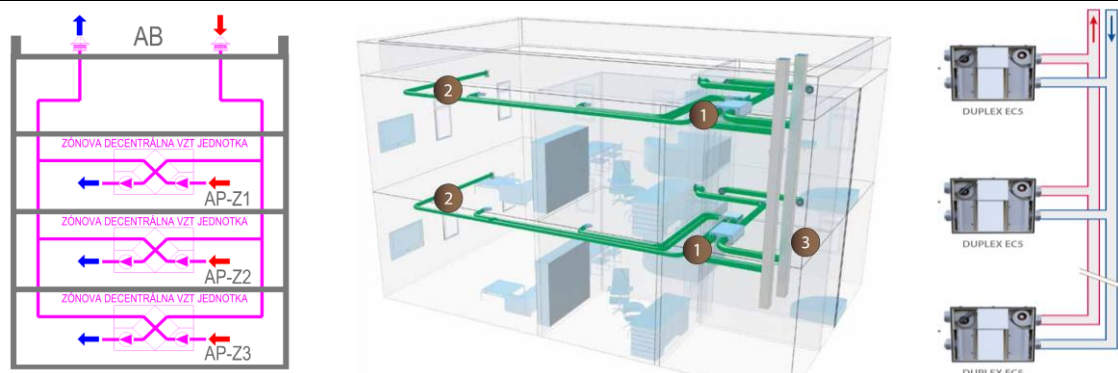


Poznámky: Regulator prietoku vzduchu Atrea Smart Box, s kapotážou, bez kapotáže, principiálna schéma riadenia boxov (zľava doprava).

Zdroj: Atrea

- DCV - decentrálne jednotky pre AB (1 zóna = 1 decentrálna jednotka, rámci AB môže byť aj niekoľko desiatok samostatných zón)** – decentrálne rekuperačné jednotky sú umiestnené v rámci AB tak aby zabezpečovali požadované množstvo vzduchu pre 1 zónu. Zväčša je decentrálna VZT jednotka umiestnená priamo v zóne ktorú rieši alebo napr., na chodbe pod stropom pred vstupom do riešenej zóny. Okrem množstva vzduchu riadeného aktuálnou požiadavkou v zóne, môže VZT jednotka upravovať aj teplotu vzduchu, poprípade vlhkosť (nadštandard). V závislosti od veľkosti zóny (plochy) administratívnej budovy sem spadajú decentrálne rekuperačné jednotky zhruba od vzduchového výkonu 200m³/h. Horná hranica je prakticky neobmedzená v závislosti od veľkosti zóny. V tomto prípade, ak sa použije decentrálna VZT jednotka, nie je potrebné riešiť regulačné klapky alebo Smart boxy s integrovanými regulačnými klapkami. Funkciu regulačnej klapky a Smart boxu preberá decentrálna VZT jednotka.

Obr. 2.28 Aplikácia inteligentného systému vetrania DCV po jednotlivých podlažiach / zónach v admin. budove (AB) – decentrálne jednotky

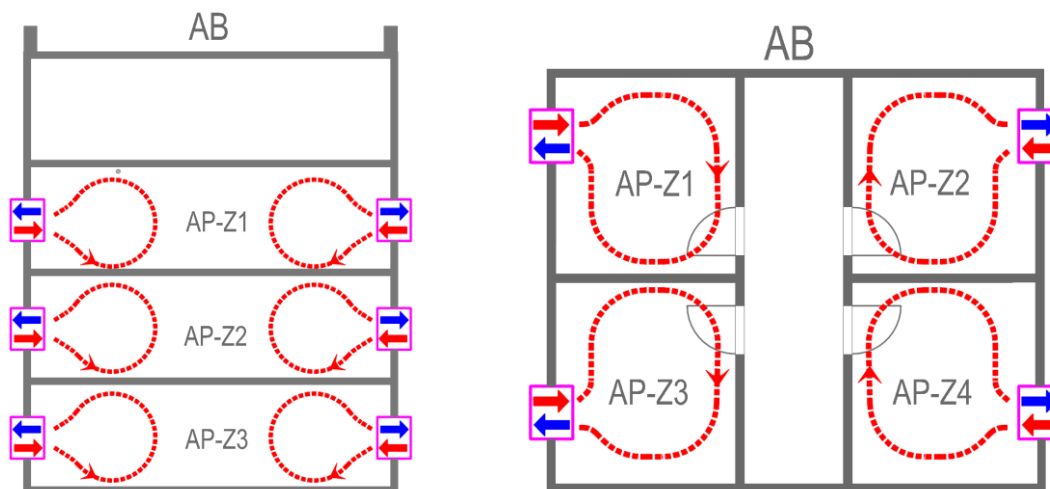


Poznámky: Schéma decentralného vetrania AB. Schéma vľavo – jednoduché riešenie pomocou decentralných jednotiek a snímačmi napr. pre kvalitu vzduchu. Schéma v strede – 3D model decentralných jednotiek. Vpravo - vizualizácia konkrétnych decentralných jednotiek (Atrea). Legenda: AP-Z1 – administratívny priestor – zóna 1

Zdroj: Atrea & R. Nagy

- **DCV – lokálne jednotky pre AB (1 miestnosť = 1 zóna = 1 a viac lokálnych jednotiek)** – lokálne rekuperačné jednotky (solitér) sú umiestnené v rámci AB tak aby zabezpečovali požadované množstvo vzduchu napr. pre 1 zónu / miestnosť. Zväčša je lokálna VZT jednotka umiestnená priamo v zóne / miestnosti ktorú rieši v obvodovej stene riešenej zóny. Jednotka zväčša rieši iba množstva vzduchu riadeného aktuálnou požiadavkou v zóne vo väzbe na kvalitu vzduchu. Na iné úpravy vzduchu nie je vybavená hardwarom. V závislosti od veľkosti zóny (plochy) administratívnej budovy sem spadajú lokálne rekuperačné jednotky zhruba od vzduchového výkonu 15m³/h. Horná hranica je závisí od výrobcu, spravidla okolo 50m³/h. V tomto prípade, ak sa použije lokálna VZT jednotka, nie je potrebné riešiť regulačné klapky alebo Smart boxy s integrovanými regulačnými klapkami. Funkciu regulačnej klapky a Smart boxu preberá decentrálna VZT jednotka.

Obr. 2.29 Aplikácia inteligentného systému vetrania DCV po miestnostiach / zónach v administratívnej budove (AB) – lokálne jednotky



Poznámky: Schéma lokálneho vetrania AB. Schéma vľavo – jednoduché riešenie vrámci podlažia pomocou lokálnych jednotiek a snímačmi napr. pre kvalitu vzduchu (štandardne snímač CO₂). Schéma vpravo – jednoduché riešenie vrámci miestnosti pomocou lokálnych jednotiek a snímačmi napr. pre kvalitu vzduchu (štandardne snímač CO₂).

Legenda: AP-Z1 – administratívny priestor – zóna 1

Zdroj: R. Nagy

2.3.2 Systém vetrania VAV

Systém vetrania VAV (z anglického prekladu Variable Air Volume / Vetranie s premenlivým prietokom vzduchu) – je systém vetrania, ktorý umožňuje meniť množstvo vzduchu privádzaného do priestoru / zóny, ale nie kontinuálnym spojitým spôsobom, ale spôsobom otvor / zatvor.

Mechanické vetranie je zabezpečené bežnou rekuperačnou jednotkou. VZT jednotka pracuje v režime udržiavania konštantného tlaku v prívodnom potrubí do jednotlivých kancelárií / zón. Každá kancelária / zóna je vybavená 1 snímačom kvality vzduchu napr. snímačom oxidu uhličitého (CO₂) a motorickou regulačnou klapkou na prívodnom potrubí so servopohonom, ktorá je riadená čidlom CO₂. Ak sú všetky kancelárie / zóny prázdne a je v nich nevydýchaný vzduch, vtedy rekuperačná jednotka pracuje na minimálny výkon, pretože všetky regulačné klapky sú zatvorené a požadovaný tlak v potrubí je veľmi ľahko dosiahnutý. Pri obsadenosti kancelárie / zóny užívateľmi, postupne koncentrácia CO₂ narastá a pri prekročení prednastavenej úrovne koncentrácie (napr. 900ppm) snímač koncentrácie CO₂ zaznamená dosiahnutie alebo prekročenie prednastavenej koncentrácie a túto informáciu posunie na servomotor klapky vo forme zmeny napätia (napr. 0-10V) a regulačná klapka sa otvorí. Následne poklesne tlak v prívodnom potrubí a rekuperačná jednotka automaticky zvýši svoj výkon a snaží sa udržať prednastavený tlak v prívodnom potrubí.

Do zóny sa začína privádzať čerstvý vzduch a zóna sa začne vetrať, pretože snímač zaznamenal že vzduch je už vydýchaný. Následne dôjde ku poklesu koncentrácie CO₂ pod spodnú hranicu (napr. nastavených 750ppm) a privodná regulačná klapka sa opätovne zatvorí a zóna sa prestáva vetrať. Požiadavka na celkové potrebné množstvo čerstvého vzduchu, je odovzdávaná rekuperačnej jednotke cez aktuálny tlak v privodnom potrubí.

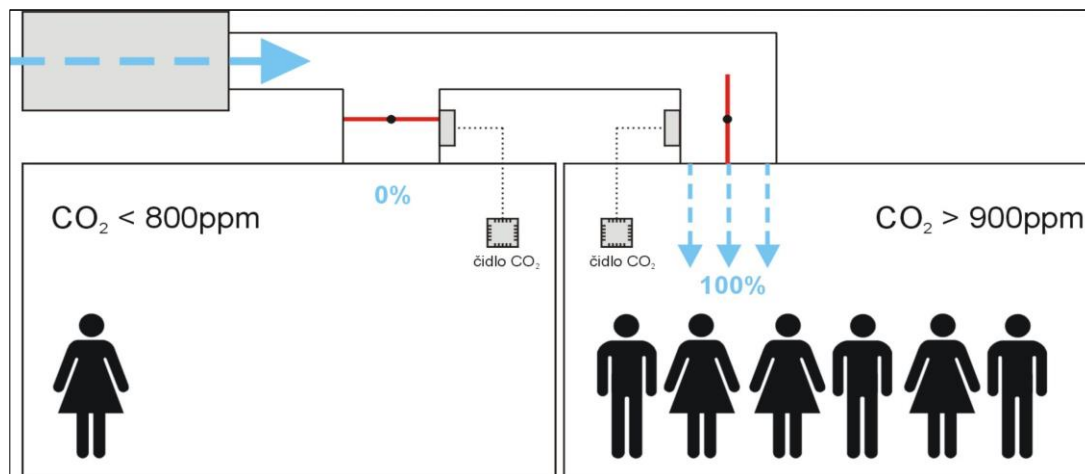
V tomto prípade oproti systému DCV, systém VAV je vybavený regulačnými klapkami so servopohonom zapni / vypni, ktorý zabezpečuje ovládanie regulačných klapiek systémom otvor / zatvor a teda neumožňuje spojité kontinuálne riadenie polohy regulačných uzatváracích klapiek. Systém VAV predstavuje nižší štandard ako systém DCV a preto aj investičné náklady sú nižšie oproti DCV, ale dosiahnuté prevádzkové úspory sú taktiež nižšie ako u systéme DCV.

Výhodou je konštantnejšia kvalita vnútorného vzduchu, nižšie množstva vetracieho vzduchu a s tým spojené nižšie prevádzkové náklady na energie. Počiatkové náklady na tento typ systému sú zvyčajne pri malom projekte nižšie v porovnaní s DCV. Zvyčajne spĺňa požiadavky na požiadavky pre menej zložitých projekty, ako sú predškolské zariadenia a malé školy. Typicky ponúka zmysluplné úspory energie v porovnaní s CAV.

Nevýhodou sú vyššie investičné náklady na regulačné klapky, servopohon, zónový snímač kvality vzduchu, dátové káblovanie a poprípade aj hardware a software pokiaľ sa jedna o pripojenie na nadradenú reguláciu.

Pri použití týchto regulačných uzlov iba na privode (na odvode nie) nevieme docieľiť aj dynamické udržiavanie tlaku v priestore (pretlak, podtlak, rovnotlak) tak ako to umožňuje DCV.

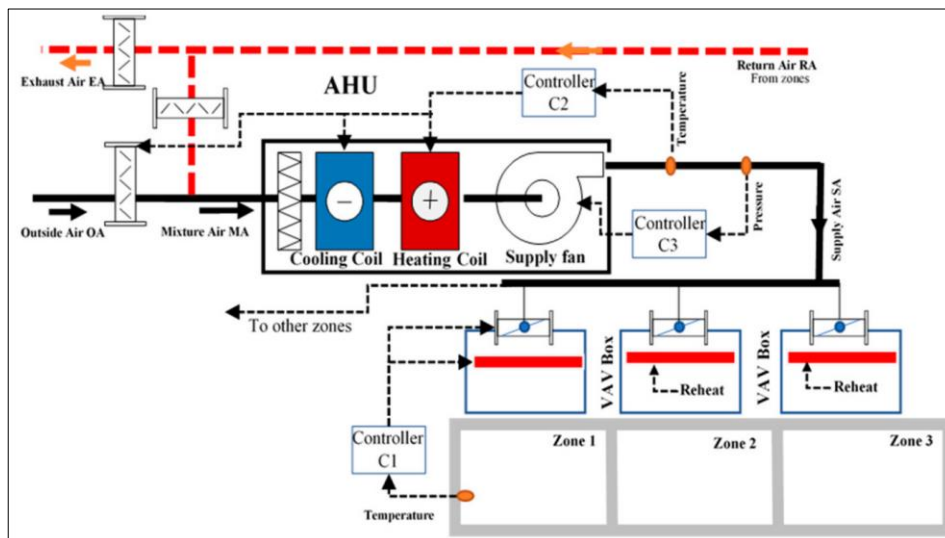
Obr. 2.30 Zjednodušená funkčná schéma systému vetrania - vetrací systém VAV



Poznámky: Na obrázku je schematicky znázornený vetrací VAV vetrací systém s 2 samostatnými zónami. Každá zóna má inú požiadavku na kvalitu vzduchu, ktorá vyplýva odlišného užívateľského režimu a odlišného počtu užívateľov v zóne. Jednoduchá regulačná klapka na vstupe privádzaného vzduchu do zóny je ovládaná snímačom (čidlom) kvality vzduchu. Systém umožňuje zastaviť privod vzduchu do zóny, otvoriť privod vzduchu ale neumožňuje ľubovoľnú medzipolohu ako pri systéme DCV. Zóna vľavo – klapka zatvorená. Zóna vpravo klapka otvorená.

Zdroj: zdroj cidla.sk (protronix)

Obr. 2.31 Procesná schéma systému vetrania - vetrací systém VAV



Zdroj: MDPI, Improving Building Energy Performance Using Dual VAV Configuration Integrated with Dedicated Outdoor Air System Nabil Nassif, Ifat Ridwana, Buildings 2021, 11(10), 466; <https://doi.org/10.3390/buildings11100466>

Obr. 2.32 Príklad použitých regulačných komponentov použitých pre VAV systém - vetrací systém VAV komponenty



Poznámky: Možnosti aplikácie regulačných klapiek so servopohonom. Ľavý obrázok – servopohon s klapkou ako jeden set integrovaný priamo vo vnútri potrubia. Stredný obrázok – servopohon, integrovaný snímač tlaku a klapka (oddelené a osadené zvonku) – zabezpečuje maximálnu flexibilitu osadenia na potrubie. Pravý obrázok – servopohon, klapka a snímač (integrované a osadené zvonku)

Zdroj: Belimo

2.3.3 Systém vetrania CAV

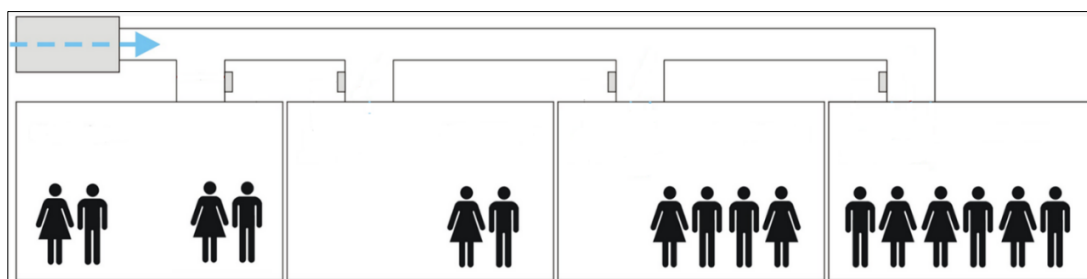
Systém vetrania CAV (z anglického prekladu Constant Air Volume / Vetranie s konštantným prietokom vzduchu) – je systém vetrania, ktorý neumožňuje meniť množstvo vzduchu privádzaného do priestoru / zóny. Množstvo vzduchu je konštantné. Je to základná, štandardná úroveň prívodu vzduchu do miestnosti / zóny. Samozrejme úprava fyzikálnych parametrov vzduchu ako je jeho teplota je možná. Typicky ponúka zmysluplné úspory energie v porovnaní s VAV.

Mechanické vetranie je zabezpečené bežnou rekuperačnou jednotkou. Pre tento systém vetrania sú typické vyššie množstvá vetracieho vzduchu a vyššie náklady na energie pre vykurovanie a chladenia. Tento systém sa stále navrhuje, ale vzhľadom na energetickú náročnosť a tlak na znižovanie spotreby energií tento systém pomaly ustupuje efektívnejším systémom a systémom, ktoré vedú dynamicky reagovať na požiadavky jednotlivých zón. Väčšia pozornosť sa v súčasnosti teda obracia na systémy s premenlivým množstvom vetracieho vzduchu ako sú systémy VAV a DCV.

Výhodou je iba najnižšie investičné náklady oproti VAV a DCV.

Nevýhodou sú najnižšie investičné náklady – absentujú regulačné klapky so servopohonom, zónové snímače kvality vzduchu. Zvyčajne spĺňa iba základné požiadavky pre menej zložité projekty. Typicky ponúka iba základné regulačné nastavenia.

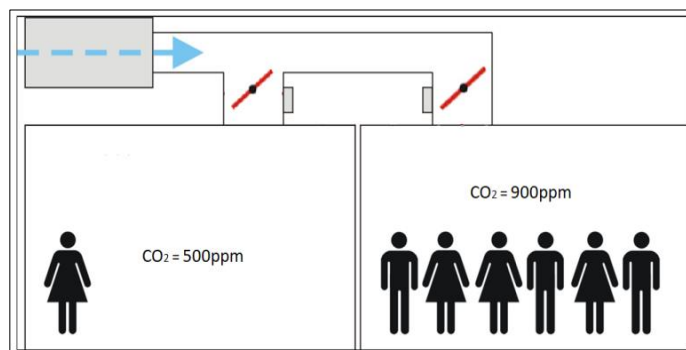
Obr. 2.33 Zjednodušená funkčná schéma systému vetrania - vetrací systém CAV



Poznámky: Na obrázku je schematický znázornený vetrací CAV. V tomto prípade v systéme absentujú regulačné uzly a systém nie je pod žiadnou kontrolou vo väzbe na reguláciu kvality vzduchu alebo aj ostatných fyzikálnych parametrov. Systém neumožňuje žiadne nastavenie parametrov vzduchu do privádzanej zóny.

Zdroj: www.cidla.sk (protronix) & R. Nagy

Obr. 2.34 Zjednodušená funkčná schéma systému vetrania - vetrací systém CAV



Poznámky: Na obrázku je schematický znázornený vetrací CAV. V tomto prípade sú v systéme umiestnené manuálne regulačné uzly (klapky) a systém je iba pod statickou kontrolou. Statická / pevná kontrola umožňuje iba prvotné nastavenie systému a neumožňuje dynamicky reflektovať na zmeny fyzikálnych parametrov ani na zmeny počtu užívateľov, teda na kvalitu vzduchu.

Zdroj: www.cidla.sk (protronix) & R. Nagy

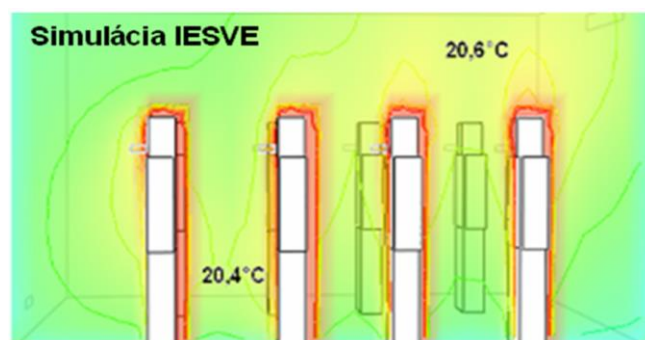
2.4 Vetracie systémy pre AB

Druh budovy, geometrické usporiadanie, dispozícia, prevádzkový režim, situovanie užívateľov, toto všetko vplýva na správnu voľbu vetracieho systému a správny výber koncového distribučného elementu. Taktiež úpravy vzduchu, ktoré sú požadované – chladenie, vykurovanie resp. zvlhčovanie, odvlhčovanie, predurčujú správny výber vetracieho systému a správny výber koncového distribučného elementu.

Rozdelenie vetracích systémov (podľa spôsobu riedenia resp. znižovania koncentrácie škodliviny)

- **Zmiešavacie vetranie** - škodliviny je zmiešavaná na nižšie koncentrácie. Je potrebné väčšie množstvo vzduchu pre zníženie koncentrácie škodliviny. Vetracie je bez výraznej stratifikácie škodliviny vo vetranej zóne. V súčasnosti najpoužívanejší vetrací systém pre AB, ale vo väzbe na ostatné typy budov. V prípade zmiešavacieho vetrania je indukcia privádzaného vzduchu do okolitého vzduchu žiaduci jav. Preto je vhodné použiť koncové distribučné elementy ako sú bežné hranaté výustky, vírivé anemostaty alebo vírivé výustky alebo iné distribučné elementy, ktoré majú vyššiu rýchlosť na výstupe z distribučného elementu. Negatívnym prejavom môže byť prievan v oblasti užívateľskej zóny hlavne pri chladení vzduchom. Pri teplovzdušnom vykurovaní sa mierny prievan nepovažuje až za taký negatívny prejav zmiešavacieho vetrania.

Obr. 2.35 Zmiešavacie vetranie - simulácia



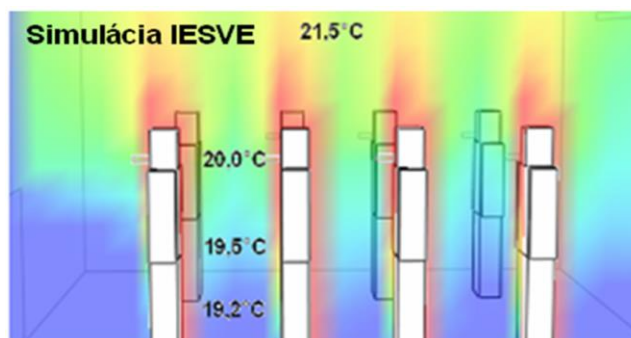
Poznámky: Na obrázku je znázornená simulácia zmiešavacieho vetracieho systému v miestnosti s užívateľmi. Nie je zjavná žiadna výrazná stratifikácia pri tomto type vetrania. Naplno sa prejavuje indukcia privádzaného vzduchu s okolitým vzduchom. Nato aby došlo ku indukcii a zmiešavaniu je potrebné väčšie množstvo vzduchu a dostatočná rýchlosť vzduchu na prívode, ale pod limitom obťažovania užívateľov nekomfortom.

Zdroj: R. Nagy & software IESVE 2010

- **Zaplavovacie / vytesňovacie vetranie** (z angličtiny Displacement Ventilation) - škodlivina je vytláčaná mimo zóny užívateľa. Je potrebné menšie množstvo vzduchu pre zníženie koncentrácie škodliviny v porovnaní so zmiešavacím vetraním. Vetracie je s výraznou stratifikáciou škodliviny vo vetranej zóne. Pre elimináciu indukcie je potrebná väčšia efektívna vetracia plocha na prívodnom koncovom elemente. Preto je potrebné použiť koncové distribučné elementy ako sú perforované veľkoplošné distribučné elementy (napr. veľkoplošné difúzory). Ich použitím sa zníži rýchlosť na koncovom elemente, nedochádza ku indukciu a vzduch postupne pomalou rýchlosťou zaplavuje vetraný priestor, vytláča škodlivinu mimo zónu užívateľov. Zníži sa tým prítok vzduchu do miestnosti, klesne rýchlosť. Vhodne pre všetky typy priestorov (školy, AB), hlavne ak sa systém používa aj pre chladenie priestoru. Pri tomto type vetrania užívatelia pociťujú prievan pri chladení priestoru iba v minimálnej miere alebo vôbec. Aj pri tomto type vetrania v kombinácii s teplovzdušným vykurovaním alebo iba temperovaním sa mierny prievan nepovažuje až za taký negatívny prejav zaplavovacieho vetrania. Keďže rovnakým množstvom vzduchu vieme doceliť intenzívnejšie zníženie koncentrácie chemickej škodliviny napr. CO₂, tak týmto vetracím systémom vieme dosiahnuť vyššiu kvalitu vzduchu resp. vyššiu efektívnosť vetrania.

Z tohto logický vyplýva, že vieme znížiť množstvo vzduchu do miestnosti pri dosiahnutí rovnakej kvality vzduchu ako pri zmiešavacom vetraní. Preto je zaplavovacie vetranie efektívnejšie ako zmiešavacie v pomere ku množstvu privádzaného vzduchu.

Obr. 2.36 Zaplavovacie vetranie - simulácia

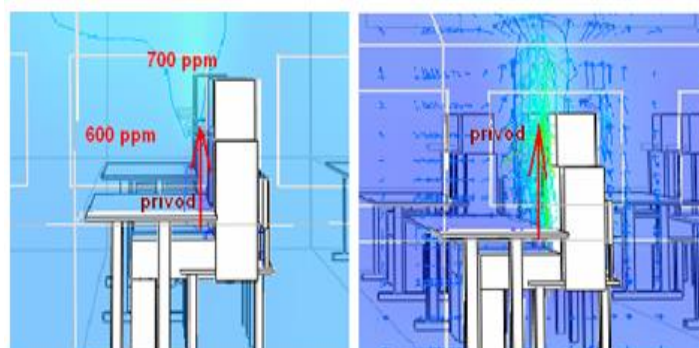


Poznámky: Na obrázku je znázornená simulácia zaplavovacieho vetracieho systému v miestnosti s užívateľmi. Výrazná stratifikácia pri tomto type vetrania je evidentná. Menej sa prejavuje indukcia privádzaného vzduchu s okolitým vzduchom.

Zdroj: R. Nagy & software IESVE 2010

- **Personálne/osobné vetranie** – princípom vetrania je privádzanie veľmi malého množstva vzduchu priamo do najbližšej zóny užívateľa, aby došlo k zmiešaniu alebo dokonca ku odkloneniu škodliviny od dýchacieho aparátu užívateľa. Pri minimálnych dávkach vzduchu, vieme docieľiť vysoký stupeň čistoty a kvality vzduchu. V tomto prípade je ale veľakrát nereálne alebo komplikované navrhnuť takýto typ vetrania, keďže veľakrát dispozícia alebo aj stavebná pripravenosť neumožňuje separálny prívod vzduchu priamo k užívateľovi. Samozrejme v tomto prípade je zóna mimo užívateľa vetraná iba minimálne a prejavuje sa vyššími koncentraciami škodliviny.

Obr. 2.37 Personálne / osobné vetranie



Poznámky: Na obrázku je znázornená simulácia osobného vetrania priamo v zóne užívateľa. Množstvo vzduchu sa obmedzuje iba na minimálne množstvo

Zdroj: R. Nagy & software IESVE 2010

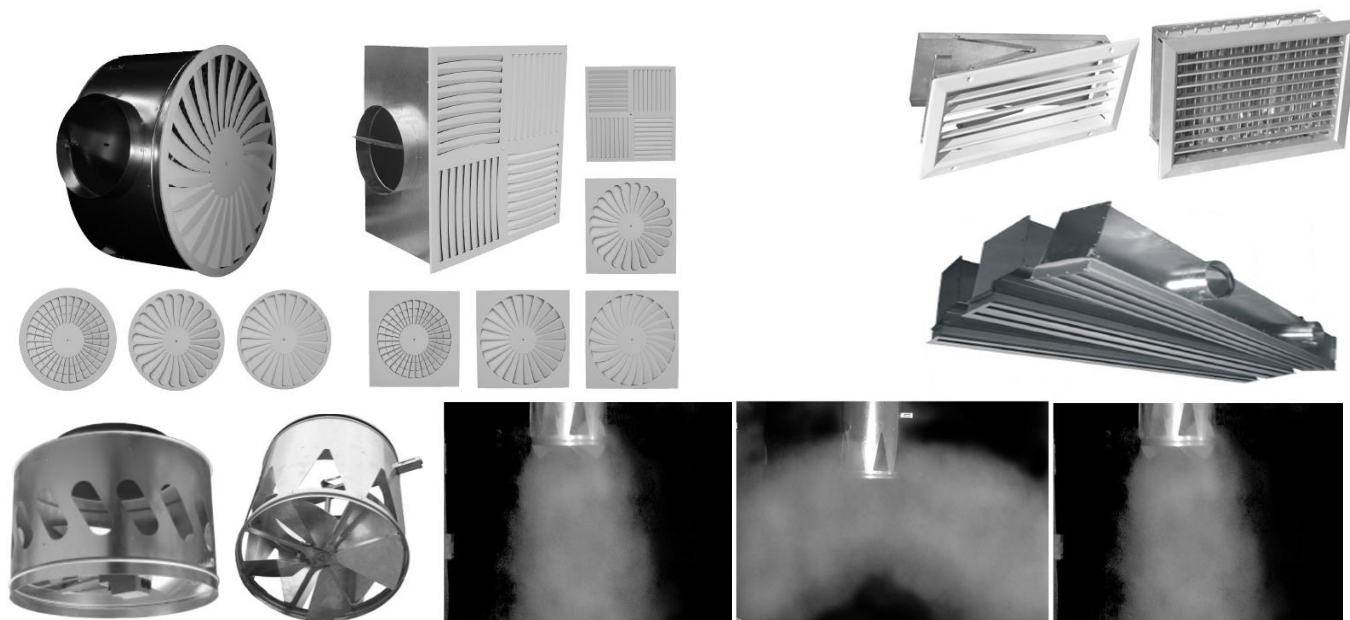
- **Kombinované vetranie** – vzniká kombináciou už skôr spomenutých vetracích systémov. Vytvárajú sa kombinovaním zvyčajne najviac 2 vetracích systémov. Návrh kombinovaných systémov by mal spočívať vo vyzdvihnutí výhod jednotlivých vetracích systémov (napr. zmiešavacieho a zaplavovacieho). Ani indukcia zmiešavacieho vetrania nie je negatívny jav. V komplikovaných priestoroch, kde je potrebné aj pomalé zaplavovanie aj rýchlejšie zmiešavanie je vhodné tieto 2 systémy kombinovať. Takisto môžeme kombinovať aj personálne vetranie a zaplavovacie vetranie, kde vieme dosiahnuť veľmi vysokú účinnosť vetrania pri minimálnych množstvách vzduchu. Ale vždy platí, že musí k tomu byť prispôsobený aj priestor.

2.5 Distribučné elementy

K vytvoreniu požadovaných obrazcov prúdenia zvoleného vetracieho systému, je potrebné použiť vhodný koncový distribučný element a taktiež správnu geometriu rozmiestnenia týchto elementov voči geometrii priestoru a voči polohe užívateľov v ich pracovnom priestore.

- **Vírivé / zmiešavacie distribučné elementy** – vytvárajú plochý indukčný prúd vzduchu škodliviny je zmiešavaná na nižšie koncentrácie. Je potrebné väčšie množstvo vzduchu pre zníženie koncentrácie škodliviny. Vetranie je bez výraznej stratifikácie škodliviny vo vetranej zóne, keďže dochádza ku výraznému víreniu vzduchu vo vetranej zóne.

Obr. 2.38 Zmiešavacie distribučné elementy

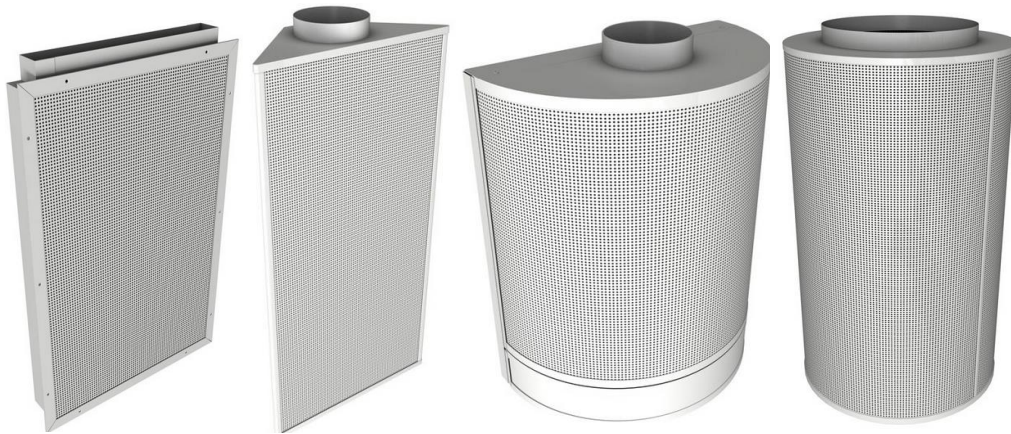


Poznámky: Na obrázku zľava 1.rad - vírivá výustka, štvorhranná výustka, štrbinová výustka. Zľava 2.rad – veľkoobjemová výustka spredu zospodu. Fotky experimentálne meranie – zľava simulácia režim vykurovanie vzduchom, v strede režim izotermické prúdenie, vpravo režim chladenie vzduchom

Zdroj: Systemair

- **Distribučné elementy zaplavovacieho vetrania** – vytvárajú pomalý veľkoplošný „prúd,, vzduchu veľmi nízkej rýchlosti, ktorý pomaly zaplavuje priestor. Veľmi vhodné pre chladenie priestoru vzduchom. Potrebné je menšie množstvo vzduchu pre zníženie koncentrácie škodliviny. Výber distribučného elementu sa volí podľa geometrie priestoru, rozloženi užívatel'ov a možnosti stavby.

Obr. 2.39 Zaplavovacie distribučné elementy



Poznámky: Na obrázku veľkoplošný perforovaný difúzor (zľava) – element so smerovou reflexiou 0°, element so smerovou reflexiou 90°, element so smerovou reflexiou 180°, element so smerovou reflexiou 360°

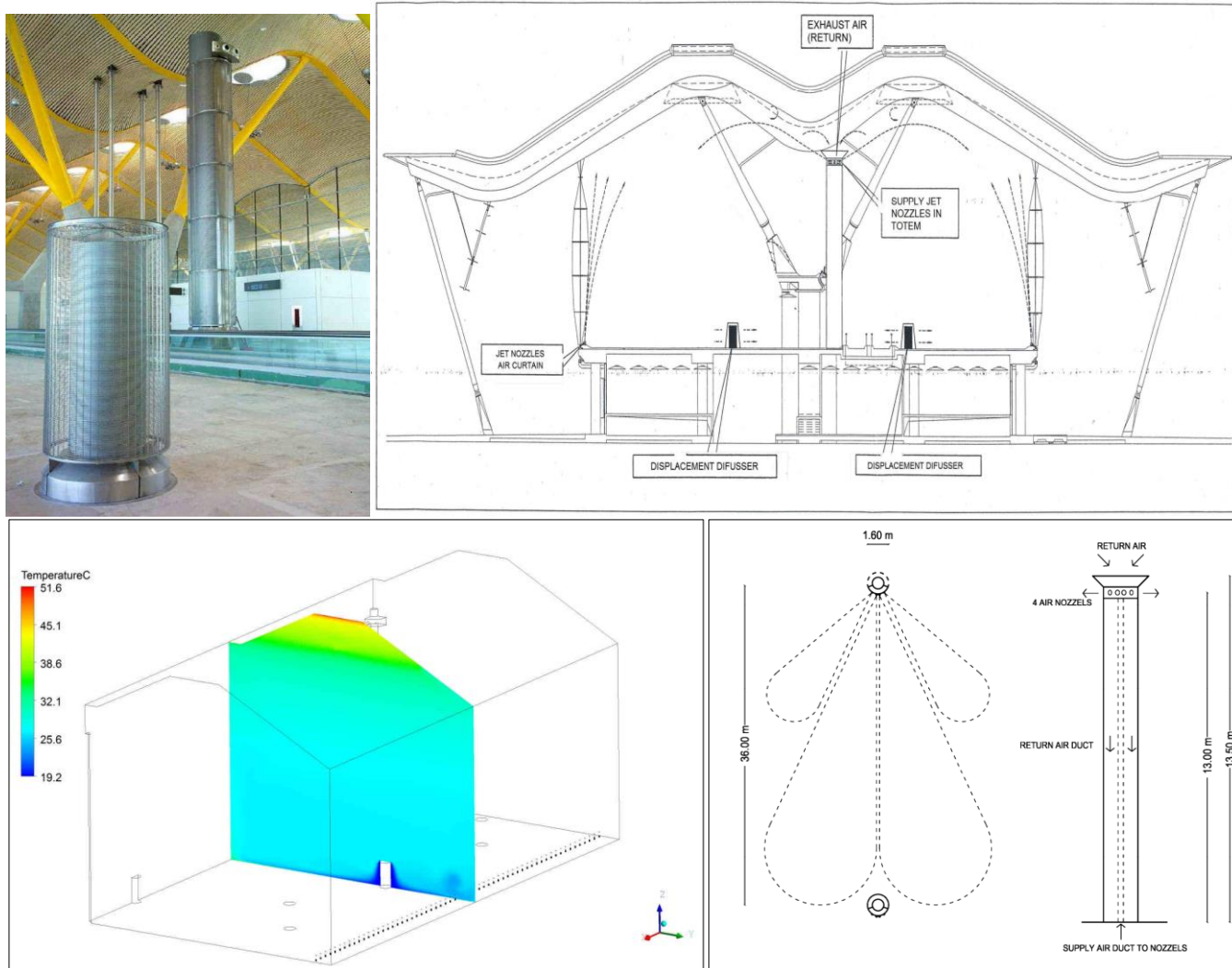
Zdroj: www.priceindustries.com

Obr. 2.40 Zaplavovacie distribučné elementy – fotky aplikácie v praxi



Poznámky: Na obrázku veľkoplošný perforovaný difúzor (zľava) – element so smerovou reflexiou 0°, element so smerovou reflexiou 90°, element so smerovou reflexiou 180°, element so smerovou reflexiou 360°

Zdroj: Birmingham International Airport, fotka autor Andrew Clarke, Ateliér Design-Air Limited, 30 Westgate, Otley West Yorkshire

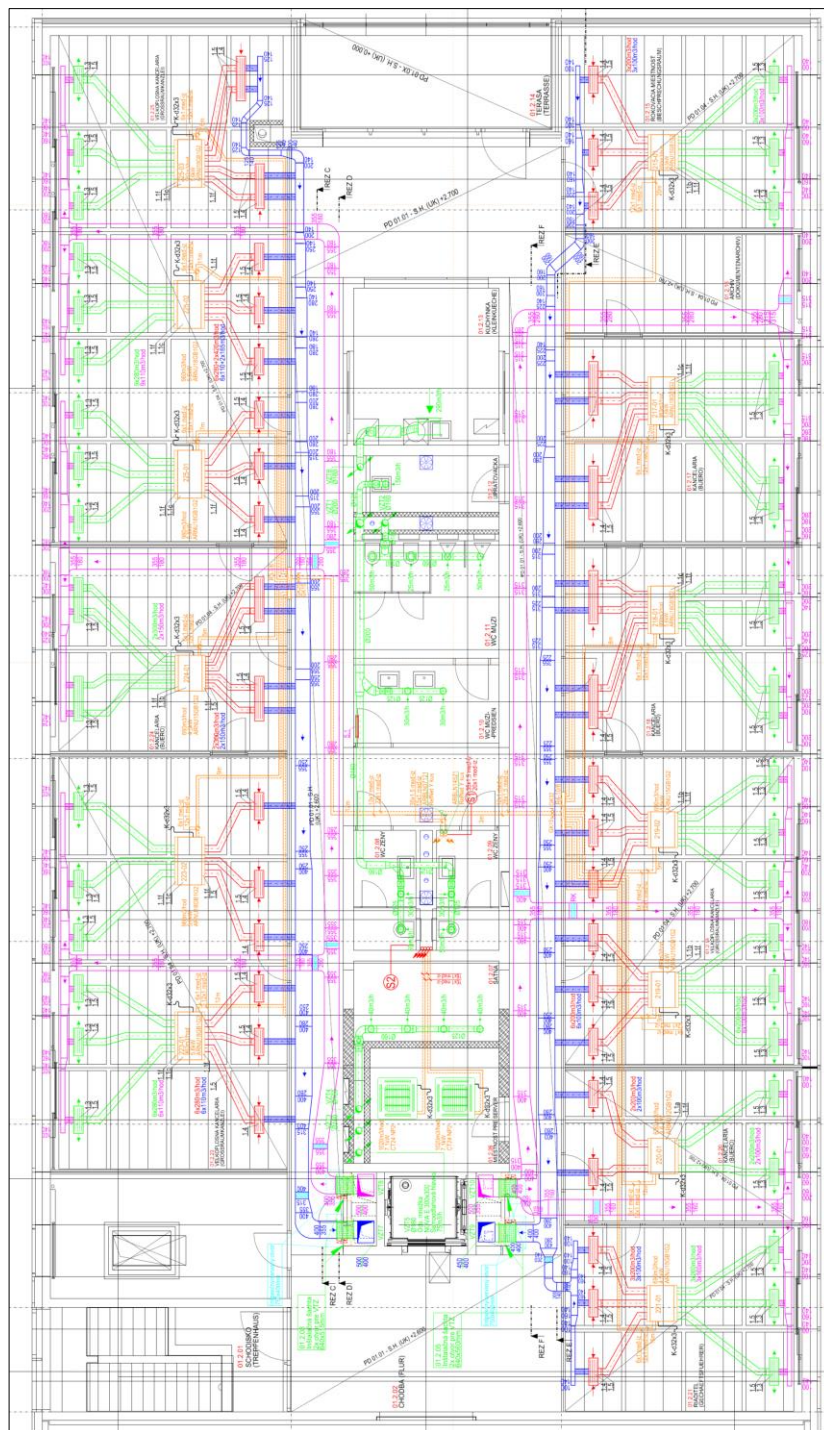


Poznámky: Na obrázku sprava - veľkoplošný perforovaný difúzor 360°, odsávanie vzduchu vo veži (v totemu zvrchu). Prívod vzduchu cez prívodné dýzy. Kombinácia nám zabezpečuje udržiavanie chladného vzduchu v dolnej časti priestoru v zóne užívateľov. Teplý vzduch je odsávaný vnútorným prierezom koncentrického nenosného piliaru (tzv. Totem) a vonkajším prierezom totemu cez prívodné dýzy privádzame vzduch, ktorý spolu s prívodnými dýzami nad podlahou po obode vytvárajú vzduchovú záclonu, pre usmernenie prúdenia vzduchu do požadovanej zóny. Veľmi zriedkavé uplatnenie a zriedkavo aplikované v SR. V podmienkach SR skôr v teoretickej rovine.

Zdroj: T.G. Lopez, M. A. Gálvez, P.G. O' Donohoe, P.M. Dieguez-Elizondo - Analysis of the influence of the return position in the vertical temperature gradient in displacement ventilation systems for large hall, February 2017, Energy and Buildings 140, DOI:10.1016/j.enbuild.2017.02.017

2.6 Vzorové projekty vetrania pre AB

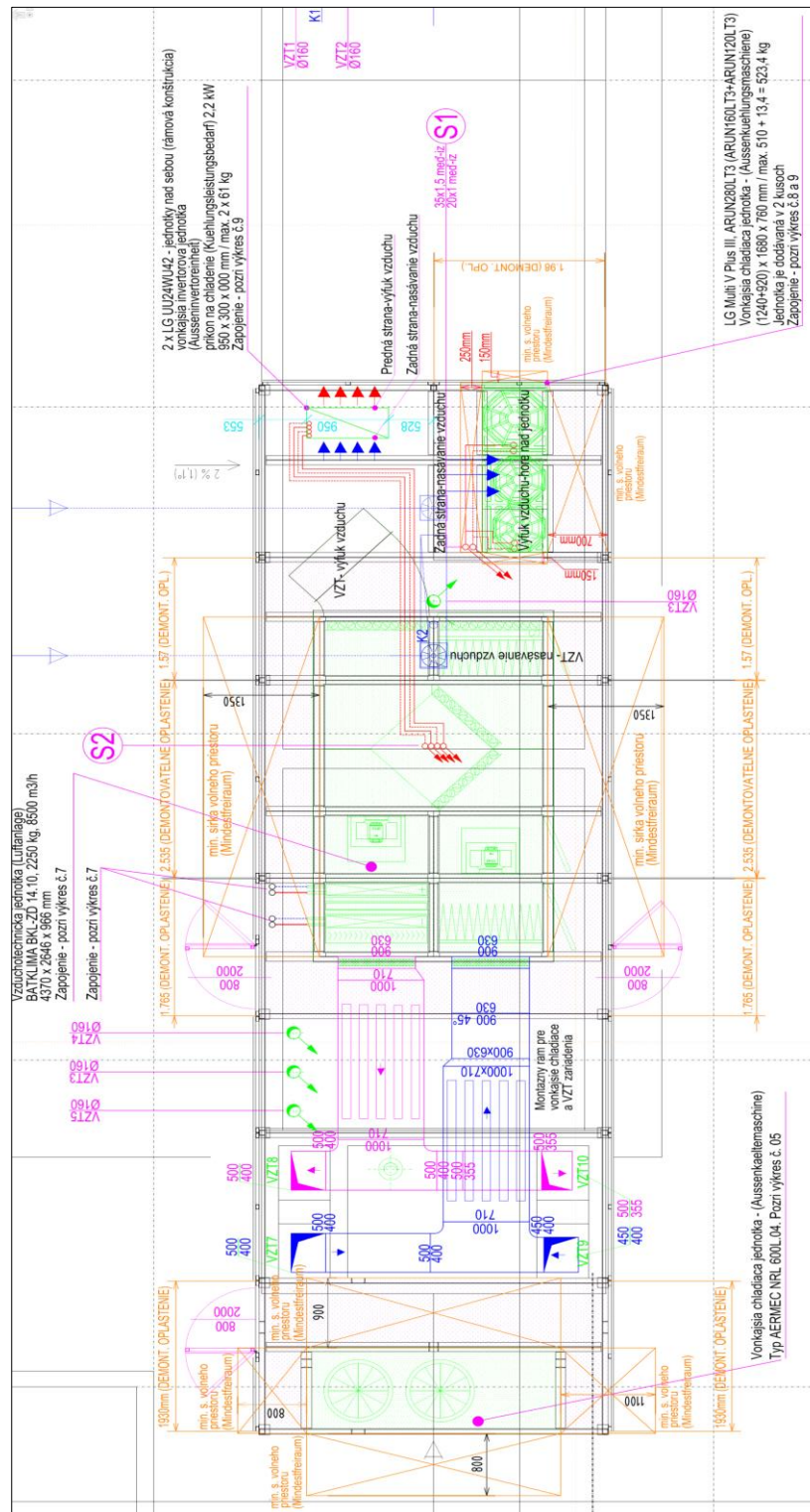
Obr. 2.42 K DCV vetraniu v AB-1 – kancelárie autonómne zóny a centrálna VZT jednotka – vzorový výkres (pôdorys 2.NP)



Poznámky: Pôdorys projektovej dokumentácie riešenej AB-1. Centrálna VZT jednotka a decentrálne kanálové jednotky. Autonómny prívoda odvod čerstvého vzduchu pre kanceláriu / zóny. Prívod – ružová, zelená farba. Odvod – modrá, červená farba. VZT potrubie pod stropom. Prevedenie Spiro, Flexo, Hranaté.

Zdroj: R. Nagy

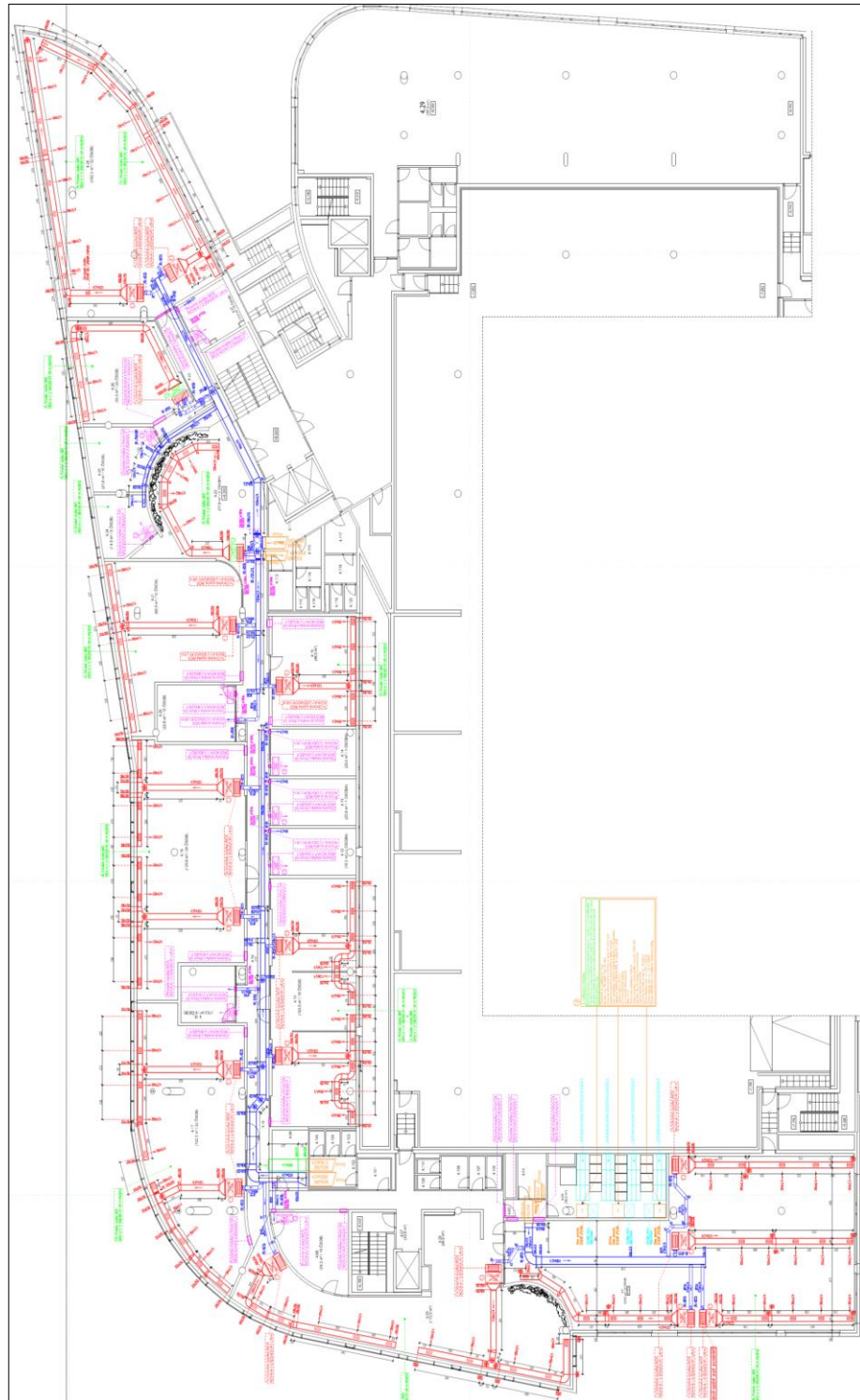
Obr. 2.43 DCV vetranie v AB-1 – centrálna VZT jednotka – vzorový výkres (pôdorys strecha)



Poznámky: Pôdorys projektovej dokumentácie riešenej AB-1. Centrálna VZT jednotka, VRV kondenzačná jednotka, Split kondenzačné jednotky, Chiller, tlmíče hluku.

Zdroj: R. Nagy

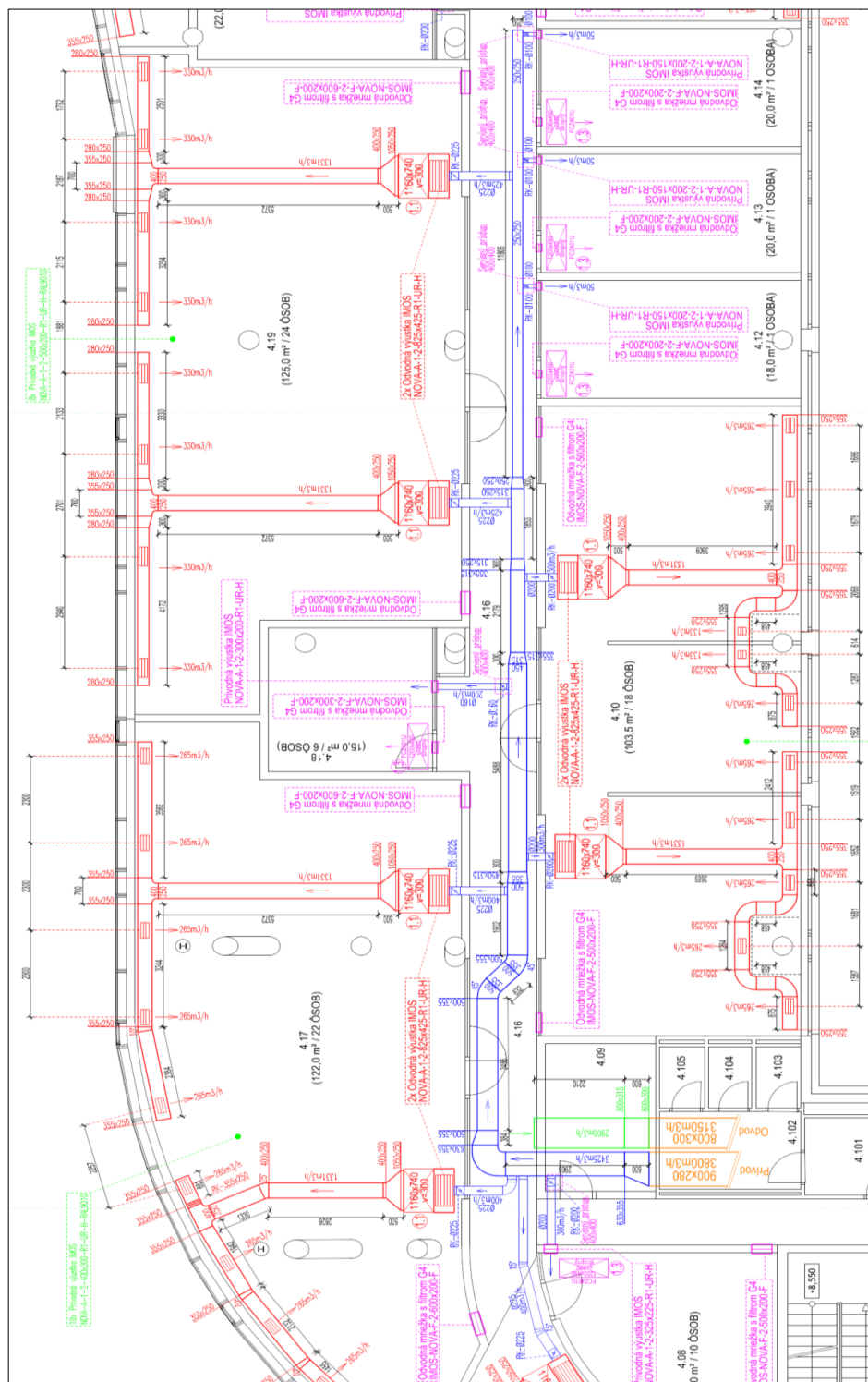
Obr. 2.44 DCV vetranie v AB2 – kancelárie autonómne zóny a 1 centrálna VZT jednotka – vzorový výkres (pôdorys 4.NP)



Poznámky: Pôdorys projektovej dokumentácie riešenej AB. Centrálna VZT jednotka a decentralné kanálové jednotky. Autonómny prívod čerstvého vzduchu pre kanceláriu / zóny. Odvod centrálny z chodby. Prívod – červená, modrá farba. Odvod – zelená centrálna. VZT potrubie pod stropom. Prevedenie Spiro, Flexo, Hranaté.

Zdroj: R. Nagy

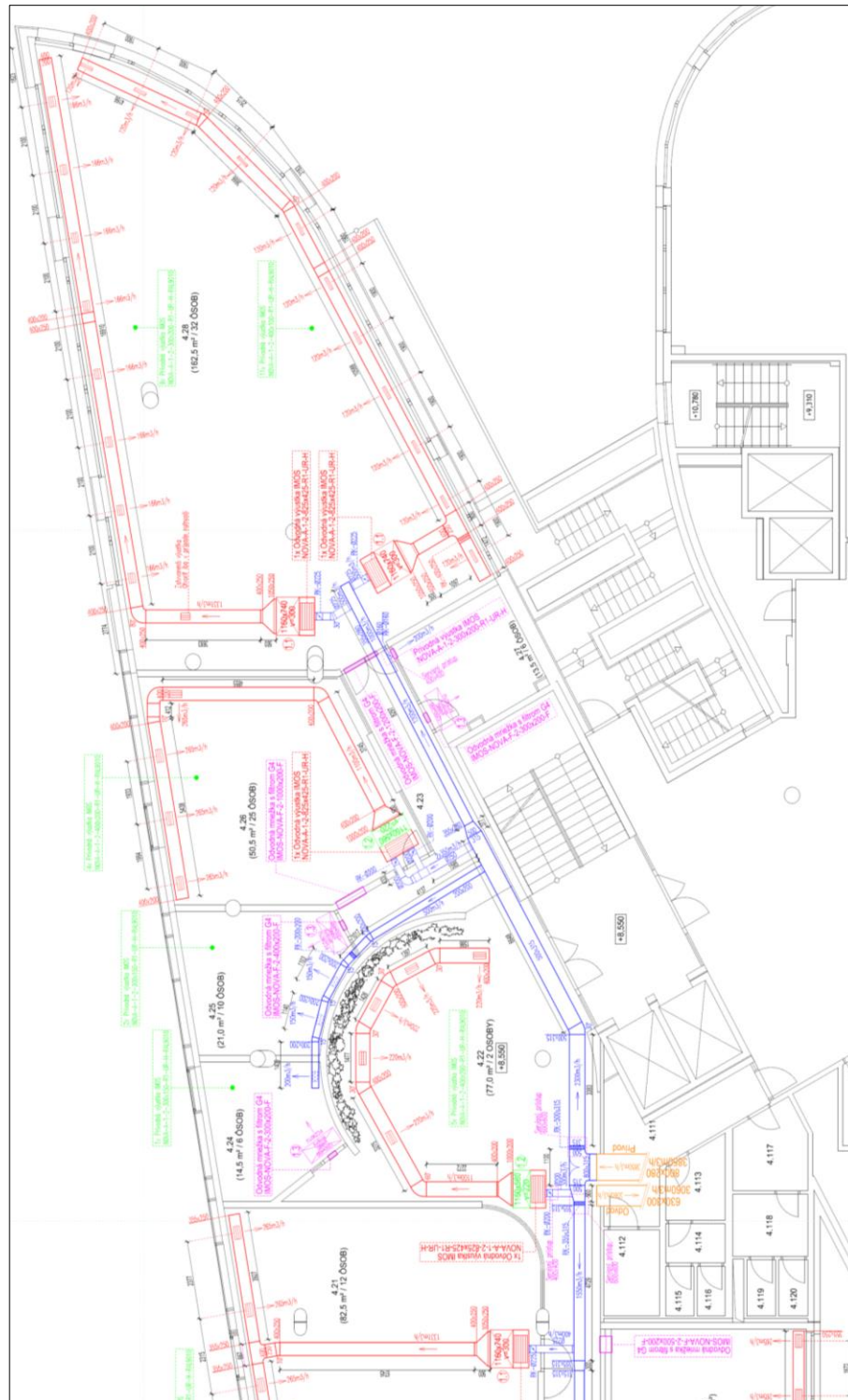
Obr. 2.45 DCV vetranie v AB2 - kancelárie autonómne zóny a 1 centrálna VZT jednotka – vzorový výkres (kancelárie – pôdorys 1)



Poznámky: Pôdorys projektovej dokumentácie riešenej AB. Centrálna VZT jednotka a decentrálne kanálové jednotky. Autonómny prívod čerstvého vzduchu pre kanceláriu / zóny. Odvod centrálny z chodby. Prívod – červená, modrá farba. Odvod – zelená centrálna. VZT potrubie pod stropom. Prevedenie Spiro, Flexo, Hranaté.

Zdroj: R. Nagy

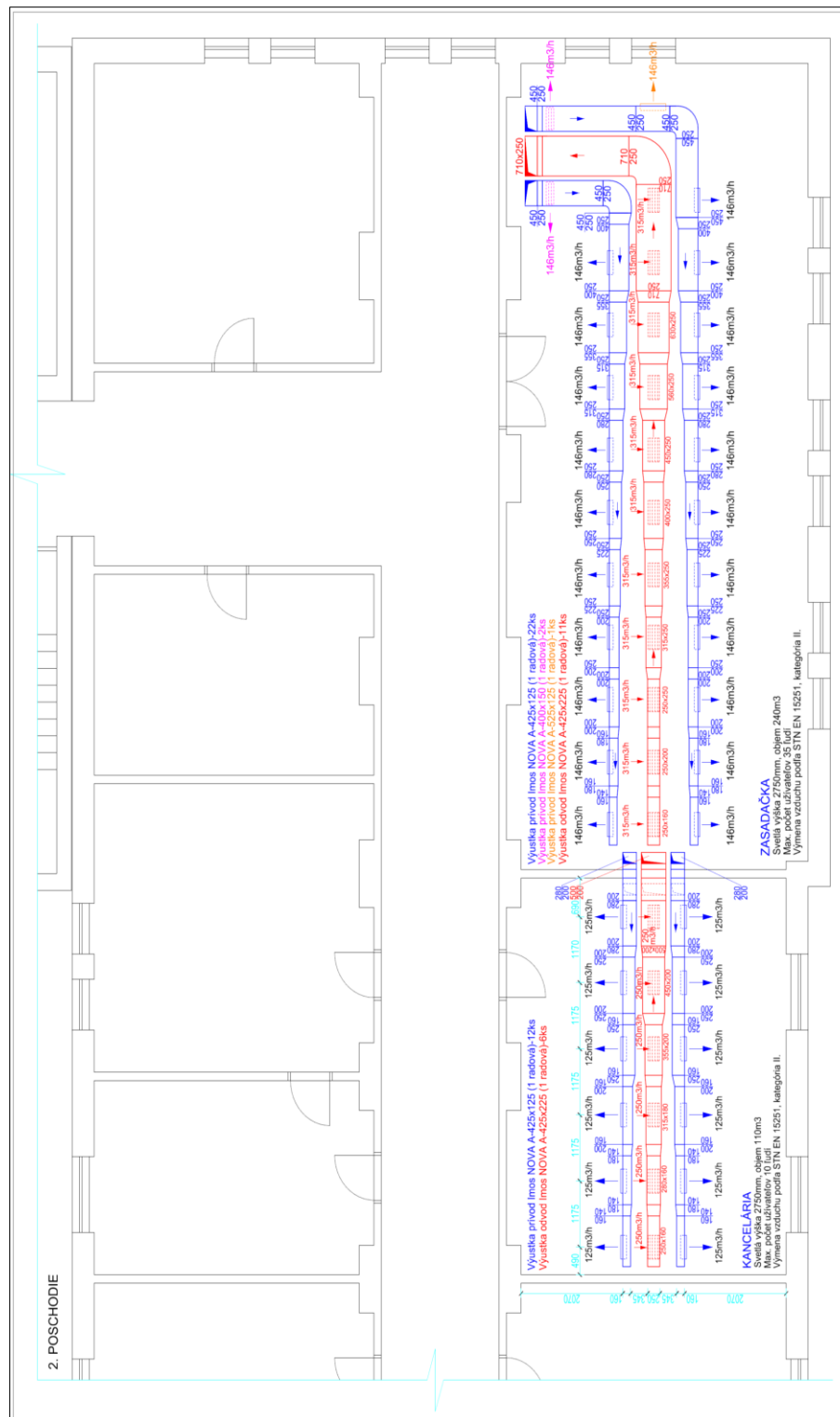
Obr. 2.46 DCV vetranie v AB2 - kancelárie autonómne zóny a 1 centrálna VZT jednotka – vzorový výkres (kancelárie – pôdorys 2)



Poznámky: Pôdorys projektovej dokumentácie riešenej AB. Centrálna VZT jednotka a decentrálne kanálové jednotky. Autonómny prívod čerstvého vzduchu pre kanceláriu / zóny. Odvod centrálny z chodby. Prívod – červená, modrá farba. Odvod – zelená centrálna. VZT potrubie pod stropom. Prevedenie Spiro, Flexo, Hranaté.

Zdroj: R. Nagy

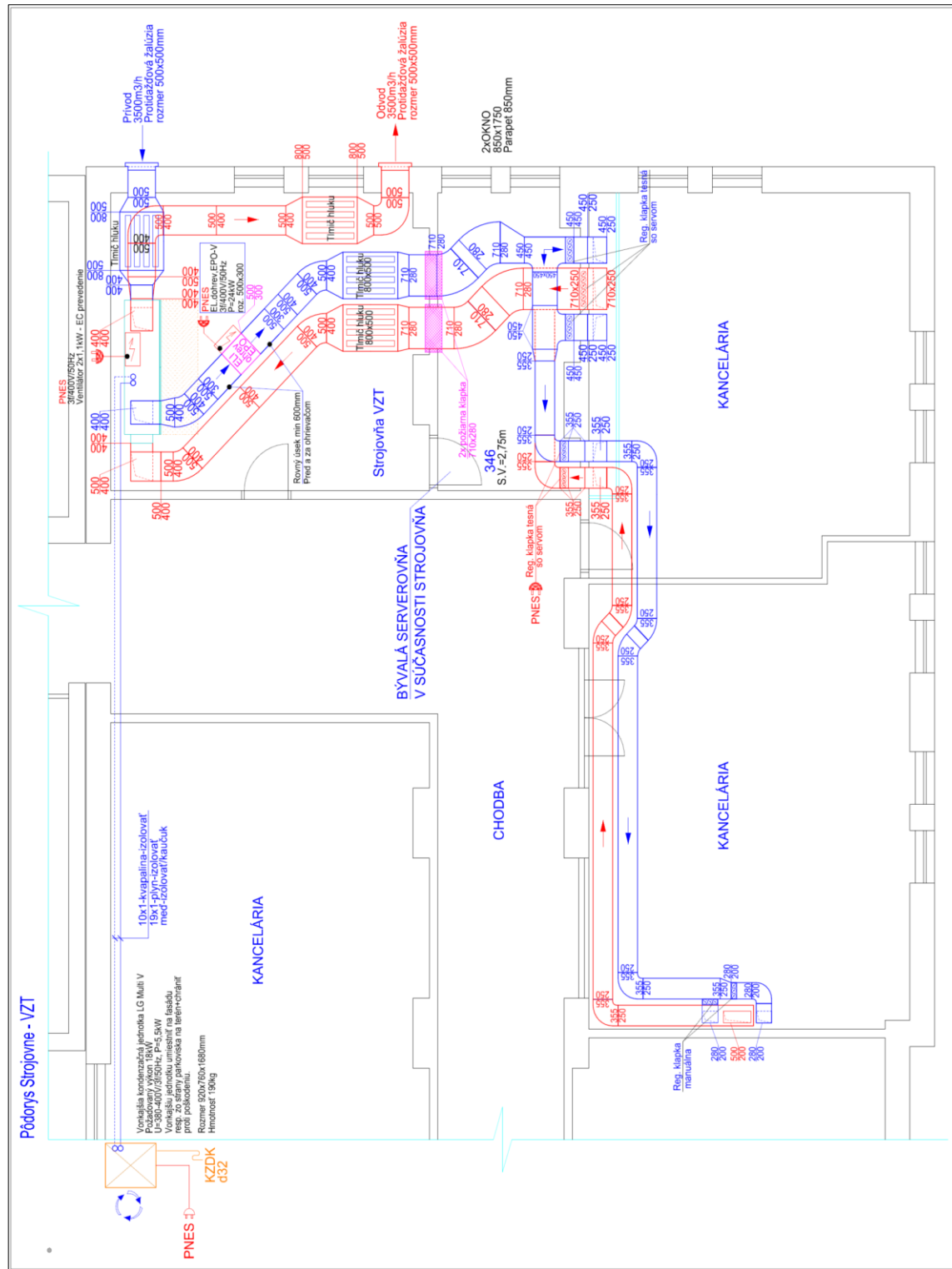
Obr. 2.47 DCV vetranie v AB3 - 2 autonómne zóny a 1 centrálna VZT jednotka – vzorový výkres pôdorys (kancelária, zasadačka)



Poznámky: Pôdorys projektovej dokumentácie riešenej AB. Centrálna VZT jednotka a regulačné klapky pre 2 zóny samostatne (kancelária, zasadačka). Prívod – modrá farba. Odvod – červená farba. VZT potrubie pod stropom. Prevedenie Hranaté.

Zdroj: R. Nagy

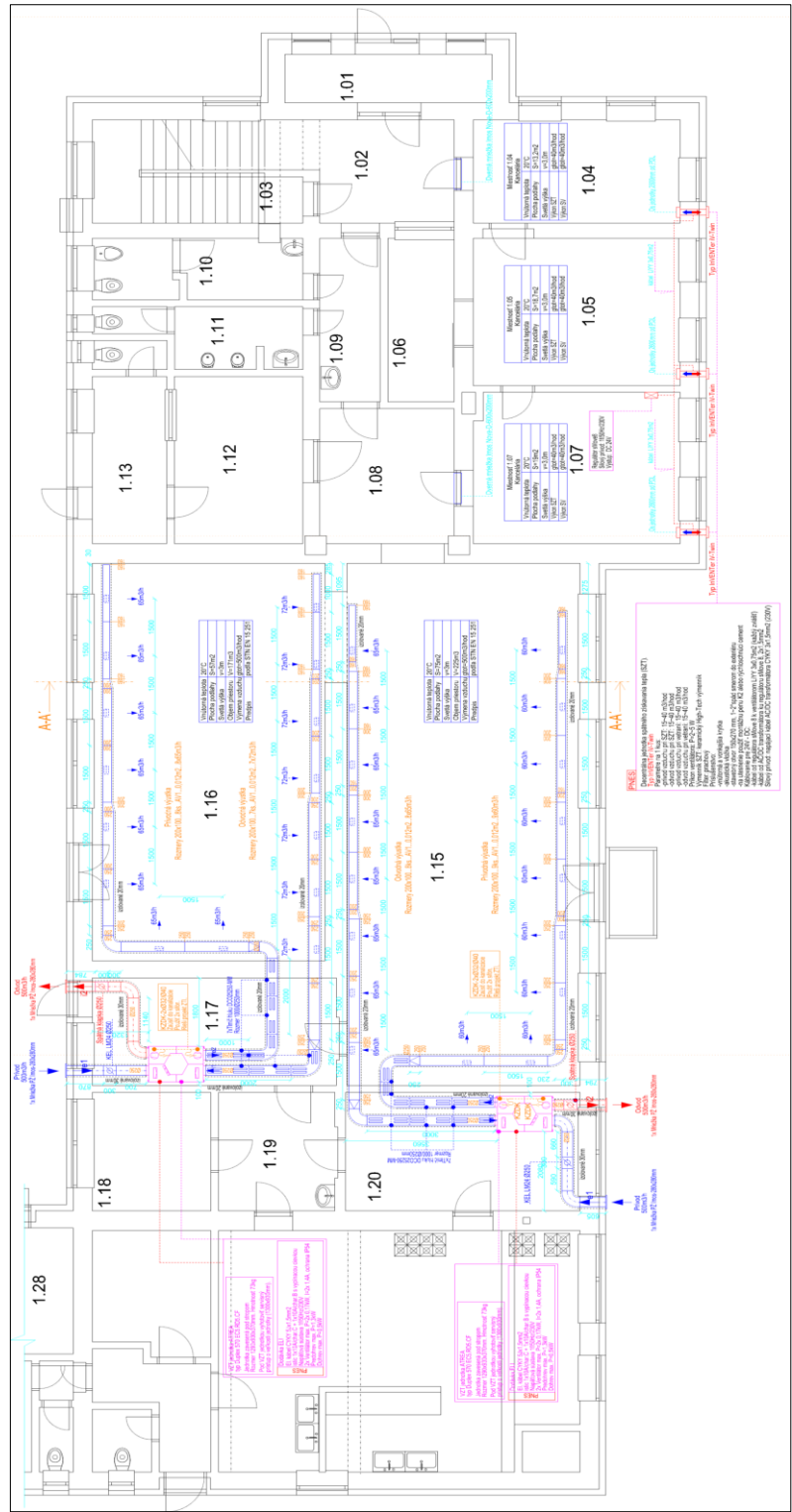
Obr. 2.48 DCV vetranie v AB3 - 2 autonómne zóny a 1 centrálna VZT jednotka – vzorový výkres (strojovňa VZT)



Poznámky: Pôdorys projektovanej dokumentácie riešenej AB. Centrálna VZT jednotka a regulačné klapky pre 2 zóny samostatne (kancelária, zasadačka). Prívod – modrá farba. Odvod – červená farba. VZT potrubie pod stropom. Prevedenie Hranaté.

Zdroj: R. Nagy

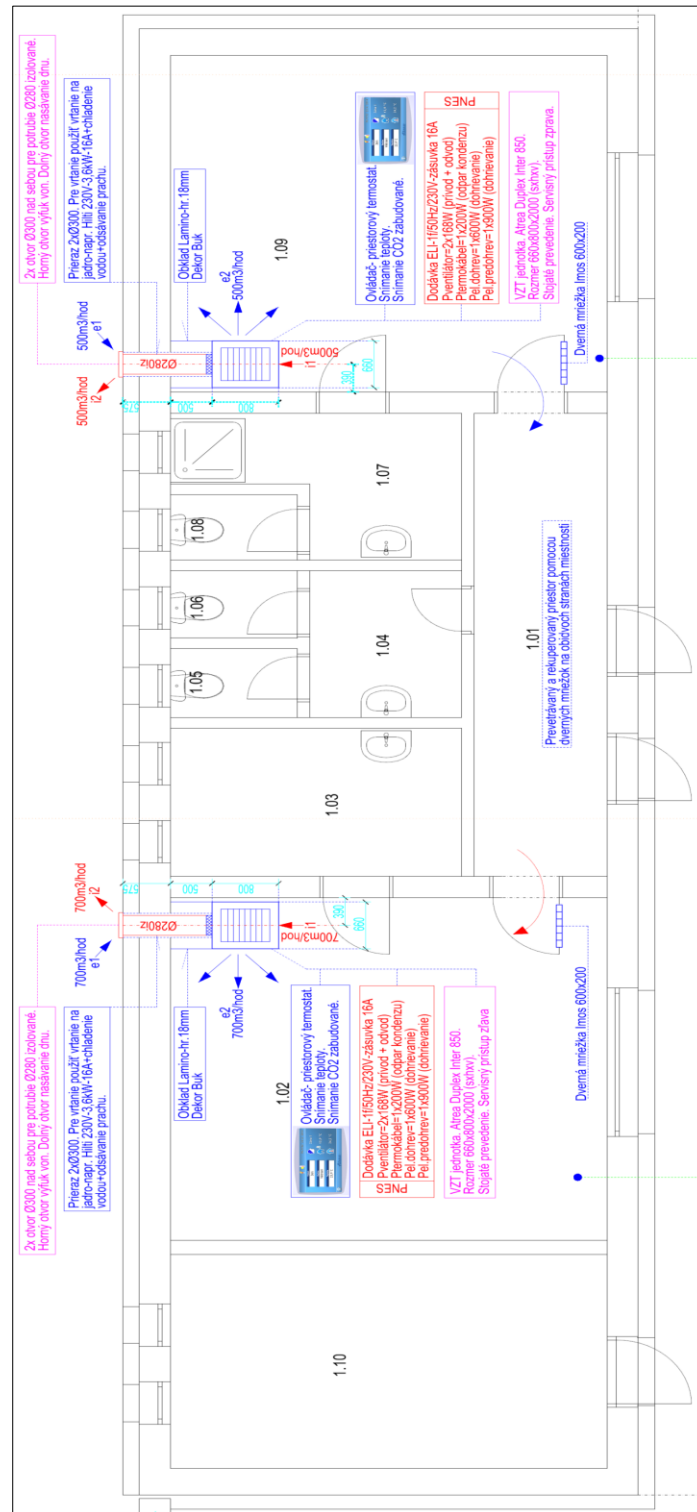
Obr. 2.49 DCV vetranie v AB4 – staršia administratívna budova - rekonštrukcia – vzorový výkres (pôdorys)



Poznámky: Pôdorys projektovej dokumentácie riešenej AB. Zónové VZT jednotky (zasadačky). Decentrálne sténové jednotky – kancelárie. VZT potrubie pod stropom a hranaté.

Zdroj: R. Nagy

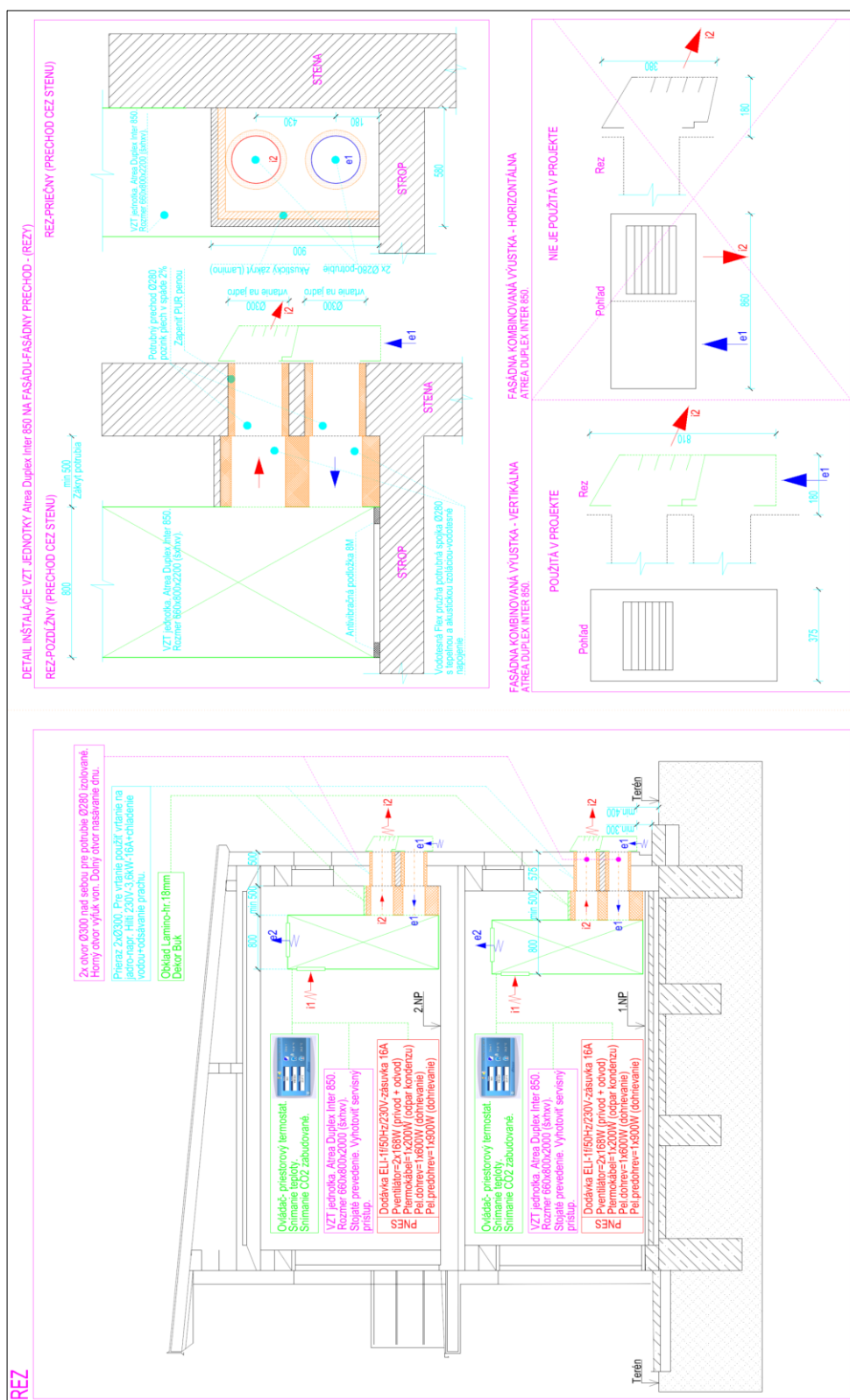
Obr. 2.50 DCV vetranie v AB5 – staršia administratívna budova - rekonštrukcia – (pôdorys), decentrálné jednotky predstenový box



Poznámky: Pôdorys projektovej dokumentácie riešenej AB. Zónové VZT jednotky (kancelárie). Decentrálne predstenové box jednotky – kancelárie.

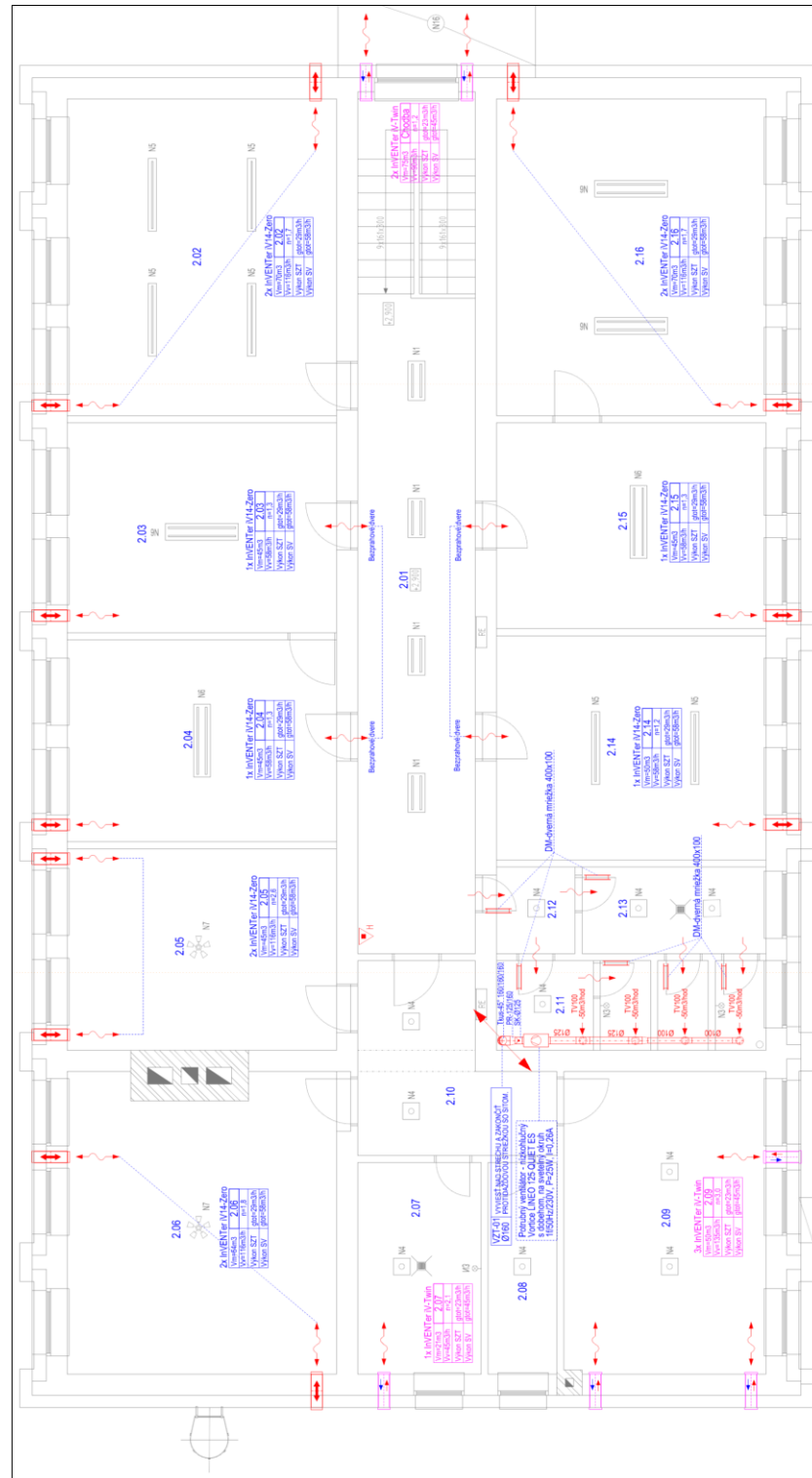
Zdroj: R. Nagy

Obr. 2.51 DCV vetranie v AB5 – staršia administratívna budova - rekonštrukcia – (details), decentralné jednotky predstenový box



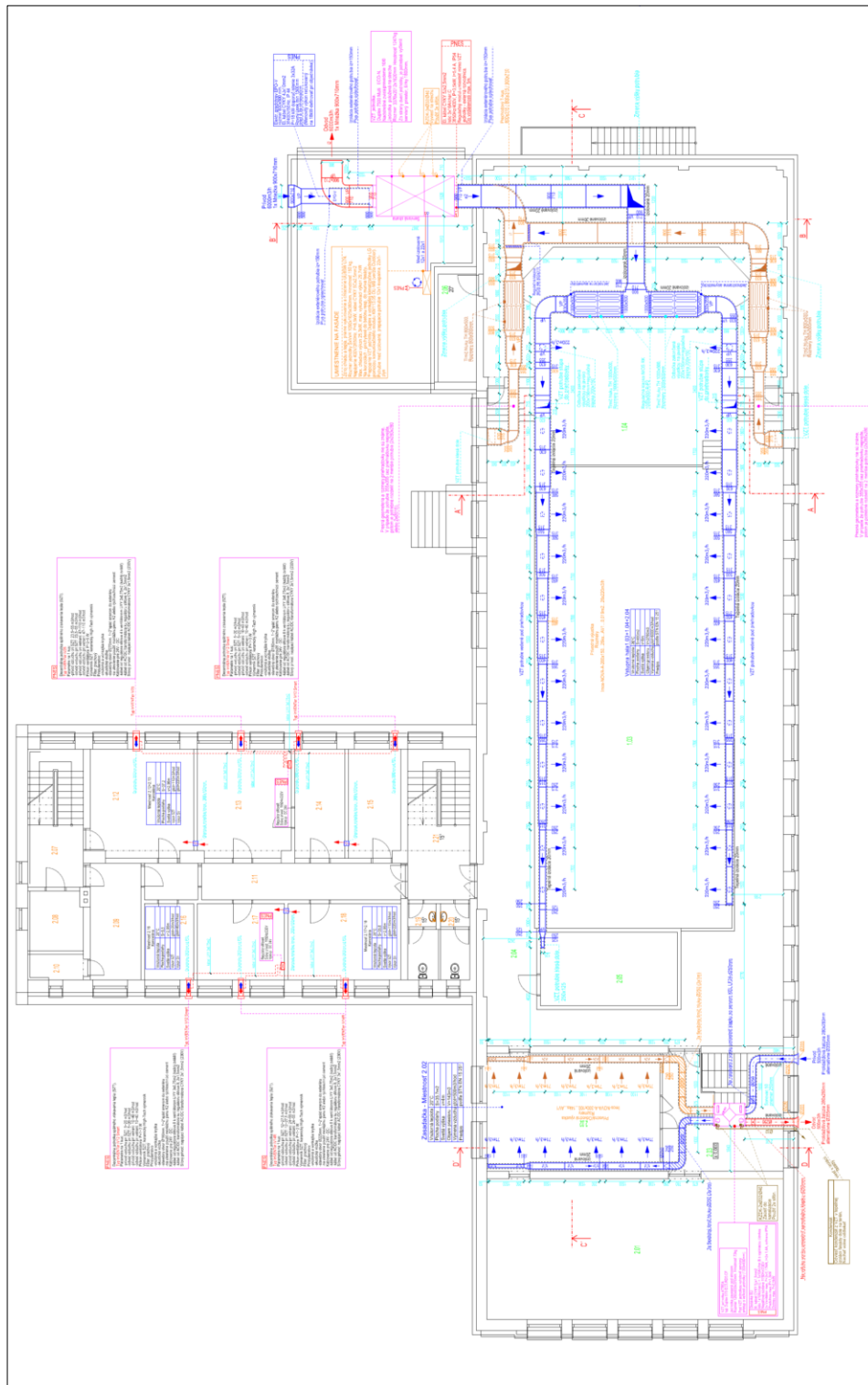
Zdroj: R. Nagy

Obr. 2.52 DCV vetranie v AB6 – staršia administratívna budova - rekonštrukcia – vzorový výkres (pôdorys), decentralné stenové jednotky



Poznámky: Pôdorys projektovanej dokumentácie riešenej staršej AB. Zónové VZT jednotky (kancelárie). Decentrálne stenové jednotky – kancelárie.

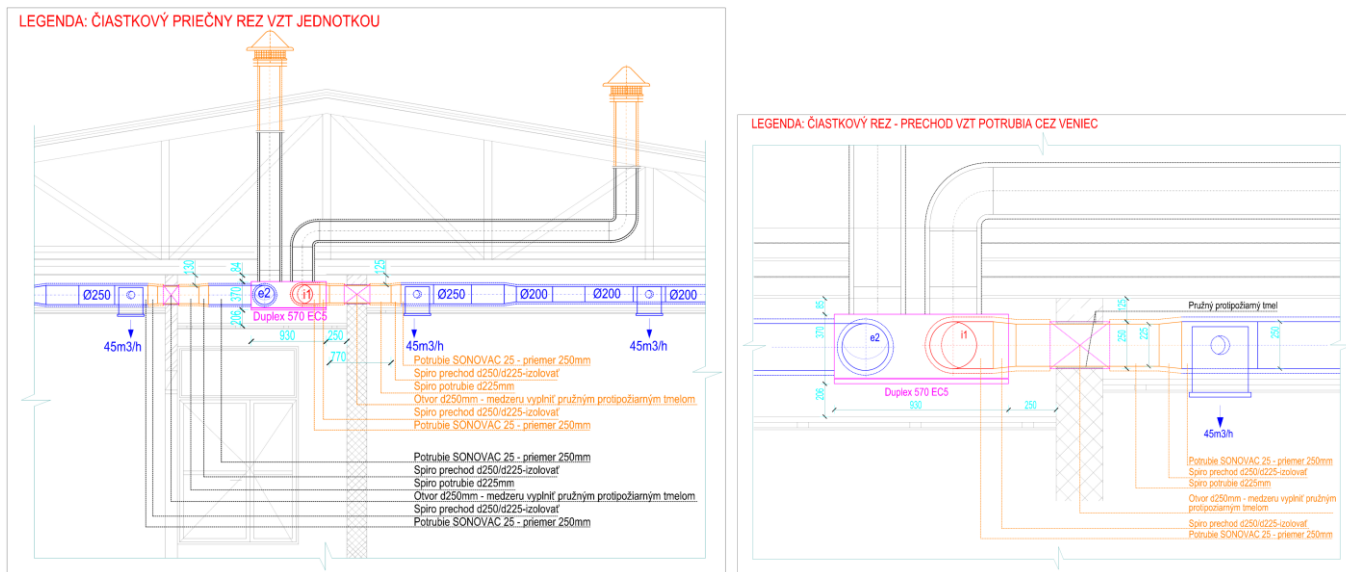
Zdroj: R. Nagy



Poznámky: Pôdorys projektovej dokumentácie riešenej staršej AB. VZT jednotka - zasadačka. Decentrálne stenové jednotky – kancelárie.
Centrálna jednotka – hala.

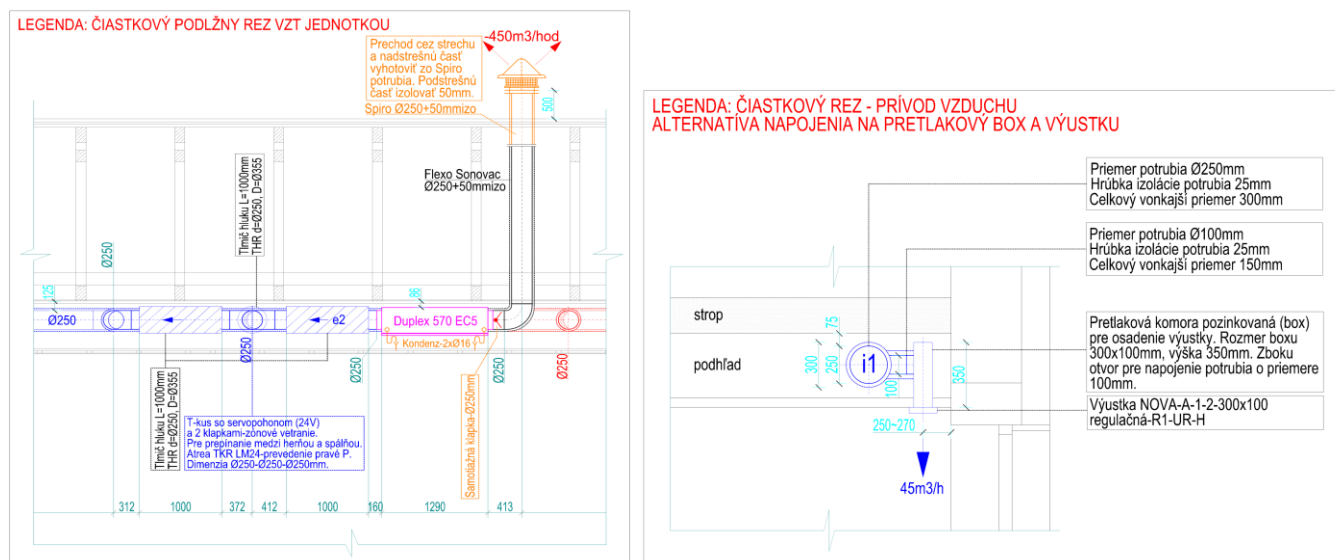
Zdroj: R. Nagy

Obr. 2.55 Čiastkový rez VZT potrubím a jednotkou - prechod cez strechu (ľavý) a detail (pravý)



Zdroj: R. Nagy

Obr. 2.56 Detail a čiastkový rez VZT potrubím a pretlakovou komorou s výustkou – popis komponentov a detail



Zdroj: R. Nagy

Zoznam tabuliek

Tab. 2.1 Výber zdroja tepla / systém vykurovania

Zoznam obrázkov

- Obr. 2.1 Najvyššia budova v SR - Nivy Tower v Bratislave
- Obr. 2.2 Najvyššia budova v ČR - AZ TOWER v Brne
- Obr. 2.3 Najudržateľnejšia AB v Amsterdame
- Obr. 2.4 Kombinovaná výroba elektriny a tepla
- Obr. 2.5 Scroll kompresor
- Obr. 2.6 Suchý výparník
- Obr. 2.7 Zaplavený výparník
- Obr. 2.8 Vzduchom chladené kondenzátory
- Obr. 2.9 Vodou chladený prietokový kondenzátor
- Obr. 2.10 Adiabatický kondenzátor
- Obr. 2.11 Odparovací kondenzátor
- Obr. 2.12 Expanzný ventil
- Obr. 2.13 Priame kompresorové chladenie
- Obr. 2.14 Split systém
- Obr. 2.15 Split systém Twin
- Obr. 2.16 Multi-Split systém
- Obr. 2.17 Zdroj chladenia - tepelné čerpadlo EWYT-B (Daikin)
- Obr. 2.18 Schéma nepriameho kompresorového chladenia
- Obr. 2.19 Schéma nepriameho kompresorového chladenia v školskej budove
- Obr. 2.20 Schéma nepriameho kompresorového chladenia
- Obr. 2.21 Vzduchom chladený kvapalinový chladič
- Obr. 2.22 Chladenie zabezpečené nočným prirodzeným vetraním
- Obr. 2.23 Chladenie zabezpečené nočným strojným vetraním
- Obr. 2.24 Nepriame chladenie studňovou vodou
- Obr. 2.25 Funkčná schéma inteligentného systému vetrania - vetrací systém DCV
- Obr. 2.26 Aplikácia inteligentného systému vetrania DCV po jednotlivých podlažiach v administratívnej budove (AB) – centrálné jednotky
- Obr. 2.27 Aplikácia inteligentného systému vetrania DCV po jednotlivých podlažiach alebo zónach vrámci jedného podlažia v administratívnej budove (AB) – centrálné jednotky
- Obr. 2.28 Aplikácia inteligentného systému vetrania DCV po jednotlivých podlažiach / zónach v admin. budove (AB) – decentrálne jednotky
- Obr. 2.29 Aplikácia inteligentného systému vetrania DCV po miestnostiach / zónach v administratívnej budove (AB) – lokálne jednotky
- Obr. 2.30 Zjednodušená funkčná schéma systému vetrania - vetrací systém VAV
- Obr. 2.31 Procesná schéma systému vetrania - vetrací systém VAV
- Obr. 2.32 Príklad použitých regulačných komponentov použitých pre VAV systém - vetrací systém VAV komponenty
- Obr. 2.33 Zjednodušená funkčná schéma systému vetrania - vetrací systém CAV
- Obr. 2.34 Zjednodušená funkčná schéma systému vetrania - vetrací systém CAV
- Obr. 2.35 Zmiešavacie vetranie – simulácia
- Obr. 2.36 Zaplavovacie vetranie – simulácia
- Obr. 2.37 Personálne / osobné vetranie
- Obr. 2.38 Zmiešavacie distribučné elementy
- Obr. 2.39 Zaplavovacie distribučné elementy

- Obr. 2.40 Zaplavovacie distribučné elementy – fotky aplikácie v praxi
- Obr. 2.41 Kombinované systémy - zaplavovacie a zmiešavacie distribučné elementy – fotky aplikácie v praxi / schémy / rezy
- Obr. 2.42 K DCV vetranie v AB-1 – kancelárie autonómne zóny a centrálna VZT jednotka – vzorový výkres (pôdorys 2.NP)
- Obr. 2.43 DCV vetranie v AB-1 – centrálna VZT jednotka – vzorový výkres (pôdorys strecha)
- Obr. 2.44 DCV vetranie v AB2 – kancelárie autonómne zóny a 1 centrálna VZT jednotka – vzorový výkres (pôdorys 4.NP)
- Obr. 2.45 DCV vetranie v AB2 - kancelárie autonómne zóny a 1 centrálna VZT jednotka – vzorový výkres (kancelárie – pôdorys 1)
- Obr. 2.46 DCV vetranie v AB2 - kancelárie autonómne zóny a 1 centrálna VZT jednotka – vzorový výkres (kancelárie – pôdorys 2)
- Obr. 2.47 DCV vetranie v AB3 - 2 autonómne zóny a 1 centrálna VZT jednotka – vzorový výkres pôdorys (kancelária, zasadačka)
- Obr. 2.48 DCV vetranie v AB3 - 2 autonómne zóny a 1 centrálna VZT jednotka – vzorový výkres (strojovňa VZT)
- Obr. 2.49 DCV vetranie v AB4 – staršia administratívna budova - rekonštrukcia – vzorový výkres (pôdorys)
- Obr. 2.50 DCV vetranie v AB5 – staršia administratívna budova - rekonštrukcia – (pôdorys), decentrálne jednotky predstenový box
- Obr. 2.51 DCV vetranie v AB5 – staršia administratívna budova - rekonštrukcia – (detaily), decentrálne jednotky predstenový box
- Obr. 2.52 DCV vetranie v AB6 – staršia administratívna budova - rekonštrukcia – vzorový výkres (pôdorys), decentrálne stenové jednotky
- Obr. 2.53 DCV vetranie v AB7 – staršia administratívna budova - rekonštrukcia – decentrálne stenové jednotky, centrálna jednotka
- Obr. 2.54 DCV vetranie v AB7 – staršia administratívna budova - rekonštrukcia – vzorový výkres (rez), centrálna jednotka
- Obr. 2.55 Čiastkový rez VZT potrubím a jednotkou - prechod cez strechu (ľavý) a detail (pravý)
- Obr. 2.56 Detail a čiastkový rez VZT potrubím a pretlakovou komorou s výustkou – popis komponentov a detail

Zoznam literatúry

T.G. Lopez, M. A. Gálvez, P.G. O' Donohoe, P.M. Dieguez-Elizondo - Analysis of the influence of the return position in the vertical temperature gradient in displacement ventilation systems for large hall, February 2017, Energy and Buildings 140, DOI:10.1016/j.enbuild.2017.02.017

Kapalo Peter, Daikin Europe N.V. Naamloze Vennootschap - Zandvoordestraat 300, B-8400 Oostende - Belgium - BE 0412 120 336 - RPR Oostende

<https://hbreavis.com/en/project/nivy-tower/>, <https://slovensko.wolf.eu/o-spolocnosti/referencie/nivy-tower/>, <https://www.officerentinfo.sk/offices-office-buildings-for-rent/bratislava/i/qubes-nivy-tower-office#&qid=1&pid=1>

<https://www.gt-energy.sk/sk/tepelna-cepada> , <https://www.aztower.org/obchody/2np/225/119>

<https://www.archinfo.sk/diela/obcianska-stavba/the-edge-najudrzatelnejšia-administrativna-budova-je-v-amsterdame.html>

<https://www.gt-energy.sk/sk/mikrokogeneracni-jednotky>

<https://climate.emerson.com/en-us/products/refrigeration/commercial-refrigeration/scroll-compressors>

https://www.boge.com/sites/row/files/006_en_s-3_200303.pdf

https://www.boge.com/sites/row/files/373-en-p-series_3.pdf

<https://smwac.net/hvac-knowledge/how-evaporator-coil-works/>

<http://www.btureps.com/new-alfa-laval-page/>

www.alfalaval.sk

<https://docplayer.cz/48041073-Studený-vzduch-vzduchove-vymenniky-alfa-laval.html>

<https://www.alfalaval.com/globalassets/documents/products/heat-transfer/tubular-heat-exchangers/shell-and-tube-condenser/cxp/alfa-laval-shell-and-tube-condenser-brochure.pdf>

<https://www.alfalaval.us/microsites/datacenters/products/abatigo-adiabatic-coolers/>

<https://www.hamapo.nl/verdampingscondensator>

<https://www.hamapo.nl/evapco%20verdampingscondensator%20atc-428e>

http://beijerref.sk/honeywell?product_id=982

<http://www.daikinac.com/content/commercial/vrv/water-cooled-vrv>

<https://shop.systemair.com/sk-SK/syscoil-comfort/c48527>

<https://www.carrier.com/commercial/en/us/products/chillers-components/water-cooled-chillers/19dv>

<https://www.hamapo.nl/evapco%20verdampingscondensator%20atc-428e>

<https://www.carrier.com/commercial/en/us/products/chillers-components/water-cooled-chillers/19dv/>
<https://www.evapco.com/products/cooling-towers-factory-assembled/cooling-tower>
https://wilo.com/sk/sk/Produkty-a-aplik%C3%A1cie/Vyh%C4%BEad%C3%A1vanie-kon%C5%A1truk%C4%8Dn%C3%A9ho-radu/Wilo-CronoNorm-NLG_184.html
<https://www.carrier.com/commercial/en/us/products/chillers-components/air-cooled-chillers/30rb/>
<https://www.german-architects.com/en/transsolar-klimaengineering-stuttgart/project/lycee-charles-de-gaulle;>
<http://www.carboun.com/sustainable-design/a-damascus-school-revives-traditional-cooling-techniques/>
https://www.researchgate.net/publication/268221885_Passive_cooling_in_Evora%27s_traditional_architecture
https://www.researchgate.net/publication/268221885_Passive_cooling_in_Evora%27s_traditional_architecture
<https://www.zdnet.com/article/is-this-the-most-energy-efficient-office-building/> , https://www.archdaily.com/44596/manitoba-hydro-kpmb-architects/501218c928ba0d558100060c-manitoba-hydro-kpmb-architects-skecth?ad_medium=widget&ad_name=navigation-prev
www.cidla.sk
www.atrea.cz
www.belimo.sk
www.systemair.sk
www.priceindustries.com
<https://doi.org/10.3390/buildings11100466>



KVALITA VNÚTORNÉHO PROSTREDIA

S. Vilčeková | E. Krídlová Burdová

3

KVALITA VNÚTORNÉHO PROSTREDIA

Pri výstavbe ekonomicky efektívnych budov je ľahké zabudnúť, že úspech alebo neúspech projektu môže závisieť od kvality vnútorného prostredia. Zamestnanci v prostredí, ktoré zabezpečuje pohodlie, sú často spokojnejší a produktívnejší. Bohužiaľ, táto jednoduchá pravda sa často opomína, pretože je jednoduchšie sa zamerať na investičné náklady projektu, ako určiť hodnotu vysokej produktivity a zdravia používateľov. Mnohí z nás sa prispôbili vnútornému prostrediu ako svojmu „prirodzenému“ prostrediu. Kvalita vnútorného prostredia (IEQ) zahŕňa kvalitu vnútorného vzduchu (IAQ), ktorá sa zameriava na znečisťujúce látky vo vzduchu, ako aj na ďalšie otázky zdravia, bezpečnosti a pohodlia, ako je estetika, ergonómia, akustika, osvetlenie a úrovne elektromagnetického žiarenia. Postupné zvyšovanie povedomia verejnosti o dôležitosti IEQ mení spôsob, akým sa vnútorné prostredie v budovách vníma. Výhody IEQ zahŕňajú zvýšený komfort, zlepšenie zdravia a pohody obyvateľov budovy, ako aj ekonomické dôsledky odrážajúce sa v nižších výdavkoch na zdravotnú starostlivosť a vo zvýšenej produktivite. Bez ohľadu na povahu úlohy a či ide o komerčné alebo inštitucionálne prostredie, sa očakáva, že prostredie v kancelárii podporí výkon pracovníkov. Nepretržité monitorovanie kvality vnútorného prostredia a spätná väzba sú preto veľkým záujmom v priemyselných aj akademických komunitách. Za posledných niekoľko desaťročí sa objavilo značné množstvo literatúry, ktoré poukazujú na význam kvality vnútorného prostredia v budovách v reakcii na zvyšujúcu sa ľudskú túžbu zvýšiť pohodlie a zdravie. Fanger použil údaje z klimatickej komory na zostavenie modelu na predpovedanie tepelného komfortu na základe fyzikálnych parametrov (teplota vzduchu, vlhkosť, stredná sálavá teplota a rýchlosť vzduchu) a ľudských faktorov (rýchlosť metabolizmu a úroveň oblečenia). Fisk preukázal, že kvalita vnútorného prostredia budov významne ovplyvňuje zdravotné symptómy a výkonnosť pracovníkov a odhadol, že zlepšenie zdravia a produktivity možno dosiahnuť zabezpečením lepšieho vnútorného prostredia. Mendell zhodnotil výsledky 32 štúdií a poukázal na niekoľko faktorov kvality vnútorného prostredia budov spojených so zdravím užívateľov, ako je teplota, vlhkosť a rýchlosť vetrania. Kvalitatívna štúdia od Wargoceho zistila, že zvýšenie miery vetrania má výhody z hľadiska zdravia, pohodlia a produktivity. Allen skúmal asociácie kognitívnej výkonnosti s oxidom uhličitým, vetraním a prchavými organickými látkami v kontrolovanom kancelárskom prostredí. Schiavon študoval vplyv osobne kontrolovaného pohybu vzduchu na tepelný komfort, vnímanú kvalitu vzduchu a kognitívnu výkonnosť v tropickom podnebí. Koehn, Thomas, Hancher, Mohamed, Akimoto a Lan vykonali rôzne experimenty na skúmanie vzťahu medzi tepelným prostredím a produktivitou práce. Vytvorili tiež matematické modely na predpovedanie zmeny produktivity v dôsledku zmien teploty vzduchu. Napriek rôznym modelom všetky tieto štúdie odhalili, že odchýlka od tepelne neutrálnych podmienok viedla k strate produktivity. Na preskúmanie skutočného stavu kvality vnútorného prostredia budov sa ako primárny prístup používa hodnotenie obsadenosti budovy. V posledných rokoch sa hodnotenie obsadenosti budovy vyvinulo z obmedzeného subjektívneho prieskumu obyvateľov na komplexný hodnotiaci nástroj, ktorý kombinuje environmentálne merania s údajmi z prieskumu. Na základe komplexného hodnotenia obsadenosti budovy mnohí výskumníci študovali mechanizmus medzi objektívnymi parametrami kvality vnútorného prostredia a spokojnosťou, zdravím a produktivitou obyvateľov v reálnom prostredí budov. Newsham zozbieral fyzické a dotazníkové údaje z 95 pracovných staníc v kancelárskej budove v USA. Bol vytvorený a otestovaný model spájajúci fyzické prostredie (vrátane tepelného, svetelného a akustického) s pracovným uspokojením. Lee skúmal, či kvalita vnútorného prostredia môže ovplyvniť spokojnosť obyvateľov a pracovný výkon prostredníctvom štúdie v 15 budovách s certifikáciou LEED v USA. Výsledky ukázali, že kvalita vnútorného vzduchu má významný pozitívny vplyv na výkony užívateľov v celkovom pracovnom priestore. Wong a Lai skúmali objektívne parametre kvality vnútorného prostredia v budovách a spokojnosť obyvateľov v kancelárskych a obytných budovách v Hong Kongu. Empirické modely boli navrhnuté na aproximáciu

celkovej akceptácie kvality vnútorného prostredia v budovách na základe štyroch parametrov prostredia: prevádzková teplota, koncentrácia oxidu uhličitého, hladina hluku a úroveň osvetlenia. Kim a Geng použili Kanov model na štúdium vplyvov jednotlivých faktorov kvality vnútorného prostredia na celkovú spokojnosť. Obaja našli nelineárne vzťahy medzi faktormi kvality vnútorného prostredia a celkovou spokojnosťou. Nawawi a Khalil zistili, že 74 % aspektov výkonnosti verejných budov v Malajzii je vo vysokej korelácii so spokojnosťou obyvateľov. Vischer zhodnotil predchádzajúcu literatúru a diskutoval o tom, ako boli ľudia ovplyvnení pracovným prostredím, čo vytvorilo smer pre budúci výskum. Okrem toho existuje veľké množstvo literatúry, ktorá skúmala parametre kvality vnútorného prostredia, environmentálnu spokojnosť a zdravie v zelených a konvenčných budovách. Tieto štúdie zistili, že obyvatelia zelených budov uvádzali vyššiu spokojnosť so životným prostredím a pohodu ako obyvatelia konvenčných budov, čo bolo spôsobené najmä vynikajúcou úrovňou kvality vnútorného prostredia v zelených budovách. Neadekvátne úrovne kvality vnútorného prostredia sú spojené s bolesťami hlavy a ťažkosťami s koncentráciou, negatívnymi náladami, zníženou pracovnou motiváciou, zníženou kognitívnou kapacitou a zlým pracovným výkonom, vnímané nepohodlie, nespokojnosť s vnútorným prostredím, nespokojnosť s prácou atď. Typické opatrenia kvality vnútorného prostredia zahŕňajú aspekty kvality vnútorného vzduchu a vetrania, tepelného komfortu, umelého a prirodzeného osvetlenia a hluku a akustiky. Vnútorné prostredie sa považuje za príjemné, keď 80 % jeho obyvateľov je spokojných s prostredím. Účinky kvality vnútorného prostredia na produktivitu práce sú široko zdokumentované; len veľmi málo štúdií sa však zameriava na tieto komplexné faktory kvality vnútorného prostredia s fyzickými, sociálno-psychologickými a kultúrnymi perspektívami v jednej štúdií. Vedci identifikovali štyri hlavné vzájomne prepojené aspekty, ktoré ovplyvňujú produktivitu práce:

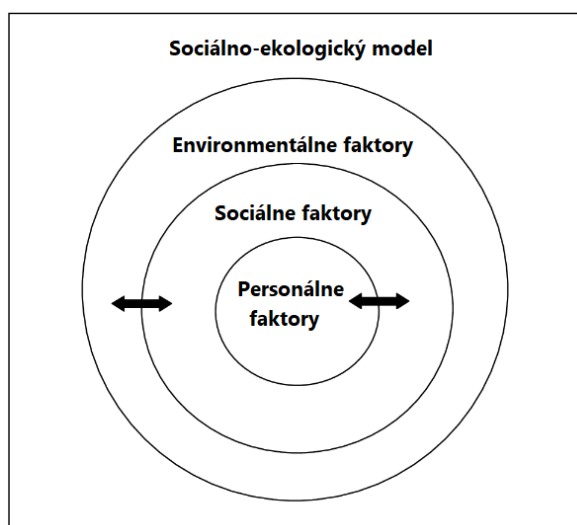
- osobné,
- sociálne,
- organizačné a
- environmentálne faktory (Obr. 3.1).

Čo sa týka faktorov ovplyvňujúcich kvalitu vnútorného prostredia výskumníci rozlíšili tri zložky vrátane fyziologických, psychologických a fyzických podmienok prostredia. Spomedzi mnohých fyzikálnych faktorov boli kľúčovými faktormi ovplyvňujúcimi produktivitu obyvateľov (Obr. 3.2):

- tepelný komfort,
- kvalita vnútorného vzduchu a vetranie,
- osvetlenie,
- hluk a akustika a
- usporiadanie kancelárie.

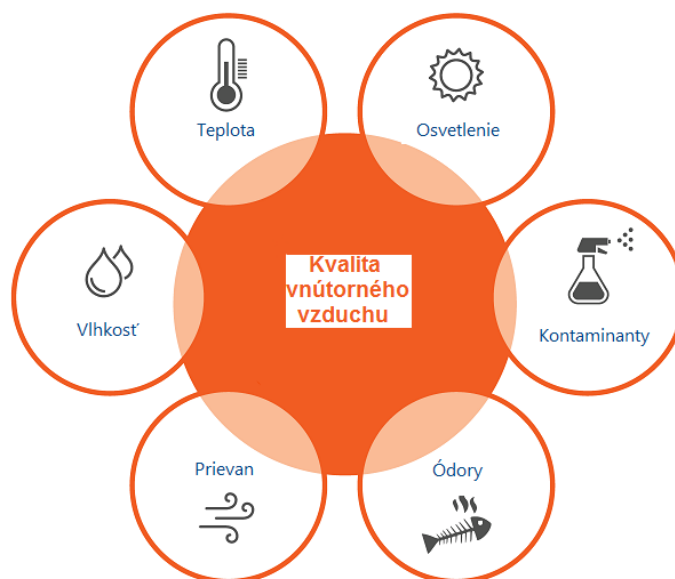
Niektorí vedci dokonca považujú tepelnú pohodu za jeden z najdôležitejších faktorov spokojnosti užívateľov spomedzi všetkých aspektov kvality vnútorného prostredia. Rastúci počet výskumníkov sa však zameriava na kvalitu osvetlenia a akustiky alebo kombinované aspekty kvality vnútorného prostredia ovplyvňujúce produktivitu. Kvalita vnútorného prostredia sa stala vzájomne prepojeným, multidisciplinárnym a komplikovaným problémom, pretože dizajn nových budov sa stáva sofistikovanejším s viacerými kancelárskymi dispozíciami, pokročilými technológiami snímania a centralizovanými aj decentralizovanými automatizačnými systémami. Tieto faktory umožňujú obyvateľom, individuálne a kolektívne so spolupracovníkmi, upraviť vnútorné prostredie; spokojnosť s týmito úpravami si však vyžaduje ďalšie skúmanie.

Obr. 3.1 Klíčové faktory ovplyvňujúce kvalitu vnútorného prostredia v budovách



Zdroj: <https://www.semanticscholar.org/paper/The-Influence-of-Personal%2C-Social%2C-and-Factors-on-Flack/5e9a917af0d39fd72ddc58023638281f14437518>

Obr. 3.2 Klíčové faktory ovplyvňujúce kvalitu vnútorného prostredia v budovách



Zdroj: <https://taf.ca/retrofits-improve-the-indoor-environment/>

Mnohé aspekty vnímania alebo spokojnosti s kvalitou vnútorného prostredia v budovách sú skutočne výsledkom osobného zdravia, nálady a faktorov prostredia. Jeden aspekt kvality vnútorného prostredia, ktorý môže ovplyvniť spôsob, akým užívatelia budov reagujú na iné aspekty. Spokojnosť s jedným fyzickým parametrom kvality vnútorného prostredia silne závisí od spokojnosti so všetkými ostatnými ukazovateľmi kvality vnútorného prostredia; preto je dôležité zväziť všetky faktory kvality vnútorného prostredia holisticky. Napríklad obťažovanie hlukom, zlé osvetlenie a tepelná nepohoda, jednotlivo alebo v kombinácii, výrazne znižujú spokojnosť užívateľov budov. Ešte dôležitejšie je, že vzťah príčiny a následku by mohol byť prepletený. Zatiaľ čo sa vo všeobecnosti predpokladá, že kvalita vnútorného

prostredia v budovách priamo ovplyvňuje produktivitu a motiváciu užívateľov, očakávania alebo postoje by mohli ovplyvniť spokojnosť s kvalitou vnútorného prostredia budov, čím nepriamo ovplyvňujú produktivitu užívateľov. Pojem „behaviorálne prostredie“ navrhli niektorí výskumníci, ktorí v analýzach pohodlia užívateľov a iných aspektov kvality vnútorného prostredia zdôrazňujú behaviorálne aj sociálne faktory (napr. súkromie, spolupráca, rozptýlenie). Väčšina výskumov sa však zamerala na individuálne účinky jedného alebo obmedzeného aspektu kvality vnútorného prostredia. Preto sú potrebné hlbšie analýzy na preskúmanie synergických účinkov vzájomne prepojených aspektov kvality vnútorného prostredia a produktivity práce. Dôležitejšie je, že faktory demografických rozdielov, sociálnych vplyvov alebo skupinovej dynamiky sú kritické, no často sa pri hodnotení kvality vnútorného prostredia podceňujú alebo ignorujú. Vedci zdôraznili, že existuje medzera v dôkazoch vysvetľujúcich súvislosti medzi faktormi bývania, vnímaním kvality vnútorného prostredia a dizajnom budovy.

3.1 Výhody kvalitného vnútorného prostredia v kancelárskych budovách

V posledných dvoch desaťročiach bol zaznamenaný rastúci záujem o vplyv kvality vnútorného prostredia na pracovnú výkonnosť. Vplyv kvality vnútorného vzduchu na výkonnosť užívateľov sa stal problémom v dôsledku rozsiahleho výskumu a pochopenia silných väzieb medzi faktormi ako je vetranie, klimatizácia, vnútorné znečisťujúce látky a nepriaznivé účinky na zdravie a komfort užívateľov. V reálnom prostredí je veľmi ťažké zhodnotiť vplyv jedného parametra na ľudský výkon, najmä z dôvodu, že mnohé z týchto parametrov sú prítomné súčasne, a v dôsledku toho pôsobia spoločne na každého jednotlivca. Okrem toho, motivácia pracovníka ovplyvňuje vzťah medzi výkonom a podmienkami prostredia, u vysoko motivovaných pracovníkov je menej pravdepodobné, že sa zníži výkonnosť v nepriaznivom prostredí. Vnútorné prostredie by malo chrániť a zlepšovať zdravie užívateľov, komfort a ich výkonnosť. Ľudia trávajú veľa času vo vnútornom prostredí budov a sú vystavení širokej škále znečisťujúcich látok z vnútorných zdrojov, napríklad administratívni pracovníci trávajú celý svoj pracovný čas v kanceláriách. U ľudí pracujúcich v interiéri budov sa často objavia príznaky ako bolesti hlavy, problémy s dýchaním, kašľanie, nevoľnosť atď. Avšak, málokedy je možné dokázať, že tieto príznaky súvisia so znečistením prostredia v budovách. Mnohé zahraničné štúdie hodnotenia kvality vnútorného prostredia v budovách preukázali jednoznačný význam, výskyt a vplyv podmienok prostredia v interiéri administratívnych budov na výkonnosť ich užívateľov. Z analýzy nákladov a benefitov vyplýva, že aj malé zlepšenie výkonnosti pracovníka je vysoko ziskové a náklady pre zlepšenie kvality vnútorného prostredia majú rýchlu návratnosť. Táto problematika predstavuje náročnú vedecko - výskumnú oblasť, pri riešení ktorej je nutné využívať existujúce poznanie viacerých interdisciplinárnych oblastí. Na Harvardskej univerzite T.H. Chan School of Public Health, projekt „Zdravé budovy“ skúma, ako presne vyzerá „zdravá budova“. Iniciatíva je duchovným dieťaťom profesora environmentálneho dizajnu Josepha Allena a jeho tímu, ktorí syntetizovali širokú škálu environmentálnych výskumov do zhusteného prístupu, ktorý nazývajú 9 základov zdravej budovy. Tieto základy tvoria prvky, ktoré tvoria vnútorné vybudované prostredie:

1. kvalita vzduchu,
2. tepelný stav,
3. vlhkosť,
4. prach a škodcovia,
5. bezpečnosť a ochrana,
6. kvalita vody,
7. hluk,
8. osvetlenie,
9. výhľad,
10. vetranie.

Týchto 9 základov vyžaduje správnu rovnováhu na podporu čo najlepšieho vnútorného prostredia. Tento zoznam možno najlepšie použiť ako odrazový mostík na identifikáciu problémových oblastí vo vnútornom prostredí a vytvorenie súboru kritérií, podľa ktorých možno vnútorné priestory hodnotiť a skúmať (Obr. 3.3).

Obr. 3.3 9 Základných faktorov zdravých budov



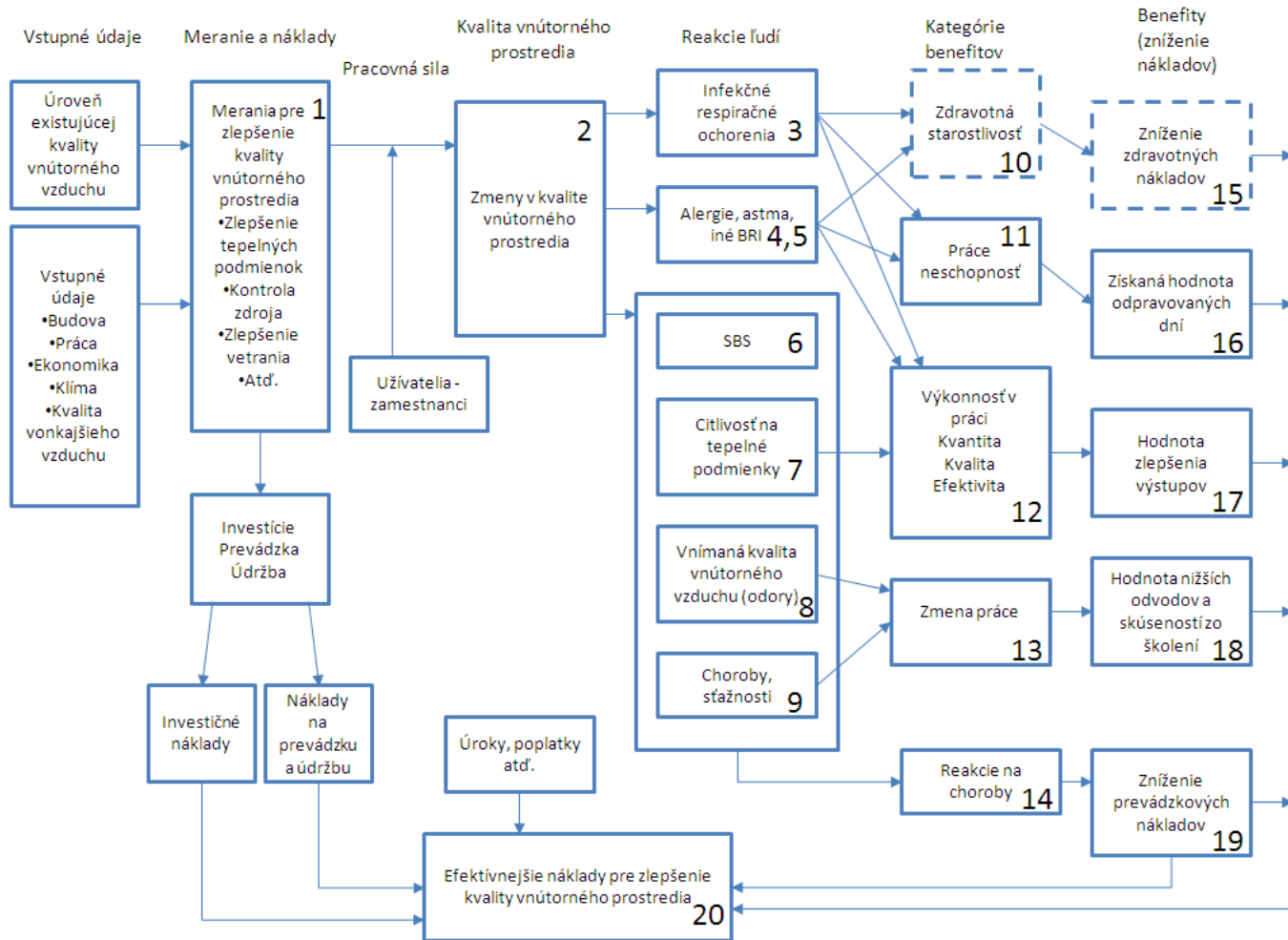
Zdroj: <https://www.terramai.com/blog/10-ways-indoor-environments-affect-people/>

3.1.1 Efektivita práce

Makroekonomické odhady ukazujú, že potenciálne výhody zo zlepšenia kvality vnútorného prostredia sú pre spoločnosť významné. Odhadované náklady sú podľa niektorých výpočtov na zhoršenie kvality vnútorného prostredia vyššie, ako náklady na energiu na vykurovanie v rovnakých budovách. Potenciálne výhody zo zlepšenia zdravia a vyššej produktivity nie sú všeobecne používané v bežných ekonomických výpočtoch vzťahujúcich sa na projektovanie a prevádzku budov. Vo výpočtoch sa bežne uvažuje len s počiatočnými nákladmi na energiu a údržbu budovy. Podľa niekoľkých vzorových výpočtov bolo dokázané, že viacero opatrení na zlepšenie kvality vzduchu v miestnosti je nákladovo efektívnejšie, ak sú benefity zo zdravia a produktivity, ktoré sú zahrnuté do výpočtu. Na základe týchto výpočtov bol vyvinutý koncepčný model – diagram (Obr. 3.4) pre odhad efektívnosti nákladov rekonštrukcie vnútorných priestorov budov.

Základnou myšlienkou diagramu (Obr. 3.4) je ukázať významnosť nákladov a benefítov a väzby, ktoré by mali byť zahrnuté v odhadoch nákladov a výnosov z konštrukčných zmien, rekonštrukcií a zmeny prevádzky budovy, ktoré majú vplyv na vnútornú klímu. Z diagramu je zrejmé prepojenie medzi zlepšením kvality vnútorného prostredia a možnými benefítmi. Diagram zahŕňa aj ročné náklady, prevádzkové náklady a úspory nákladov na zlepšenie kvality vnútorného prostredia.

Obr. 3.4 Ekonomický diagram pre kvalitu vnútorného prostredia. Diagram zobrazuje väzby medzi budovami, možnými benefitmi a zlepšením vnútorného prostredia



Zdroj: SEPPÄNEN, O., FISK, W. J.: A procedure to estimate the cost effectiveness of the indoor environment improvements in office work. *Creating the Productive Workplace*, 2nd edn, London, Taylor & Francis, 2006, s. 407-433.

Z. Budaiová, Hodnotenie prostredia v budovách vo väzbe na výkonnosť ich užívateľov, TUKE, 2013, s. 119

Vstupné dáta a návrh alebo rekonštrukčné opatrenia (bunka 1) vedú k zlepšeniu v jednom alebo vo viacerých podmienkach vnútorného prostredia (napr. zníženie koncentrácie znečisťujúcich látok), čo ovplyvňuje jednu alebo viac reakcií človeka (bunky 3-9), ako je napr. zdravotný stav, úroveň komfortu. Reakcie ľudí sú prepojené s kategóriou benefitov (bunky 10-14) ako je zdravotná starostlivosť, počet dní práceneschopnosti. Nakoniec, kategórie benefitov sú prepojené s ekonomickými benefitmi (bunky 15-19). Reakcie ľudí na realizovanie opatrení pre zlepšenie sú dôsledkom zlepšenia podmienok vnútorného prostredia (bunka 2). Vplyv opatrení pre zlepšenie kvality vnútorného prostredia závisí od už existujúcej úrovne kvality vnútorného prostredia v budovách. Napríklad zníženie úrovne koncentrácie znečisťujúcich látok získané zvýšením intenzity vetrania bude ovplyvnené počiatočnou intenzitou vetrania a prítomnosťou zdrojov znečistenia v budove.

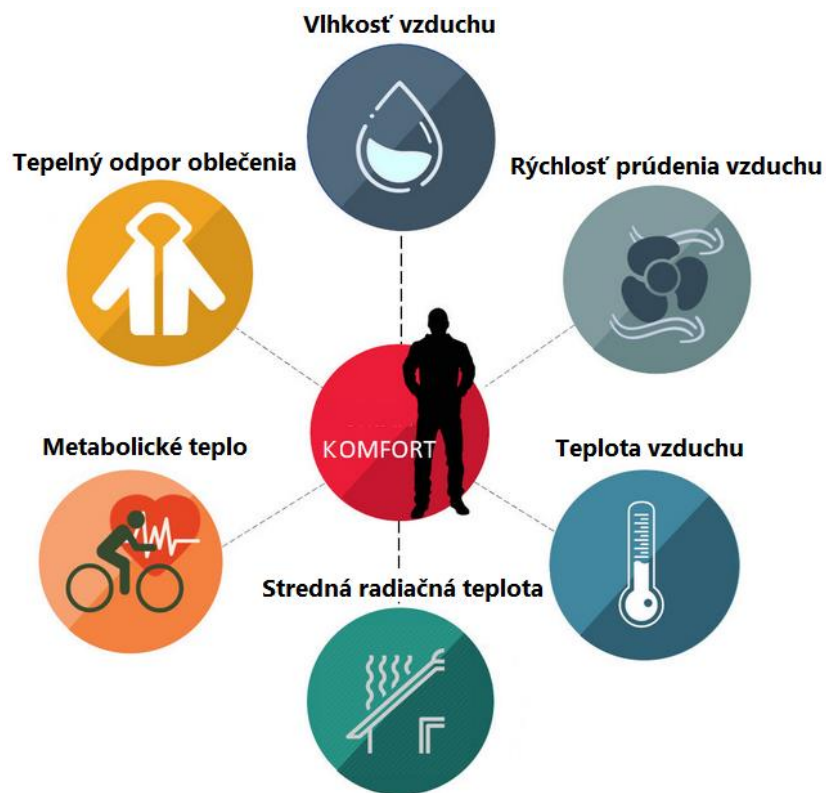
3.2 Zdravie, komfort a kvalita vnútorného prostredia v administratívnych budovách

Vzhľadom k tomu, že ľudia trávajú veľa času vo vnútri budov, je nevyhnutné, aby vnútorné prostredie bolo zdravé a bezpečné. Materiály, povrchové úpravy a zariadenie interiéru môžu negatívne pôsobiť na zdravie a prostredie, napr. vyparovanie VOC negatívne ovplyvňuje kvalitu vnútorného prostredia.

Medzi zložky kvality vnútorného prostredia, ktoré ovplyvňujú komfort užívateľov, patrí hluk, kvalita vzduchu, osvetlenie (denné a umelé osvetlenie), údržba, odoory, tepelný komfort (tepelná pohoda) a kvalita vetrania (Obr. 3.5). Ostatné zložky kvality vnútorného pracovného prostredia, ktoré ovplyvňujú pohodu sú estetika, ovládanie osvetlenia a teploty, ergonómia, nábytok, povrchy, priestorové usporiadanie a výhľad.

Tepelná pohoda (komfort) je definovaný ako pocit spokojnosti s tepelným stavom prostredia. Tepelná pohoda človeka závisí nielen od fyzikálnych podmienok daného prostredia, ale aj od fyziologických a psychických vplyvov, ktoré pôsobia na ľudský organizmus. Vyjadrenie tepelného pocitu človeka je do určitej miery individuálne a subjektívne. Tepelný komfort môže byť znižovaný lokálnym ochladzovaním, prehrievaním tela asymetriou tepelnej radiácie z chladných a teplých povrchov, priesvanom (rýchlosť prúdenia vzduchu); vertikálny rozdiel teploty vzduchu medzi hlavou a úrovňou členkov je veľký, teplota povrchu podlahy je príliš vysoká alebo nízka.

Obr. 3.5 Tepelná pohoda



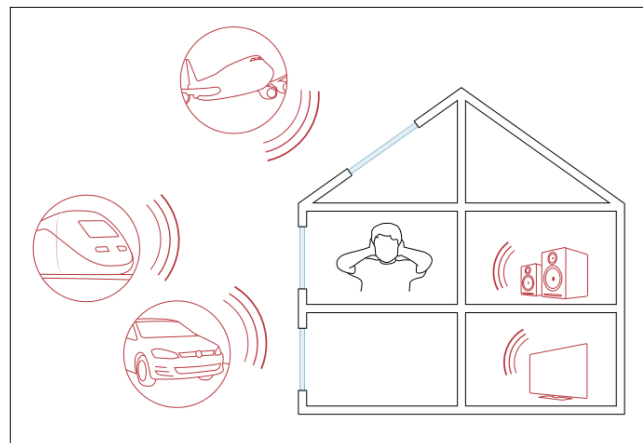
Zdroj: <https://www.simulationhub.com/blog/role-of-cfd-in-evaluating-occupant-thermal-comfort>

Niekoľko štúdií skúmalo účinky teploty vzduchu na výkonnosť. Ľudia sú schopní odolať negatívnym účinkom tepelného nepohodlia tým, že vyvíjajú väčšie úsilie. To je pravdepodobne spôsobené existenciou "kognitívnej rezervy", ktorá umožňuje ľuďom udržať svoju výkonnosť pri krátkej expozícii, aj keď sú nepriaznivé podmienky vo vnútornom prostredí. Toto je príklad ľudskej schopnosti vysporiadať sa s krátkodobými požiadavkami. Avšak, opakujúca sa, a neustála

snaha môže mať negatívne dôsledky pre zdravie. S ohľadom na tento názor, je potrebné sa v kanceláriách vyhnúť zlým podmienkam vnútorného prostredia, napr. zvýšeniu teploty a/alebo tepelnej nepohode.

Akustický komfort (Obr. 3.6) je definovaný ako „stav spokojnosti s akustickými podmienkami prostredia“. Avšak termín akustický komfort nie je bežne používaný a vytváranie dobrých akustických podmienok prostredia je spojené s prevenciou vzniku akustického diskomfortu (nepohodlia – obťažovania hlukom). Negatívne vplyvy hluku na zdravie človeka sa prejavujú predovšetkým v oblasti sluchového orgánu. Dlhodobá hluková expozícia vyššej intenzity spôsobuje postupné nevratné poškodenie zmyslových a nervových buniek Cortiho orgánu vo vnútornom uchu a vážne znižuje schopnosť počutia.

Obr. 3.6 Akustický komfort ovplyvňujú vonkajšie aj vnútorné zdroje hluku



Zdroj: <https://medium.com/@iegandwellbeing/indoor-environmental-quality-parameter-56aab5cffd8>

Svetlo ako dôležitý faktor architektonického prostredia rozhodujúcim spôsobom ovplyvňuje videnie, zdravie a pohodu človeka. Vizuálnou pohodou sa rozumie stav spokojnosti, ktorý človek prežíva vtedy, ak sa vo svojom prostredí dobre cíti, a ak mu nijaké rušivé svetelné podnety ani nevyhovujúce vizuálne podmienky nebránia pohodlne sa venovať svojej činnosti. Zmenami svetelných podmienok v čase pomocou vyššej osvetlenosti, rozloženia jas a širšieho rozsahu teploty chromatickosti, možno denným svetlom alebo špecializovaným riešením umelého osvetlenia stimulovať ľudí a pozdvihnúť ich duševnú pohodu (Obr. 3.7).

Obr. 3.7 Vizuálny komfort



Zdroj: <https://medium.com/@iegandwellbeing/indoor-environmental-quality-parameter-56aab5cffd8>

Uzavreté kancelárie poskytujú dostatok vizuálneho a akustického súkromia, oproti open space kanceláriám, v ktorých sa znižuje vizuálne a akustické súkromie a ovládateľnosť tepelných a svetelných podmienok.

Problematika výskytu tuhých častíc je závažná tak v pracovnom prostredí (profesionálna expozícia), ako aj v životnom prostredí. Účinky tuhých častíc na človeka môžu byť špecifické alebo nešpecifické. Špecifické prejavy sú toxické a fibrogénne, nešpecifický účinok je charakterizovaný ako dráždivý.

Človek vníma ošetrovacie látky (CO₂ a TVOC) čuchovým zmyslom, pričom často dochádza k tzv. inverzii, keď príjemne voňajúce látky po dosiahnutí určitej koncentrácie alebo v kombinácii s inými látkami sa menia na nepríjemne zapáchajúce. Vysoké koncentrácie CO₂ sú dôvodom zníženej schopnosti sústrediť sa a zníženej rýchlosti reakcie, zvýšená koncentrácia CO₂ je spojená s pocitom nepohody (diskomfortu) a zvýšeným ošetrovovým vnemom. Prchavé organické zlúčeniny sú v súčasnosti považované za významnú kategóriu škodlivín negatívne pôsobiacich na zdravie a komfort užívateľov budov.

Jedným zo spôsobov názoru na možné vplyvy budov na zdravie ich užívateľov – a tým aj na výkonnosť a súvisiace náklady – je zistenie frekvencie rôznych zdravotných problémov. Tento prístup sa používa v štúdiách zaoberajúcich sa syndrómom chorých budov (Sick Building Syndrome) a kvalitou vzduchu. Z výsledkov štúdie vyplýva, že ak užívatelia uvádzajú viac príznakov, dochádza k zníženiu ich výkonnosti. V dotazníkoch užívatelia označujú príznaky fyzických chorôb a taktiež psychologické problémy, príklady sú uvedené v tabuľke (Tab. 3.1).

Obr. 3.8 Parametre vplyvajúce na kvalitu vnútorného prostredia (Indoor Environmental Quality – IEQ)



Zdroj: <https://medium.com/@ieqandwellbeing/indoor-environmental-quality-parameter-56aab5cfd8>

Svetová zdravotnícka organizácia definuje syndróm chorých budov (SBS) ako súbor zdravotných ťažkostí, ktoré súvisia so zlou kvalitou vnútorného prostredia. Termín syndróm chorých budov popisuje súbor nešpecifických symptómov, ktoré boli zoskupené do piatich kategórií:

Senzorické podráždenie očí, nosa alebo hrdla

- Sucho; pálenie, dráždivý pocit; chrapt, zmena hlasu.

Podráždenie pokožky

- Sčervenanie kože; pálenie, svrbenie; suchá koža.

Neurotoxické symptómy

- Duševná únava; znížená pamäť; letargia, ospalosť; znížená schopnosť koncentrácie; bolesť hlavy; závraty, intoxikácia; nevoľnosť; únava.

Bližšie neurčené hyperactions

- Výtok z nosa a očí; príznaky podobné astme.

Zápach a chuť

- Zmenené citlivosti; nepríjemný zápach alebo chuť.

Tab. 3.1 Príklady zdravotných ťažkostí použité v rôznych štúdiách

Dotazníky zdravia a pracovnej výkonnosti	Dotazníky zdravia a práce	Rôzne dotazníky symptómov SBS
Pocit závratu	Zápal	Dráždenie očí
Pocit únavy	Netrpezlivý	Namáhanie očí
Problémy so spánkom	Ťažkosti so sústredením	Výtok z nosa
Bolesti hlavy	Vyčerpanosť	Bolesť v krku
Bolesti chrbta alebo krku		Ťažkosti s dýchaním
Bolesť kĺbov atď.		Zvieranie na hrudi
Svalová bolesť		Vyrážky
Slzenie, výtok z nosa alebo upchatý nos		Suchá pokožka
Kašeľ alebo bolesť v krku		Bolesti hlavy
		Únava
		Znížená koncentrácia

3.2.1 Syndróm chorých budov (SBS)

Ľudia, ktorí pracujú v administratívnych budovách sú negatívne ovplyvňovaní mnohými zdrojmi znečisťujúcich látok (prchavé organické zlúčeniny) vo vnútornom prostredí, ako sú uvoľňovanie - vyparovanie zo stavebných materiálov, farba, drevotriestkové dosky (použité ako nábytok a stavebné konštrukcie), vinyl (použitý ako podlaha a obloženie stien). Tieto materiály môžu byť zdrojom škodlivín, ako je formaldehyd, prchavé organické zlúčeniny, biologické činitele vo vzduchu. Ľudia, ktorí sú neustále vystavení kontaminovaným oblastiam dlhšiu dobu, môžu sa u nich vyskytnúť negatívne zdravotné príznaky, často spojené so syndrómom chorých budov (SBS). Často, symptómy súvisiace s SBS po odchode z budovy vymiznú - stratia sa. Avšak v prípade dlhodobej expozície znečisťujúcich látok vo vnútornom prostredí, ktoré vedú k chronickým ochoreniam, opustením znečisteného prostredia alebo budovy sa nemusí zaručiť zmiznutie príznakov.

Užívatelia budov sa môžu sťažovať na príznaky ako (Obr. 3.9):

- Podráždenie očí, nosa alebo hrdla,
- Podráždenie kože,
- Bolesť hlavy, závrat alebo nevoľnosť,
- Neschopnosť sústrediť sa,
- Precitlivosť na pachy alebo chuť.



Zdroj: <http://www.radonss.com/north-alabama-sick-building-syndrome/>

Všetky príznaky sa môžu minimalizovať alebo zmiznúť, keď sú obyvatelia mimo budovy. Podľa EPA môžu nasledujúce diagnostické otázky poukazovať na možnosť SBS:

- Súvisia problémy dočasne s časom stráveným v konkrétnej budove alebo v časti budovy?
- Vymiznú príznaky, keď osoba nie je v budove?
- Opakujú sa príznaky sezónne (vykurovanie, chladenie)?
- Zaznamenali kolegovia, kolegovia podobné sťažnosti?

Spôsoby, ako zabrániť syndrómu chorých budov:

- Použitie ozónu na odstránenie mnohých zdrojov, ako sú VOC, plesne, baktérie, vírusy a pachy,
- Odstránenie zdroja znečisťujúcich látok alebo úprava skladovania zdrojov,
- Výmena vodou znečistených stropných obkladov a kobercov,
- V dobre vetraných priestoroch používajte farby, lepidlá, rozpúšťadlá a pesticídy a používajte tieto zdroje znečisťujúcich látok počas obdobia, keď nie ste prítomní,
- Zvýšte počet výmen vzduchu.

Nízka intenzita vetrania vo všeobecnosti vedie k zvýšeniu výskytu nepriaznivých zdravotných účinkov, vrátane SBS symptómov a infekčných chorôb šíriacich sa vzduchom. Všeobecne platí, u užívateľov v budovách s núteným vetraním je zaznamenaný vyšší výskyt príznakov SBS ako v prirodzene vetraných budovách. Existuje pomerne silný dôkaz toho, že existuje korelácia medzi teplotami nad 23 °C a výskytom symptómov. Z tohto dôvodu by malo byť obmedzené vykurovanie na 22 °C v zime. Bolo preukázané, že SBS súvisia s mikroorganizmami, ktoré sú vo väčšom množstve prítomné v starších budovách ako v novších.

Štúdie potvrdili, že tuhé častice sú významným faktorom SBS, sú súčasťou vzduchu a môžu sa dostať priamo na kožu alebo požit' s jedlom či pitím. Je zrejme, že existuje mnoho kombinácií zdrojov znečisťujúcich látok a tieto zdroje nemusia byť nezávislé.

Hluk môže spôsobovať, respektíve prispievať k SBS symptómom rôznymi spôsobmi, závisí to na mnohých faktoroch – psychologických a fyziologických, ktoré sú rôzne v prípade jednotlivých užívateľov. Hluk z vonkajšieho prostredia a dopravy v klimatizovaných budovách s tesnými oknami zvyčajne nie je problémom. V starších budovách, kde sa

otvorenie okna používa na vetranie, hluk z vonkajšieho prostredia môže byť vážnym problémom. V open space kanceláriách nízke hladiny hluku sú prijateľné, môžu byť dokonca užitočné pre tlmenie celkovej hlukovej záťaže. Osvetlenie má potenciál ovplyvňovať zdravie a komfort. Vnútorne prostredie s nevhodným osvetlením môže byť príčinou SBS, môže vytvárať nepríjemný pocit v oku, namáhať oči a spôsobovať únavu. Osvetlenie interiéru má tri hlavné ciele – bezpečný pohyb, vykonávať úlohy a zabezpečiť výhľad von. Plnenie úloh do značnej miery závisí na veku a zraku užívateľov, rovnako ako na úlohách, ktoré vykonávajú. Ľudia, ktorí majú pracovisko umiestnené pri okne majú tendenciu mať menej príznakov SBS, aj keď žiadny dôvod k tomu zatiaľ nebol potvrdený; dôvod je možno psychologického charakteru.

Obr. 3.10 Hlavné príčiny syndrómu chorých budov



Zdroj: <https://twitter.com/theairgloss/status/1281241704645799937>

3.3 Výkonnosť užívateľov

3.3.1 Hodnota výkonnosti

Zvýšenie výkonnosti má značnú hodnotu. Ako uvádza Clements-Croome väčšina nákladov spoločnosti - firmy, organizácie je použitých na zamestnancov a ich platy - zatiaľ čo náklady na výstavbu a prevádzku budovy sú relatívne malé pri zohľadnení životnosti budovy. Špecifické pomery zistené v rôznych štúdiách sa líšia: Evans a kol. zistil pomer 1:5:200 pre počítačové náklady na výstavbu, údržbu a prevádzku, obchodné prevádzkové náklady, ako sú platy zamestnancov; Wu a Clemets-Croome odhadli pomer 1:8:80; vo výskume vykonanom v USA sa zistilo, že náklady na zamestnancov sú 100 - 200 krát vyššie ako náklady na energiu a 20 - 44 krát vyššie ako prevádzkové náklady na

systémy techniky prostredia. Aj napriek tomuto rozptylu, je zrejmé, že náklady na pracovníkov sú oveľa vyššie ako náklady na budovy. Tento rozdiel v nákladoch naznačuje, že aj veľmi malé účinky na pracovnú výkonnosť, môžu mať veľkú hodnotu, a byť vysoko efektívne z hľadiska nákladov. Wyon zistil, že 0,5 % vplyv na výkonnosť by náklady na modernizáciu nezdravých administratívnych budov v USA získal späť za necelých 1,6 rokov. Z toho vyplýva, že náklady na zle navrhnuté budovy môžu byť tiež veľmi významné. Je dôležité zabezpečiť, aby budovy umožnili ich užívateľom, aby boli produktívni – výkonní. Za týmto účelom je potrebné merať výkonnosť užívateľov budov.

3.3.2 Definícia výkonnosti

Výkonnosť je zvyčajne definovaná ako pomer vstupov a výstupov, táto definícia je založená na procese výroby, v ktorom je možné merať počet produktov za hodinu. Avšak definovanie a meranie výkonnosti v rámci administratívy (administratívnej práce) je dosť problematické, tento problém bol diskutovaný vo viacerých štúdiách. Napríklad, ako by mala byť posúdená výkonnosť človeka, ktorý píše správy? Podľa počtu slov? Problémy spôsobené variabilitou kancelárskej práce sú zrejmé - všetky správy nie sú rovnaké. Nedostatok štandardizácie bráni porovnaniu a inhibuje pokusy, aby vznikla celková miera produktivity. Mnoho úloh je jedinečných, a ani nemôžu byť porovnávané s inými úlohami rovnakého typu.

3.3.3 Výkonnosť

Väčšina výskumov, ktoré boli vykonané, skúmali účinky jednotlivých faktorov vnútorného prostredia, ako sú kvalita vnútorného vzduchu, vetranie, tepelná pohoda a teplota vnútorného vzduchu na výkonnosť užívateľov budov. Málo štúdií skúmalo kombinované účinky faktorov vnútorného prostredia na výkonnosť. V týchto štúdiách bola výkonnosť administratívnych prác zisťovaná v laboratórnych podmienkach s použitím testov pre simulovanie administratívnej práce alebo na reálnych pracovných miestach zisťovaním výkonnosti skutočnej administratívnej práce.

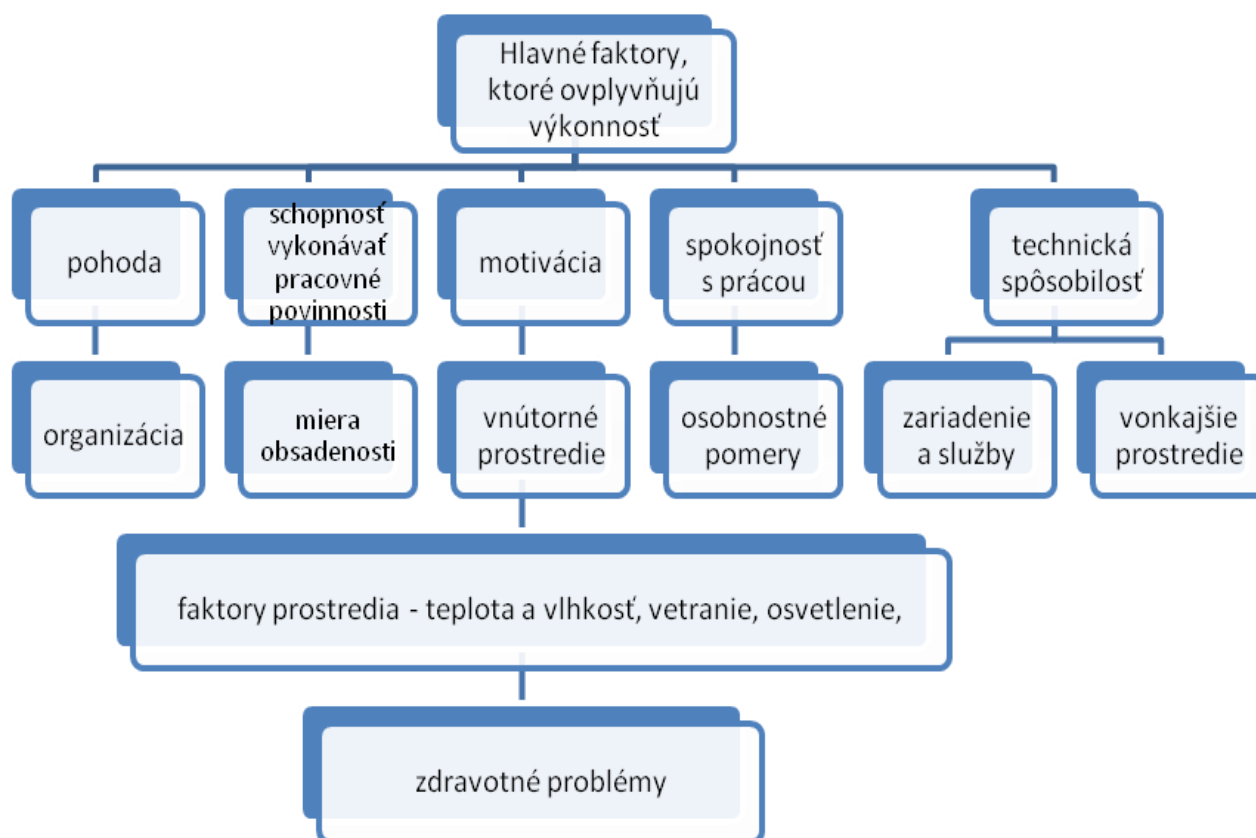
Existuje veľká skupina štúdií, v ktorých bola výkonnosť zisťovaná subjektívnym hodnotením zamestnanca, ako hodnotí svoju výkonnosť, tzv. samohodnotenie výkonnosti. Aj keď nie sú k dispozícii informácie o tom, či samohodnotenie výkonnosti je vhodným nástrojom pre hodnotenie vplyvov kvality vnútorného prostredia na výkonnosť, a ako súvisí s aktuálnou výkonnosťou meranou objektívnymi metódami, subjektívne hodnotenie je často používané hlavne preto, že môže byť vykonávané vo forme dotazníka.

Roelofsen naznačuje, že kvalita vnútorného prostredia je pre výkonnosť užívateľov administratívnych budov dôležitejšia ako uspokojenie z práce a pracovný stres. U užívateľov, ktorí majú zdravotné príznaky ako bolesti hlavy a únava z dôvodu zlej kvality vnútorného prostredia, je málo pravdepodobné, že sa budú cítiť komfortne a že budú produktívni.

Na obrázku (Obr. 3.11) je zobrazený diagram hodnôt, kde všetky z týchto atribútov sú porovnávané z hľadiska dôležitosti použitím párového hodnotiaceho procesu. Tento analytický hierarchický diagram hodnotí vplyv vnútorného prostredia na zdravie a výkonnosť užívateľov kancelárií. Tento diagram je rozdelený do 5 úrovní. Prvú úroveň tvorí jediný faktor, a to výkonnosť užívateľov kancelárií. Na druhej úrovni sú ľudské a spoločenské faktory (napr. organizačné faktory, osobnostné faktory, faktory prostredia), všetky faktory na tretej úrovni sú ovplyvnené všetkými faktormi z druhej úrovne. Štvrtá a piata úroveň súvisí so zdravím a faktormi prostredia.

Ilgel a Schneider klasifikovali metodiku merania výkonnosti do troch kategórií - fyziologická, objektívna a subjektívna. Existuje veľa možností ako objektívne hodnotiť výkonnosť, ktoré môžu byť použité. Sú však obmedzené tým, že môžu posúdiť len určité aspekty výkonnosti.

Obr. 3.11 Hierarchický diagram faktorov ovplyvňujúcich výkonnosť užívateľov budov



Zdroj: Z. Budaiová, Hodnotenie prostredia v budovách vo väzbe na výkonnosť ich užívateľov, TUKE, 2013, s. 119

3.3.4 Objektívna výkonnosť

Testy výkonnosti sú bežne používané v laboratórnych štúdiách, aby bolo možné objektívne hodnotiť výkonnosť ľudí a ich schopnosti. Existuje celý rad testov, ktoré hodnotia rôzne aspekty výkonnosti, vrátane:

- jednoduchá administratívna práca (písanie, počítanie);
- test krátkodobej pamäte;
- test dlhodobej pamäte;
- kreativita;
- riešenie problémov
- rýchlosť spracovania informácií.

Každý test posudzuje len jeden aspekt výkonnosti, skupiny viacerých testov sa bežne používajú k získaniu lepšieho prehľadu o výkonnosti užívateľov, a o tom ako ich môže prostredie ovplyvňovať. Tieto testy boli použité v mnohých štúdiách, kde bol skúmaný vplyv rôznych podmienok vnútorného prostredia na výkonnosť. Problém v používaní testov pre zistenie výkonnosti je ich nepraktickosť. Množstvo úloh si vyžaduje viac ako pol hodiny času, alebo aj dlhšie. Niektoré úlohy môžu trvať aj menej ako 5 minút (napr. rýchlosť spracovania informácií, jednoduché aritmetické výpočty, testy na krátkodobú pamäť), preto ich možno využiť, ak je k dispozícii len obmedzený čas. Skúsenosti ukazujú, že ľudia sú ochotní tráviť až 15 minút pre dotazníkovú formu hodnotenia, z tohto dôvodu potom nezostane priestor pre objektívne testovanie.

Ďalšou možnosťou merania výkonnosti je sledovanie aktivity počítača, meranie úderov na klávesy, kliknutia myšou, možnosti opravy (použitie backspace) a rozsah použitia počítača. Takéto objektívne meranie výkonnosti má aj negatíva, napr. nemeria sa činnosť bez použitia počítača – čo môže zahŕňať významnú časť práce.

Remote Performance Measurement (RPM) je internetovo založená metóda, ktorá bola vyvinutá pre posúdenie účinkov vnútorného prostredia na výkonnosť simulovaných administratívnych úloh zamestnancov v praxi. RPM sa skladá zo sady štandardných úloh (ktoré boli úspešne použité v simulovaných kanceláriách pri laboratórnych experimentoch, napr. prepis textu, jednoduché aritmetické výpočty...) a z dvoch rôznych dotazníkov, ktoré sa používajú na charakterizáciu vnímania a príznakov u respondentov. „Background“ dotazník sa zameriava na všeobecné vnímanie vnútorného prostredia (napr. v predchádzajúcich troch mesiacoch), zatiaľ čo „Instant“ dotazník je zameraný na podmienky vnímané „práve teraz“ a slúži na posúdenie účinkov experimentálneho zásahu, ktorý upravuje podmienky vnútorného prostredia v pracovnom priestore: simultánne merania fyzikálnych parametrov sú teda nutné. Kancelárska práca zahŕňa širokú škálu rôznych úloh, ktoré zahŕňajú komplexný súbor zručností: logické myslenie, časovo neobmedzené myslenie, pozornosť, vytrvalosť, sústredenie, efektívnosť, snaha, prispôsobivosť/flexibilita, komunikácia, krátkodobá pamäť, presnosť, ostražitosť, motivácia, pochopenie/porozumenie, analytické schopnosti, plánovanie a organizácia... Hoci uvedené zručnosti nemusia byť rovnako citlivé alebo podobne ovplyvňované vnútorným prostredím, môžeme predpokladať, že ak sú tieto zručnosti ovplyvnené zmenami vnútorného prostredia, kancelárska práca bude ovplyvnená taktiež.

Výhody objektívne hodnotenej výkonnosti (pre testy s úlohami):

- zistenie vplyvov výkonnosti;
- môže sa vykonávať na počítačoch;
- kognitívne (známe - poznávacie) účinky môžu poskytnúť mnoho výhod pre mnoho úloh.

Nevýhody objektívne hodnotenej výkonnosti (pre testy s úlohami):

- meranie iba časti výkonnosti;
- výsledky účinkov na výkonnosť sú nejasné;
- len pre poskytnutie údajov;
- testy môžu vyžadovať dlhú dobu merania, čo je nepraktické a nákladné – drahé.

3.3.5 Subjektívna výkonnosť a komfort

Subjektívne hodnotenie výkonnosti použité v mnohých štúdiách je označované aj ako vnímaná výkonnosť užívateľov alebo samohodnotenie výkonnosti. Jedným z hlavných dôvodov pre použitie subjektívneho hodnotenia sú jeho výhody, napr. je to relatívne lacné, rýchle a jednoducho realizovateľné; použitie v rôznych budovách a pracovných miestach, bez toho, aby museli byť prispôsobené konkrétnej situácii; veľké množstvo užívateľov môže byť analyzované v mnohých budovách a výsledky z viacerých budov môžu byť porovnávané.

Existuje celý rad variantov na základnú otázku, výkonnosť môže byť posudzovaná po rôznych časových úsekoch, použitím rôznych škál a hodnotenie získané z rôznych zdrojov. Táto široká škála a rôznorodosť obsahuje:

- otázky o výkonnosti ľudí môžu byť položené rôznymi spôsobmi,
- môže byť hodnotená za určité časové obdobie,
- škály môžu byť numerické alebo ordinálne,
- hodnotenie môže vykonať samostatne, s kolegami prípadne nadriadený zhodnotí výkonnosť podriadených.

Vplyv prostredia na subjektívnu výkonnosť sa zdá byť vhodným prostriedkom pre zistenie subjektívnej výkonnosti. Keď sú ľudia nespokojní s podmienkami vnútorného prostredia, majú tendenciu vykazovať negatívny vplyv na ich výkonnosť. Táto závislosť je dokladovaná mnohými štúdiami, v ktorých boli zistené väzby medzi podmienkami vnútorného prostredia a objektívnym meraním výkonnosti.

Existujú dôkazy, že vnímaná výkonnosť môže odrážať skutočnú produktivitu. Všeobecné vzťahy medzi vnímanou výkonnosťou a environmentálnymi faktormi boli potvrdené laboratórnymi testami na základe objektívnych meraní výkonnosti. Presnosť úsudku ľudí o ich výkonnosti je však veľmi diskutabilná. Vzájomný vzťah medzi subjektívnym a objektívnym hodnotením výkonnosti je veľmi slabý. Túto metódu hodnotenia výkonnosti nemôžeme považovať za presnú, ale môžeme ju považovať za informačnú metódu.

V niekoľkých štúdiách bolo zistené, že existuje vzťah medzi kvalitou vnútorného prostredia a spokojnosťou užívateľov s ich pracovným prostredím. Nicol a Humphreys zistili, že spokojnosť a komfort užívateľov s vnútorným prostredím má priamu súvislosť s úrovňou samohodnotenia výkonnosti. Zistili, že fyzikálne prostredie ovplyvňuje spokojnosť zamestnancov, čo ovplyvňuje efektivitu zamestnancov, čím môže byť ovplyvnená prevádzka, pracovný postup (priebeh) a financie spoločnosti (firmy - podniky). Vnútorné prostredie je definované ako dôležitá súčasť spokojnosti a výkonnosti zamestnancov. Ďalej uviedli, že nízka kvalita prostredia môže predĺžiť čas stratený v dôsledku choroby a stres môže viesť k nehodám a môže spomaliť tempo práce alebo znížiť kvalitu výstupov.

V ďalšej štúdii zisťovali ako tepelná pohoda ovplyvňuje spokojnosť a výkonnosť užívateľov. Štúdia bola vykonaná v 6 administratívnych budovách, kde porovnávali odpovede užívateľov z dotazníkov so špecifickými kritériami stanovenými ASHRAE. Iba 57 % užívateľov bolo spokojných s teplotou, čo bolo pod akceptovaným štandardom podľa ASHRAE (80 % a viac užívateľov spokojných s teplotou). Približne 80 % respondentov uviedlo, že tepelná pohoda by mohla zvýšiť ich pracovnú výkonnosť.

V ďalšej štúdii sa skúmalo ako teplota v kanceláriách ovplyvňuje zdravie a výkonnosť. Autori uvádzajú, že teplota v interiéri ovplyvňuje niekoľko ľudských reakcií, vrátane tepelného komfortu, vnímanej kvality vzduchu, príznakov SBS a pracovnej výkonnosti. Vedci zhromaždili merania výkonnosti s jednoduchým modelom vyvinutým na základe predchádzajúcich štúdií. Výsledky ukázali zníženie pracovnej výkonnosti o 2 % pri teplote v °C, keď je teplota asi 25 °C. Taktiež uviedli, že je málo štúdií zameraných na výskum výkonnosti pri nízkych teplotách. Avšak, podľa dostupnej literatúry bol preukázaný negatívny vplyv teploty pod neutrálnou oblasťou na plnenie úloh. Melikov a kol. skúmali 10 mechanicky vetraných administratívnych budov a zistili, že približne polovica (49 %) užívateľov uviedla, že sa denne trápi s teplotnými podmienkami na ich pracovisku a (48 %) bolo nespokojných s kvalitou vnútorného vzduchu. Podobné výsledky boli zaznamenané v inej štúdii, kde iba 57 % užívateľov bolo spokojných s teplotou v interiéri.

Stav spokojnosti s akustickými podmienkami je sledovaná vo viacerých štúdiách. V open space kanceláriách je hluk často spojený s nespokojnosťou užívateľov. Hluk je definovaný ako zvuk, ktorý je hlasný, nežiaduci alebo spôsobuje poruchu. Zdroje hluku v open space kanceláriách sú reč/konverzácia spolupracovníkov, prístroje (napr. tlačiarne, telefóny, systémy techniky prostredia) a doprava. Hluk z týchto zdrojov sa šíri po kancelárii v dôsledku otvorenej dispozície.

Pre zistenie vzťahu medzi akustickými podmienkami v open space kanceláriách a spokojnosťou užívateľov bola vykonaná laboratórna štúdia. Z výsledkov štúdie vplyvu hluku na spokojnosť užívateľov vyplýva, že štandard pre hladinu akustického tlaku 40 – 49,5 dB(A) považovali respondenti za príliš nízku a 55-60 dB(A) za príliš vysokú pre administratívne priestory.

Wright a kol. vykonali experimentálny výskum s cieľom zistiť, aký typ osvetlenia je najvhodnejší pre užívateľov v kanceláriách. Užívatelia (16 z toho 9 mužov) vykonávali v simulovanom kancelárskom prostredí štandardnú administratívnu prácu na PC, ktorá pozostávala z 2 typov úloh – prepis textu a sťahovanie údajov. V experimentálnej miestnosti 6,2x6,3x2,4 m, ktorá pozostávala z pracovného stola, kartotéky, skrinky a poličiek, boli simulované rôzne systémy osvetlenia. Počas simulovania všetkých svetelných podmienok respondenti vykonávali úlohy a vyplnili dotazník týkajúci sa svetelných podmienok. Priemerná hodnota osvetlenosti bola 500 lx, zníženie na 456 – 486 lx podľa dotazníkového hodnotenia respondenti nevnímali ako významné zlepšenie svetelných podmienok; nárast od 500 do 579 lx bol vnímaný ako zlepšenie svetelných podmienok na pracovnom stole pri vykonávaní kancelárskych

úloh. Osvetlenie pracovného stola neovplyvnilo počet chýb pri písaní textu a respondenti hodnotili osvetlenie ako adekvátne (94-100%) pri všetkých simulovaných svetelných podmienkach. Rôzne úrovne osvetlenosti ovplyvňujú vnímanie osvetlenia respondentmi, ale neovplyvnilo to ich pracovnú výkonnosť.

Výhody subjektívne hodnotenej výkonnosti:

- zistenie vplyvov výkonnosti;
- vyplnenie dotazníka väčším množstvom ľudí, pomerne lacno;
- hodnotenie prebieha rýchlo a ľahko;
- všeobecná otázka môže byť všestranne použiteľná;
- je bežnou praxou;
- vzťahy medzi prostredím a subjektívnym meraním sú podporené objektívnym výskumom, čo naznačuje, že je to významný ukazovateľ;
- vysoká korelácia (vzájomný vzťah) medzi vnímanými účinkami a komfortom naznačuje, že vplyvy môžu byť spoľahlivo identifikovateľné.

Nevýhody subjektívne hodnotenej výkonnosti:

- nie je overená presnosť znalosti práce;
- štúdie naznačujú, že ľudia veľmi nízko hodnotia svoju výkonnosť;
- vnímanie výkonnosti je skreslené
- štúdie o vzájomnom vzťahu medzi subjektívnym a objektívnym hodnotením sú málo dostupné (je ich málo);
- numerické stanovenie sa zdá presnejšie ako subjektívne.

3.3.6 Ako zlepšiť pracovné prostredie:

Obmedzte množstvo hluku

Kým niektorí ľudia sa lepšie sústredia v tichu, iní radi pracujú s hlukom v pozadí vrátane hudby. Môžete znížiť hladinu hluku, aby ste vytvorili pokojnejšie a pozitívnejšie pracovné prostredie pre tých, ktorí nemajú radi hluk.

Maximalizujte prirodzené osvetlenie

Pri výbere kancelárskych priestorov dbajte najmä na počet a veľkosť okien. Je lepšie pracovať v kanceláriách s čo najväčším množstvom prirodzeného svetla.

Investujte do ergonomického nábytku

Pohodlný nábytok môže zvýšiť produktivitu, znížiť bolesť a únavu svalov a pozitívne ovplyvniť pohybový aparát.

Udržujte príjemnú teplotu

Hoci sa odborníci nevedia dohodnúť na ideálnej teplote v kancelárii, na základe našich pozorovaní sa najpohodlnejšia teplota pohybuje od 20 do 24 stupňov.

Kontrolujte kvalitu vzduchu

Hoci mnohí ignorujú kvalitu vzduchu v kancelárii, znečistený vzduch môže viesť k rôznym chorobám a zníženej produktivite.

Udržujte priestor organizovaný a prehľadný

Ak rozšírite pracovný priestor, všimnete si zvýšenú efektivitu, motiváciu a kreativitu. Správne by ste si mali rozmiestniť aj nábytok, aby kancelária nepôsobila neusporiadane.

Zahrňte svetlé farby

Farby s vysokou vlnovou dĺžkou majú významný vplyv na úroveň energie, čo prispieva k efektívnejšej práci.

Zabezpečte bezpečnú pitnú vodu

Výskumy ukazujú, že pitie dostatočného množstva vody ovplyvňuje našu pohodu, zlepšuje spánok, zvyšuje energiu a koncentráciu. Vysokokvalitná voda môže zlepšiť duševnú jasnosť a bdelosť, čo vedie k produktívnej práci.

Pridajte viac zelene

Aj keď mnohí ignorujú dôležitosť rastlín v pracovných priestoroch, čím viac zelene máte, tým vyššia bude produktivita vašich zamestnancov.

Poskytnite zdravé jedlo

Na zvýšenie produktivity musia ľudia dodržiavať výživnú a vyváženú stravu. Môžete si objednať čerstvú zeleninu a ovocie, aby boli dostupné pre každého zamestnanca.

Obr. 3.12 Zlé pracovné prostredie znižuje produktivitu



Zdroj: <https://www.alert-software.com/blog/how-to-increase-productivity-in-the-workplace>

3.4 Legislatíva

Podľa zákona č. 355/2007 Z.z. pracovné podmienky sú fyzikálne, chemické, biologické, fyziologické, psychologické faktory a spôsob výkonu práce pôsobiace na zdravie a pracovnú výkonnosť človeka v pracovnom procese; sú ovplyvňované režimom práce, odpočinkom a technickým stavom pracovného prostredia. Zdravé životné podmienky a zdravé pracovné podmienky sú podmienky, ktoré nepôsobia nepriaznivo na zdravie ľudí, ale ho chránia a kladne ovplyvňujú.

Na Slovensku platí Vyhláška Ministerstva zdravotníctva SR č. 259/2008 Z.z., ktorou sa ustanovujú najvyššie prípustné hodnoty zdraviu škodlivých faktorov vo vnútornom prostredí budov. Tepelno-vlhkostnou mikroklimou je komplexné pôsobenie tepla, vlhkosti a prúdenia vzduchu, ktoré je súčasťou celkovej mikroklimy vnútorného prostredia budovy. Základné veličiny na hodnotenie tepelno-vlhkostnej mikroklimy vo vnútornom prostredí sú teplota vzduchu (t_a), operatívna teplota (t_o), výsledná teplota guľového teplomeru (t_g), relatívna vlhkosť vzduchu (φ alebo rh) a rýchlosť prúdenia vzduchu (v_a). Teplým obdobím roka je obdobie s priemernou dennou vonkajšou teplotou vzduchu $13\text{ }^\circ\text{C}$ a vyššou; ak klesne priemerná denná teplota počas dvoch po sebe nasledujúcich dní pod $13\text{ }^\circ\text{C}$, hodnotí sa prostredie podľa hodnôt pre chladné obdobie roka. Optimálne a prípustné podmienky tepelno – vlhkostnej mikroklimy pre teplé a chladné obdobie roka pre triedu činnosti „1a“ podľa vyhlášky MZ SR č. 259/2008 Z.z. sú uvedené v Tab. 1. Trieda činnosti „1a“ – činnosť posediačky s minimálnou pohybovou aktivitou (administratívne práce), činnosť posediačky spojená s ľahkou manuálnou prácou rúk a ramien (písanie na stroji, práca s PC, zostavovanie alebo triedenie drobných ľahkých predmetov). Podľa Nariadenia vlády Slovenskej republiky č. 555/2006 Z.z., ktorým sa mení a dopĺňa nariadenie vlády Slovenskej republiky č. 115/2006 Z. z. o minimálnych zdravotných a bezpečnostných požiadavkách na ochranu zamestnancov pred rizikami súvisiacimi s expozíciou hluku je prípustná hodnota hluku na pracovisku pre skupinu prác II 50 dB.

Tab. 3.2 Optimálne a prípustné podmienky tepelno – vlhkostnej mikroklimy

	Operatívna teplota t_o [$^\circ\text{C}$]		Prípustná rýchlosť prúdenia vzduchu v_a [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]	Prípustná relatívna vlhkosť vzduchu φ [%]
	optimálna	prípustná		
Teplé obdobie roka	23 - 27	20 - 28	$\leq 0,25$	30 až 70
Chladné obdobie roka	20 - 24	18 - 26	$\leq 0,2$	

Podľa Vyhlášky Ministerstva zdravotníctva SR č. 206/2011 Z.z., ktorou sa mení a dopĺňa vyhláška Ministerstva zdravotníctva SR č. 541/2007 Z.z. o podrobnostiach a požiadavkách na osvetlenie pri práci. Najnižšie prípustné hodnoty celkovej udržiavanej osvetlenosti vnútorného priestoru pracoviska alebo jeho funkčne vymedzenej časti z celkového osvetlenia sú pre dlhodobý pobyt zamestnanca v priestoroch s dostatočným denným osvetlením 200 lx, so združeným osvetlením 500 lx. Dlhodobý pobyt zamestnanca na pracovisku je pobyt zamestnanca vo vnútornom priestore alebo v jeho funkčne vymedzenej časti, ktorý trvá v priebehu jedného dňa alebo pracovnej zmeny dlhšie ako štyri hodiny. Združené osvetlenie je trvalé dopĺňanie nedostačujúceho denného svetla svetlom zo zdrojov umelého osvetlenia.

Tab. 3.3 Smerné hodnoty pre koncentráciu TVOC

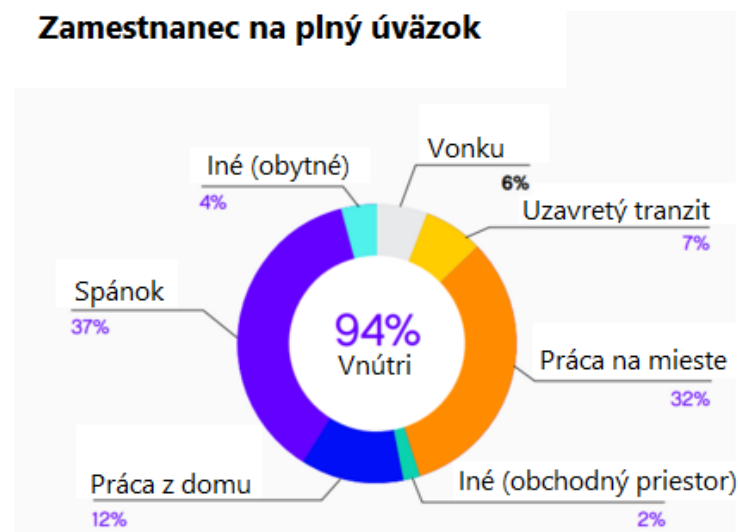
Odporúčanie	Koncentrácia TVOC [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	
Molhave (1991) [20]	<200	Komfort
	200 – 3000	Expozícia viacerých faktorov
	30000 – 25000	nepohoda
	>25000	Toxické účinky
Seifert (1992) [21]	300	
USA [22]	200	
Nemecko [23]	300	
Austrália [24]	500	
Fínsko [25]	200	Najlepšia kvalita vnútorného vzduchu; 90% užívateľov je spokojných
	300	Stredná kvalita vnútorného vzduchu; v miestnosti je slabý odor
	600	Minimálna požiadavka

Podľa Molhaveho „Smernica je súborom kritérií, špeciálne zostavených pre označenie prahových hodnôt škodlivých alebo bez škodlivých účinkov v súlade s dobrým zdravím“. Len málo krajín má smernice pre koncentráciu sumy prchavých organických látok (TVOC) vo vnútornom prostredí (Tab. 3.3). Napriek všadeprítomným charakteristikám a závažnosti VOCs vo vnútornom prostredí je prekvapujúce, že sa neobjavila/nevyšla žiadna smernica pre koncentráciu VOCs vo vnútornom prostredí. Suma prchavých organických látok je ukazovateľom prítomnosti VOC v interiéri.

Kvalita vnútorného prostredia zahŕňa kvalitu tepelnej pohody, kvalitu vnútorného vzduchu (IAQ), zdravie a pohodu, ktoré môže vnútorné prostredie budovy ponúknuť obyvateľom a užívateľom. Úroveň IEQ závisí od mnohých komplexných vzájomne prepojených parametrov a odráža výkonnosť budovy vo vzťahu k zdraviu a pohode jej obyvateľov. Je dobre známe, že IEQ môže byť ovplyvnené obyvateľmi a ich aktivitami vo vnútornom prostredí. Bolo veľmi dôležité vyvinúť lepšie riadiace techniky pre systémy vykurovania, vetrania a klimatizácie (HVAC), aby sa zabezpečilo riadenie spotreby energie a pohodlia obyvateľmi, vzhľadom na dôležitosť úspor energie v budovách. Vzťah medzi úrovňou spokojnosti obyvateľstva s podmienkami vnútorného prostredia a ich produktivitou na pracovisku je dobre známy. Vzťah medzi rozhodnutiami o obnove budov a úrovňou spokojnosti obyvateľstva s kvalitou vnútorného prostredia (IEQ) však nie je dostatočne preskúmaný. Užívateľský komfort a spotreba energie sa stávajú dvoma protichodnými entitami, čo vedie k pareto-optimálnym riadiacim líniam pri navrhovaní HVAC systémov. Rozdiel v energetickej náročnosti budov je známym fenoménom. Udržateľný návrh budov by mal byť v súlade s ešte naliehavšími požiadavkami na úsporu energie – ako v NZEB – a vysokou úrovňou kvality interiéru. Riešenie dvoch spoločných výziev pre výkonnosť budov – znižovanie uhlíkovej stopy spojené s poskytovaním komfortného vnútorného prostredia a zlepšovaním zdravia a pohody obyvateľov – si vyžaduje komplexnejšie pochopenie toho, ako funguje vnútorné prostredie budov. Aby sme pochopili budúcnosť udržateľných budov, je dôležité si uvedomiť, že služby ako HVAC a osvetlenie sú poskytované tak, aby vytvorili vhodné pohodlné podmienky pre produktivitu zamestnancov. V priebehu rokov bola IEQ široko študovaná z rôznych perspektív: od prvých experimentov na hodnotenie fyziologickej odpovede jednotlivcov sa stala koncepciou zameranou na človeka. Pandémia COVID-19 výrazne ovplyvnila náš každodenný život. Rýchle šírenie COVID-19 (SARS-CoV-2) a následné úmrtia na celom svete viedli na konci decembra 2019 k vyhláseniu pandemickej situácie vo svete. Podľa štúdií ľudia vo všeobecnosti trávajú viac ako 60 % svojho času doma a zvyšok času v práci, škole alebo dochádzaním, čo vedie k tomu, že približne 90 % alebo viac času trávajú v budovách (Obr. 3.9). To isté sa podarilo na 100 % dosiahnuť v dôsledku pandémie COVID-19. Obavy zo šírenia vírusu v stiesnených priestoroch v dôsledku nedostatočného vetrania postupne vyvolali potrebu zlepšiť IAQ. IEQ budovy výrazne závisí od výkonu budovy, osvetlenia a systémov HVAC. Keďže ľudia trávajú viac času vo vnútri, je dôležité identifikovať vzťah medzi kvalitou vnútorného prostredia (IEQ) a zdravím obyvateľov budovy. Vzhľadom na drastické zmeny klimatických podmienok a vplyv globálneho otepľovania by sa pozornosť mala viac zamerať na kontrolu ľudského pohodlia a mala by sa analyzovať pomocou IEQ. Stratégie verejného zdravia na zníženie prenosu v interiéri, ako je vetranie a centralizovaná izolácia, budú prospešné pri prevencii a kontrole COVID-19. Návrh moderného pracovného prostredia musí zohľadňovať vysokú úroveň priestorových a technologických zmien poskytovaním citlivých systémov vykurovania a kvality vzduchu. Obyvatelia budovy budú vyžadovať vnútorné podmienky na podporu činností náročných na počítač, ako aj papierovanie. Obsadenie je kľúčovou vstupnou premennou pre dimenzovanie HVAC v budovách. Projektanti HVAC však zvyčajne odhadujú údaje o obsadenosti na základe predpokladov, ktoré len zriedka odrážajú skutočnú situáciu. V dôsledku toho môžu tieto predpoklady viesť k poddimenzovaným alebo predimenzovaným systémom HVAC, ktoré buď poskytujú príliš nízke alebo príliš vysoké špičkové zaťaženie alebo prietoky vetracieho vzduchu, než je skutočne potrebné na splnenie požiadaviek na kvalitu vnútorného prostredia v budovách počas prevádzky budovy. Podľa štúdie budovy pravidelne nefungujú na optimálnej úrovni a často nespĺňajú prognózy projektu. Tieto poruchy ovplyvňujú energetickú účinnosť, zabezpečujú primeranú kvalitu vnútorného prostredia a spokojnosť používateľov. Spokojnosť užívateľov so zeleňou je z hľadiska IEQ a výkonnosti budov výrazne vyššia ako z hľadiska tepelnej pohody, kvality vnútorného vzduchu (IAQ), vybavenia, prevádzky a údržby. Okrem toho sa analyzujú faktory ovplyvňujúce spotrebu energie budov s cieľom poskytnúť návod na ďalšie zlepšovanie výkonnosti zelených budov počas fázy návrhu a prevádzky. Výsledky inej štúdie naznačujú, že správcovia budov by mohli venovať

menšiu pozornosť ľuďom žijúcim v energeticky úsporných opatreniach a zároveň venovať väčšiu pozornosť komunikácii s bežnými ľuďmi, aby zvýšili ich povedomie o úsporách energie. Výsledky tejto štúdie tiež odhaľujú, že plytvajúci obyvatelia majú najväčší potenciál zmenšiť medzery, čo možno realizovať kombináciou komunikácií a zariadení HVAC systémov so zónovým ovládaním. Podľa štúdie možno robustnosť kancelárskej budovy alebo systému HVAC definovať ako mieru, do akej budova alebo systém spĺňa svoj účel návrhu v reálnej situácii. Nedostatočná robustnosť môže byť spôsobená precitlivosťou na odchýlky od projektových predpokladov, nereálnymi požiadavkami na údržbu, integráciou vykurovania a vetrania, reguláciou množstva privádzaného vzduchu a netransparentnosťou pre obyvateľov a správu budov. Ako uvádza štúdia, hodnotiace nástroje pre administratívne budovy sú veľmi dôležité. Práca vykonaná v štúdiu by mohla viesť k vývoju modelu IEQ, ktorý by odrážal názor používateľa. Použitie premenných používaných pri výpočte energetickej hospodárnosti budovy na výpočet IEQ je dôležitým krokom vo vývoji metodík hodnotenia kvality vnútorného prostredia, ak sa majú porovnávať medzi spotrebou energie a komfortom obyvateľov. Význam kancelárskeho prostredia pre pohodlie, produktivitu a zdravie pracovníkov nemožno preceňovať.

Obr. 3.13 Percentuálne prerozdelenie času tráveného zamestnancami vnútri



Zdroj: <https://www.bizjournals.com/washington/news/2021/04/06/steps-businesses-will-need-to-enhance-its-building.html>

Vnútorne prvky sú často prekvapivo toxické

Nedávno boli materiály s vysokým obsahom prchavých organických zlúčenín (VOC) zdôraznené ako obzvlášť škodlivé pre kvalitu vzduchu. EPA poukazuje na to, že koncentrácie VOC sú výrazne vyššie v interiéri, až desaťkrát vyššie ako vo vonkajšom prostredí. Keďže VOC sa bežne vyskytujú vo farbách, lakoch, prípravkoch na ochranu dreva a iných stavebných materiáloch, ľudia, ktorí trávia veľa času vo vnútri, sú pravdepodobne vystavení mimoriadne vysokým hladinám týchto škodlivých zlúčenín.

Vnútorne prvky ovplyvňujú to, ako pracujete, komunikujete a dokonca aj spíte

Vnútorne prostredie nemusí byť toxické, aby výrazne ovplyvnilo jeho obyvateľov. To je to, čo Well Living Lab, spolupráca medzi Delos a Mayo Clinic, zistilo vo svojej prvej štúdiu. Výskumníci pripevnili biometrické nositeľné zariadenia na kancelárskych pracovníkov a monitorovali ich biologickú reakciu na rôzne meniace sa prvky v prostredí, vrátane zmien v akustických, svetelných a tepelných podmienkach. Laboratórium dospelo k záveru, že takéto zmeny ovplyvnili výkon, interakciu a spánok pracovníkov. Sme citlivejší, než by sme si mysleli, na ešte jemnejšie zmeny

prostredia a výsledkom je, že ak interiérové prvky nie sú dôkladne optimalizované, ľudia sa nebudú cítiť ani podávať najlepšie výkony.

Kvalita vzduchu je jedným z najdôležitejších prvkov v interiéri

Zatiaľ čo všetkých 9 základov zdravej budovy je nevyhnutných pre optimalizované vnútorné prostredie, mnohí dizajnéri a podniky sa výrazne zameriavajú na kvalitu vzduchu. To dáva zmysel, pretože EPA uvádza, že zlá kvalita vnútorného ovzdušia môže mať dlhodobé účinky na zdravie, vrátane chorôb dýchacích ciest, rakoviny a srdcových chorôb. Menej závažné, ale napriek tomu škodlivé účinky zahŕňajú podráždenie, bolesti hlavy, závraty a únavu. Je dobre zdokumentované, že nedostatočné vetranie (a teda nižšia kvalita vnútorného vzduchu) môže viesť k strate produktivity a spokojnosti. EPA navrhuje niekoľko metód na zlepšenie IAQ, ako je odstránenie alebo zníženie znečistenia ovzdušia, zlepšenie vetrania a používanie čističov vzduchu. Keďže kvalita ovzdušia ovplyvňuje všetkých obyvateľov a môže mať trvalé následky, musí byť najvyššou prioritou pre každého.

Klimatické zmeny môžu ovplyvniť IEQ

Vzťah medzi vonkajším a vnútorným prostredím je prepojenejší, ako by sa na prvý pohľad mohlo zdať. To naznačuje správa Inštitútu medicíny z roku 2011, v ktorej sa uvádza, že zmena klímy môže zhoršiť už aj tak zlé vnútorné prostredie. Abstrakt uvádza: „Ako sa svetová klíma mení, budovy, ktoré boli navrhnuté tak, aby fungovali v „starých“ klimatických podmienkach, nemusia dobre fungovať v „nových“ – čo ovplyvňuje zdravie tých, ktorí v nich žijú, pracujú, študujú alebo sa hrajú.“ Faktory, ako je kvalita vzduchu, vlhkosť budov, tepelné namáhanie a vetranie, to všetko môže byť nepriaznivo ovplyvnené zmenou klímy. Ak tieto prvky nie sú začiarované, môžu vytvárať škodlivé vnútorné priestory, takže je dôležité ich monitorovať v starých aj nových budovách.

Integrácia biofilného dizajnu je lepšia pre všetkých zúčastnených

Typické vnútorné prostredie dnes nie je presne to, čo by sa dalo opísať ako „spojené s prírodou“. Vnútorné priestory majú tendenciu byť skôr uzavreté od prírodného sveta a mnohé z nich nemajú ani okná. Spojenie s prírodou je presne to, čo sa biofilný dizajn snaží vytvoriť, aby podporil zdravšie prostredie pre ľudí. Biofilný dizajn môže pomôcť zlepšiť behaviorálne zdravie, ako aj sociálnu interakciu a pracovný výkon. Mnohé ďalšie aspekty biofilného dizajnu sú prirodzene zdravé – napríklad prítomnosť rastlín môže zvýšiť IAQ – a je to tiež vysoko udržateľná filozofia dizajnu, vďaka čomu je atraktívnou voľbou pre ľudí aj pre vnútorné prostredie.

Štúdie dokazujú, že na pohodlí záleží

Väčšina vnútorných priestorov je postavená tak, aby bola pohodlná, ale len málo staviteľov a projektantov kvalifikuje pohodlie počas plánovania a procesov výstavby. Komfort možno korelovať s vnútornými prvkami, ktoré ovplyvňujú obyvateľov. Štúdia v International Journal of Sustainable Built Environment skúmala tepelný komfort, akustický komfort a vizuálny komfort. Každý prvok je nevyhnutný pre celkové IEQ a je potrebné ho regulovať, aby sa maximalizoval komfort užívateľov. Okrem toho je možné s týmito prvkami manipulovať a vytvárať rôzne vnútorné prostredia. Napríklad prirodzené vetranie spôsobuje, že ľudia sa cítia bližšie k prírode ako mechanické vetranie. Jednotlivé úrovne pohodlia tak môžu byť prispôbené potrebám obyvateľov a miestnemu prostrediu.

Dajte si pozor na syndróm chorých budov a choroby súvisiace s budovami

Rozsah negatívnych zdravotných účinkov, ktoré môže mať vnútorný priestor na obyvateľov, sa často kategorizuje pod pojmom syndróm chorých budov. Ako definuje EPA, syndróm chorých budov (SBS) sa „používa na opis situácií, v ktorých užívatelia budovy pociťujú akútne účinky na zdravie a pohodlie, ktoré sa zdajú byť spojené s časom stráveným v budove, ale nemožno identifikovať žiadne konkrétne ochorenie alebo príčinu.“ Zatiaľ čo vinníkov možno často ľahko identifikovať (napr. materiály s vysokým obsahom VOC, nedostatočné vetranie atď.), ak sa SBS nelieči, môže výrazne ovplyvniť zdravie ľudí. SBS môže ovplyvniť viac ako len fyzické zdravie; pracovníci môžu zaznamenať stratu energie a produktivity, zatiaľ čo návštevníci a hostia môžu pociťovať nespokojnosť s priestorom. Najlepšou prevenciou proti

SBS je nepretržitý dohľad nad prvkami interiéru a neustála údržba, aby sa zabezpečilo, že IEQ je čo najlepšie. Podobne ako SBS, choroba súvisiaca s budovami (BRI) sa týka zdravotných problémov, ktoré „možno priamo pripísať kontaminantom budov vo vzduchu“. Štúdia z roku 1994 v Journal of Allergy and Clinical Immunology kategorizovala mechanizmy, ktoré látky spôsobujú BRI, do štyroch kategórií: imunologické, infekčné, toxické a dráždivé. Je tiež možné, že BRI spôsobí viac ako jeden z týchto mechanizmov. Problémom SBS a BRI sa však dá predchádzať a dajú sa zvládnuť pomocou bdelosti a proaktívnych opatrení.

Cirkadiánne vystavenie svetlu môže zlepšiť produktivitu a náladu

Ľudské cirkadiánne rytmy sú zodpovedné za reguláciu našich energetických cyklov, ale mnohé umelo osvetlené komerčné prostredia tieto prirodzené rytmy narúšajú. V kancelárskom prostredí to často spôsobuje, že pracovníci počas dňa nepodávajú výkon a cítia sa ospalí, a vo všeobecnom komerčnom prostredí to môže spôsobiť pokles nálady u ľudí. Zohľadnenie cirkadiánnych rytmov v zastavanom prostredí v konečnom dôsledku pomáha pri zvyšovaní výkonu a vytvára pozitívnejšie emócie. Najmä cirkadiánne založené osvetlenie je veľmi prospešné. Bohužiaľ, veľa vnútorných prostredí nemá dostatok svetla na biologickú stimuláciu obyvateľov a uspokojenie cirkadiánnych cyklov. Keď je svetlo dostatočne schopné stimulovať biologickú odpoveď, IEQ sa zvyšuje. V jednej štúdií sa obyvatelia, ktorí dostávali viac cirkadiánnych stimulov, stali menej depresívnymi a viac spali. Úprava osvetlenia podľa cirkadiánneho cyklu človeka je jednoduchá, ale dramaticky efektívna zmena, ktorú môže ľahko urobiť každý vnútorný priestor.

3.5 COVID-19

REHVA zareagovala v roku 2020 na situáciu šírenia koronavírusu (SARS-CoV-2) spôsobujúceho ochorením (COVID-19) promptne, už 17. marca 2020 vydala usmerňovací dokument k zvládaniu situácie v režime pandémie covidu-19, ktorý aktualizovala 3. apríla 2020 a neskôr 3. augusta 2020, pričom tento dokument bol založený na najlepších aktuálnych dostupných dôkazoch a znalostiach. Na základe vývoja situácie, veľkého ohlasu a dopytu bol tento dokument 3. apríla 2021 aktualizovaný a takisto doplnený o najčastejšie kladené otázky a zhrnutie praktických opatrení týkajúcich sa prevádzky zariadení v budovách.

3.5.1 Ako prevádzkovať a využívať technické zariadenia budov s cieľom zabrániť šíreniu koronavírusu (SARS-CoV-2) spôsobujúceho ochorenie (COVID-19) v budovách

Dokument uvádza praktické odporúčania pre prevádzku budov:

Zvýšte prívod a odvod vzduchu

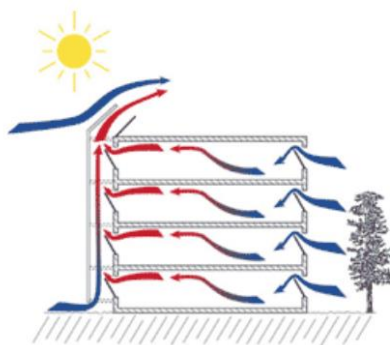
V budovách s núteným vetracím systémom sa odporúča predĺžiť čas prevádzky vetrania. Je potrebné zmeniť prevádzkové hodiny vetracieho systému tak, aby sa vetranie začalo pri menovitom prietoku najmenej 2 hodiny pred začiatkom používania budovy a prepnite na nižšiu rýchlosť 2 hodiny po čase používania budovy. V prípade vetracích systémov riadených podľa potreby, (DCV- Demand controlled ventilation, menia prietok vzduchu podľa žiadanej hodnoty CO₂), je potrebné zmeniť žiadanú hodnotu CO₂ na nižšiu hodnotu ako 400 ppm, aby sa zabezpečil trvalý chod pri menovitom prietoku vzduchu. Aj keď ľudia v budove nie sú prítomní, je potrebné udržiavať vetrací systém 24 hodín denne 7 dní v týždni v prevádzke pri zníženom prietoku vzduchu (ale nie vypnutom režime vetrania). V administratívnych budovách, ktoré boli uzavreté pre pandémiu sa neodporúča vypnúť vetranie, ale nechať systém nepretržite pracovať v utlmenom režime, pri zníženom prietoku vzduchu. Dané odporúčania v jarnom období s malými potrebami energie na vykurovanie a chladenie spôsobuje iba malé energetické straty, zatiaľ čo pomáha odstraňovať častice vírusov z budovy a z povrchov. Všeobecné odporúčanie je privádzať čo najviac vonkajšieho vzduchu. Kľúčovým aspektom je množstvo čerstvého vzduchu dodávaného na osobu. Ak sa z dôvodu zefektívnenia zníži počet zamestnancov, je potrebné obmedzenie koncentrácie zvyšných zamestnancov v menších priestoroch, ale je potrebné udržiavať medzi nimi rozstup (minimálna fyzická vzdialenosť je 2 – 3 m), aby sa podporilo prevetrávanie. Odsávacie

ventilačné systémy toaliet musia byť vždy zapnuté 24 hodín denne 7 dní v týždni a musia zabezpečiť podtlak, aby sa tým zabránilo prenosu častíc aerosólu z fekálií.

Využite prirodzené vetranie otváraním okien vo väčšej miere

Všeobecne sa odporúča vyhýbať sa preplneným a zle vetraným priestorom. V budovách bez núteného vetrania sa odporúča aktívne používať otváratelné okná (oveľa viac ako obvykle, aj keď to spôsobí určitý tepelný diskomfort). Vetranie oknami je dobrý spôsob, ako zvýšiť intenzitu výmeny vzduchu. Pri vstupe do miestnosti otvorte okná na približne 15 minút (najmä ak miestnosť predtým bola obsadená inými osobami). V budovách s núteným vetraním sa vetranie oknami môže použiť aj ako ďalší prostriedok na zvýšenie intenzity vetrania. Otvorené okná na toaletách s pasívnym vztlakovým vetraním alebo núteným odsávacím systémom môžu spôsobiť šírenie kontaminovaného prúdu vzduchu z toalety do iných miestností, čo znamená, že vetranie začne pracovať v nesprávnom (opačnom) smere. Potom by sme sa mali vyhnúť otvoreniu okien na toalete. Ak nie je zabezpečené dostatočné odsávanie z toaliet a nedá sa zabrániť vetraniu oknami na toaletách, potom je dôležité nechať okná otvorené aj v iných priestoroch, aby sa zabránilo šíreniu kontaminovaného aerosólu v celej budove.

Obr. 3.14 Prirodzené vetranie



Zdroj: https://www.appropedia.org/Natural_Ventilation

Použitie zvlhčovania a klimatizácie nemá žiadny praktický účinok

Relatívna vlhkosť (RH) a teplota prispievajú k prenosu vírusu vo vnútri budovy, čo má vplyv na životaschopnosť vírusu, na tvorbu aerosólových (kvapôčkových) jadier a na citlivosť slizníc hostiteľa. Prenos niektorých vírusov v budovách môže byť obmedzený zmenou teploty vzduchu a úrovne vlhkosti. V prípade COVID-19 to, bohužiaľ, nie je možné, pretože koronavírusy sú celkom odolné proti zmenám prostredia a sú citlivé iba na veľmi vysokú relatívnu vlhkosť vzduchu, vyššiu ako 80 %, a teplotu vyššiu ako 30 °C, ktoré zase nie sú prijateľné v budovách z iných dôvodov (napr. tepelný komfort a mikrobiálny rast). Zistilo sa, že SARS-CoV-2 je vysokostabilný počas 14 dní pri 4 °C. Na inaktiváciu vírusu by bolo potrebných 37 °C počas jedného dňa a 56 °C počas 30 minút. Stabilita SARS-CoV-2 (životaschopnosť) bola potvrdená pri typickej vnútornej teplote 21 – 23 °C a relatívnej vlhkosti 65 % ako veľmi vysoká stabilita vírusu. Spolu s predchádzajúcimi dôkazmi o MERS-CoV je dobre zdokumentované, že zvlhčovanie až do 65 % môže mať veľmi obmedzený alebo žiadny vplyv na stabilitu vírusu SARS-CoV-2. Dôkazy preto nepodporujú, že mierna vlhkosť (RH 40 – 60 %) bude prospešná pri znižovaní životaschopnosti SARS-CoV-2, takže zvlhčovanie NIE je metódou na zníženie životaschopnosti SARS-CoV-2. Malé kvapôčky, ktoré sú predmetom záujmu (0,5 – 10 mikróv), rýchlo sa odparia pri akejkoľvek úrovni relatívnej vlhkosti (RH). Dýchacie cesty v nose a sliznice sú náchylnejšie na infekcie pri veľmi nízkej RH 10, 20 %, a to je dôvod, prečo sa niekedy v zime navrhuje zvlhčovanie (na úroveň 20 – 30 %). Táto nepriama potreba zvlhčovania v zime v prípade COVID-19 nie je relevantná vzhľadom na prichádzajúce klimatické podmienky (od marca očakávame vnútornú vlhkosť vzduchu vyššiu ako 30 % vo všetkých európskych klimatických podmienkach bez zvlhčovania). Preto v budovách vybavených centrálnym zvlhčovaním nie je potrebné meniť žiadané

hodnoty zvlhčovacích systémov (zvyčajne 25 alebo 30 %). Vykurovacie a chladiace systémy sa dajú prevádzkovať normálne, pretože na šírenie COVID-19 nemajú žiadne priame dôsledky. Zvyčajne nie je potrebné nastavovať žiadané hodnoty pre vykurovacie alebo chladiace systémy.

Bezpečné používanie systému spätného získavania tepla

Za určitých podmienok môžu vírusové častice z odvádzaného vzduchu opäť vstúpiť do budovy. Zariadenia na spätné získavanie tepla môžu prenášať vírus spojený s časticami aerosólu zo strany odpadového vzduchu na stranu privádzaného vzduchu cez netesnosti. Rotačný regeneračný výmenník tepla typu „vzduch/vzduch“ (nazývaný tiež entalpický) môže mať značnú infiltráciu vzduchu netesnosťami v prípade zlej konštrukcie a údržby. V prípade správne fungujúcich rotačných regeneračných výmenníkov tepla, ktoré sú vybavené čistiacimi sekciami a správne nastavené, je stupeň tesnosti približne rovnaký ako pri doskových výmenníkoch tepla – v rozsahu 1 – 2 %.

Pri súčasných systémoch by netesnosť mala byť pod 5 % a mala by byť kompenzovaná zvýšením prívodu vonkajšieho vzduchu podľa normy EN 16798-3:2017. Mnohé rotačné regeneračné výmenníky však nemusia byť správne nainštalované. Najčastejšou chybou je to, že ventilátory sú namontované tak, že vytvárajú vyšší tlak na strane odpadového vzduchu. To spôsobí prienik odpadového vzduchu do privádzaného vzduchu. Úroveň nekontrolovaného prenosu znečisteného odpadového vzduchu môže byť v týchto prípadoch cca 20 %, čo nie je prijateľné.

Rotačné regeneračné výmenníky tepla, ktoré sú správne navrhnuté, nainštalované a udržiavané, majú takmer nulový prenos tuhých znečisťujúcich látok (vrátane vzdušných baktérií, vírusov a húb), ale tento prenos je limitovaný na plynné znečisťujúce látky, ako je tabakový dym a iné pachy. Neexistuje dôkaz, že častice nesúce vírus s rozmermi od 0,1 mikrónu by mohli preniknúť v nadmernom množstve netesnosťami do prívodu vzduchu.

Keďže miera netesnosti nezávisí od rýchlosti otáčania rotora, nie je potrebné vypínať rotory. Normálna prevádzka rotačných regeneračných výmenníkov umožňuje dosiahnutie vyššieho prietoku vzduchu. Je známe, že prienik infiltráciou je najvyšší pri nízkom prietoku vzduchu, preto sa odporúčajú vyššie prietoky vzduchu.

Ak existuje podozrenie na netesnosti v systéme rekuperácie tepla, môže byť riešením nastavenie tlaku alebo obtok (bypass) na zníženie tlaku (niektoré systémy môžu byť vybavené obtokom), aby sa zabránilo situácii, keď vyšší tlak na strane odvodu vzduchu spôsobí prienik netesnosťou na stranu prívodu vzduchu. Nastavenie tlaku môže byť korigované klapkami alebo inými primeranými radiaciami prvkami.

Na záver je možné odporučiť kontrolu celého systému na spätné získavanie tepla vrátane merania rozdielu tlaku. Pre dodržanie vysokej miery ochrany by mal personál údržby plniť štandardné bezpečnostné postupy týkajúce sa práce v znečistenom prostredí vrátane používania rukavíc a ochrany dýchacích ciest. Prenos vírusových častíc pomocou zariadení na rekuperáciu tepla nie je problémom, ak je systém vetrania vybavený nepriamym systémom rekuperácie alebo iným zariadením na rekuperáciu tepla, ktoré zaručuje 100 % oddelenie vzduchu medzi výstupom a prívodom vzduchu.

Nepoužívajte recirkuláciu vzduchu

Častice vírusu z výfukového potrubia sa môžu znova dostať do budovy, keď sú zariadenia na úpravu vzduchu vybavené recirkuláciou vzduchu. Odporúča sa nepoužívať recirkuláciu vzduchu v centrálnych vetracích systémoch počas epidémie SARS-CoV-2: odporúča sa uzavrieť recirkulačné klapky (prostredníctvom automatického systému riadenia budovy alebo ručne). Vzduchotechnické jednotky so systémom recirkulácie sú niekedy vybavené filtermi vzduchu. Toto by nemal byť dôvod na to, aby boli recirkulačné klapky otvorené, pretože tieto filtre normálne nefiltrujú častice s vírusmi, pretože majú štandardnú účinnosť nízku (trieda filtrov hrubá G4/M5 alebo ISO/ePM10) a nie účinnosť HEPA.

Niektoré systémy (fan coils alebo indukčné jednotky) pracujú s miestnou cirkuláciou vzduchu (na úrovni miestnosti). Ak je to možné (a nevyžadujú sa žiadne významné požiadavky na chladenie), odporúča sa vypnúť tieto systémy, aby sa zabránilo recirkulácii vírusových častíc na úrovni miestnosti (napríklad, ak miestnosti bežne používa viac ako jeden užívateľ). Tieto systémy (fan coils alebo indukčné jednotky) majú hrubé filtre, ktoré prakticky nefiltrujú malé častice s vírusmi, ale stále môžu koncentrovať a rozptyľovať najmenšie častice. Na povrchu výmenníka tepla fan coilu sa vírus

môže zničiť zvýšením teploty na 60 °C na jednu hodinu alebo 40 °C na jeden deň. Ak nie je možné vypnúť výmenníky fan coilov (z dôvodu potreby chladiť alebo ohrievať), odporúča sa, aby ventilátory boli v prevádzke nepretržite, aby tým zabránili vírusu usadiť sa vo filtroch a reaktivovať sa, keď sa ventilátory opäť zapnú. Pri nepretržitej prevádzke fan coilov bude vírus odstránený odvetraním prostredníctvom centrálného vetracieho systému.

Čistenie ventilačného potrubia nemá žiadny praktický účinok

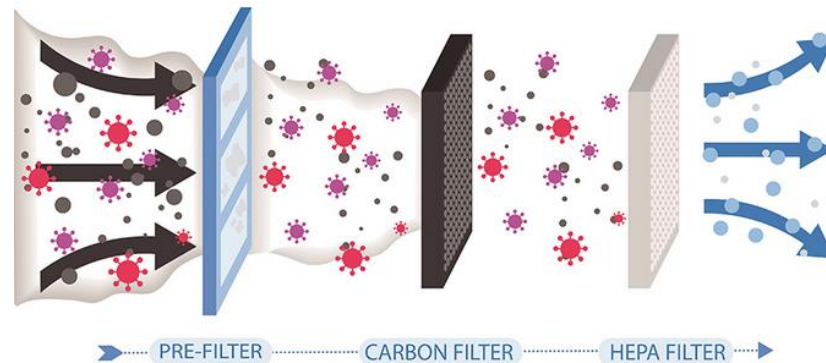
Boli urobené prehnané vyhlásenia odporúčajúce čistenie ventilačných potrubí, aby sa predišlo prenosu SARS-CoV-2 cez vetracie systémy. Čistenie ventilačného potrubia nie je účinné proti infekcii medzi miestnosťami, pretože ventilačný systém nie je zdrojom kontaminácie, ak vyššie uvedené odporúčania týkajúce sa spätného získavania tepla a recirkulácie sú dodržané. Vírusy s aerosólom ako nosičom nebudú ľahko sedimentovať vo vetracích potrubíach a normálne budú odvádzané prúdom vzduchu. Z tohto dôvodu nie sú potrebné žiadne zmeny bežných postupov čistenia a údržby potrubí. Oveľa dôležitejšie je zvýšiť prívod čerstvého vzduchu a vyhnúť sa recirkulácii vzduchu.

Výmena vzduchových filtrov na prívode vonkajšieho vzduchu nie je potrebná

V súvislosti s COVID-19 sa objavil problém, aby sa vymenili filtre, a otázka aký je ochranný účinok pred vonkajšou kontamináciou vírusmi, ak vo veľmi zriedkavých prípadoch sú výfukové otvory vetracieho systému v blízkosti vstupu vzduchu. Moderné vetracie systémy (VZT – vzduchotechnické jednotky) sú vybavené jemnými vonkajšími vzduchovými filtermi hneď po vstupe vonkajšieho vzduchu (trieda filtrov F7 alebo F8 alebo ISO ePM2.5 alebo ePM1), ktoré dobre filtrujú častice z vonkajšieho vzduchu. Veľkosť samotných častíc koronavírusu je 80 – 160 nm (PM0.1), je menšia ako rozsah zachytávania filtrov triedy F8 (účinnosť zachytenia 65 – 90 % pre PM1), ale veľa z týchto malých častíc sa zachytí na vláknach filtra difúznym mechanizmom. Častice SARS-CoV-2 sa tiež agregujú s väčšími časticami, ktoré sa už nachádzajú v oblasti zachytávania filtra. To znamená, že v zriedkavých prípadoch vírusom kontaminovaného vonkajšieho vzduchu poskytujú štandardné filtre vonkajšieho vzduchu primeranú ochranu pre nízku koncentráciu a príležitostne rozšírené vírusy vo vonkajšom vzduchu. Zariadenia na rekuperáciu tepla a recirkuláciu sú vybavené menej účinnými filtermi na strane odsávania vzduchu (G4/M5 alebo ISO coarse/hrubý/ePM10), ktorých úlohou je chrániť zariadenie pred prachom. Tieto filtre nemusia odfiltrovať malé častice, pretože vírusové častice sa budú odvádzat' von vetracím systémom na odvod vzduchu. Z hľadiska výmeny filtra je možné použiť bežné postupy údržby. Zanesené filtre nie sú zdrojom znečistenia, ale znižujú prietok privádzaného vzduchu, čo má negatívny vplyv na samotné znečistenie vzduchu v interiéri. Preto musia byť filtre vymenené, keď sú prekročené limity tlakovej straty alebo času alebo podľa plánovanej údržby. Taktiež je možné odporučiť, aby sa nevymieňali existujúce filtre vonkajšieho vzduchu a nevymieňali sa za iný typ filtrov, ani sa neodporúča meniť skôr, ako je obvyklé. Personál údržby HVAC môže byť ohrozený, ak sa filtre (najmä filtre odpadového vzduchu) nevymieňajú v súlade so štandardnými bezpečnostnými postupmi. Z bezpečnostných dôvodov pri manipulácii je treba vždy predpokladať, že na filtroch je aktívny mikrobiologický materiál vrátane životaschopných vírusov. Toto je obzvlášť dôležité v každej budove, kde sa v danom období vyskytla infekcia. Filtre by sa mali vymieňať pri vypnutom systéme, pri používaní rukavíc, s ochranou dýchacích ciest a likvidovať v uzavretom vrecku.

Čističe vzduchu v miestnosti môžu byť užitočné v konkrétnych situáciách

Čistiare vzduchu v miestnostiach účinne odstraňujú častice zo vzduchu, čo zaisťuje účinok podobný vetraniu. Aby boli čističe vzduchu účinné, musia mať účinnosť aspoň HEPA filtra (Obr. 3.15). Zariadenia, ktoré používajú princípy elektrostatickej filtrácie (nie sú tie isté ako ionizátory v miestnosti), často tiež fungujú celkom dobre.



Zdroj: https://www.mediclinics.com/en/blog/23_are-hepa-filters-a-safe-solution-for-covid-19.html

Pretože prúdenie vzduchu čističmi vzduchu je obmedzené, podlahová plocha, pre ktorú môžu účinne slúžiť, je zvyčajne pomerne malá, obvykle menšia ako 10 m². Ak sa použije čistič vzduchu (zvýšenie prívodu čerstvého vzduchu pravidelným vetraním je často účinnejšie), odporúča sa umiestniť spotrebič do blízkosti zóny dýchania. Špeciálne UV čistiace zariadenie na čistenie vzduchu v miestnosti je tiež účinné na ničenie baktérií a vírusov, ale štandardne je toto zariadenie vhodné pre vybavenie nemocníc a zdravotníckych zariadení.

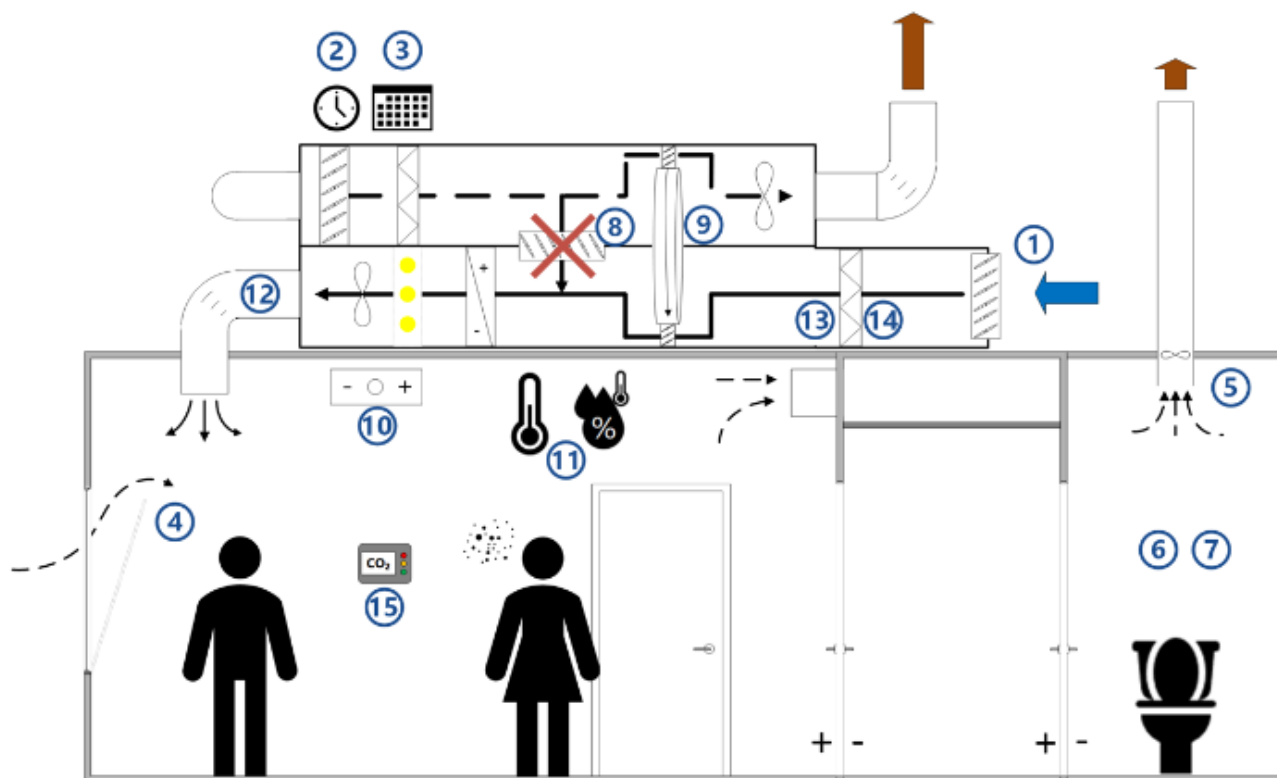
Návod na použitie veka toalety

Ak sú toaletné misy vybavené vekami, odporúča sa toalety vypláchnuť uzavretými vekami, aby sa minimalizovalo uvoľňovanie kvapôčok a aerosólu do vzduchu obklopujúceho toaletnú misu. Je dôležité, aby fungovalo oddelenie ovzdušia vnútorného prostredia od kanála pomocou sifónu v mise toalety (bolo zaliate vodou).

Usmernenie podľa REHVA

Toto usmernenie REHVA o prevádzke technických zariadení budov zahŕňa 15 hlavných položiek, ako je znázornené na obrázku (Obr. 3.16).

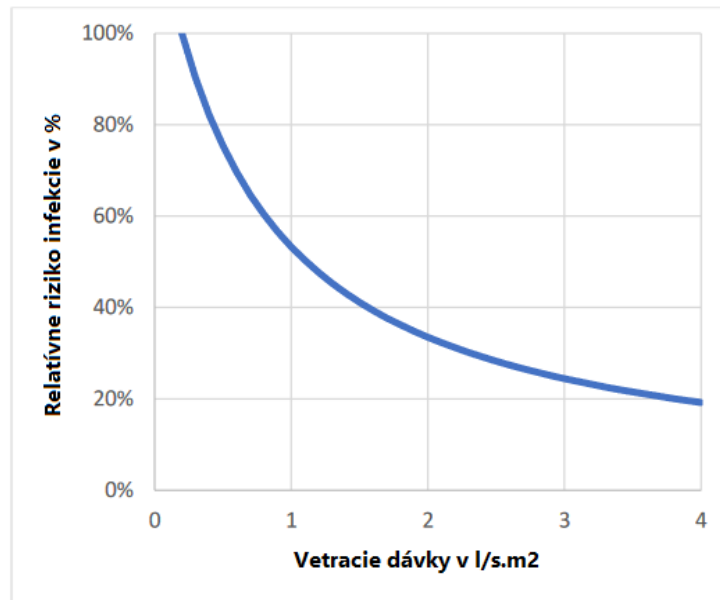
1. Miery vetrania,
2. Prevádzkové časy vetrania,
3. Prepísanie nastavení riadenia dopytu,
4. Otváranie okna,
5. Vetranie WC,
6. Okná na toaletách,
7. Splachovanie záchodov,
8. Recirkulácia,
9. Zariadenie na rekuperáciu tepla,
10. Fan coils a delené jednotky,
11. Vykurovanie, chladenie a možné menovité hodnoty zvlhčovania,
12. Čistenie potrubia,
13. Filtre vonkajšieho a odsávaného vzduchu,
14. Údržbárske práce,
15. Monitorovanie kvality vnútorného ovzdušia (IAQ).



Zdroj: https://www.rehva.eu/fileadmin/user_upload/REHVA_COVID-19_guidance_document_V4.1_15042021.pdf

Podľa súčasného stavu poznania sa korónové vírusy prenášajú kvapôčkovou infekciou a pomocou aerosólov, preto sa odporúča dobré vetranie miestností s čo najvyšším podielom vonkajšieho vzduchu.

Obrázok (Obr. 3.17) umožňuje odhadnúť, aký je rozdiel medzi rýchlosťami vetrania kategórie II a I. Pri 10 m² na osobu sa prietok vzduchu stáva 1,4 a 2,0 l/s na m² v kategórii II a I, keď sa berú do úvahy nízko znečisťujúce materiály. Výsledkom je vetranie kategórie II v 43 % relatívnom riziku a kategórii I v 34 %, čo ukazuje výrazné zlepšenie, keďže krivka má celkom hlboký svah v tomto rozsahu.



Zdroj: https://www.rehva.eu/fileadmin/user_upload/REHVA_COVID-19_guidance_document_V4.1_15042021.pdf

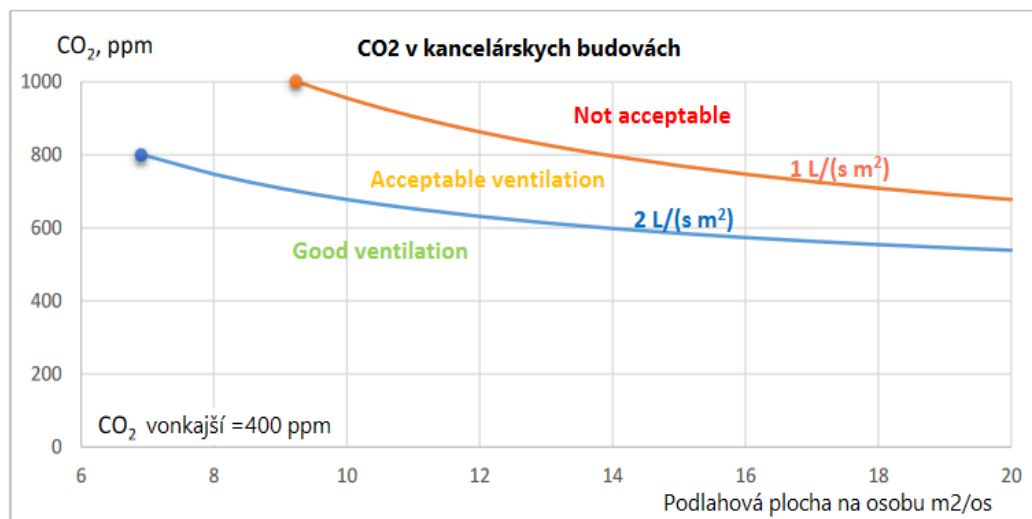
Monitorovanie kvality vnútorného prostredia

Jednoduchým spôsobom monitorovania výkonu vetrania je použitie snímačov CO₂. Hodnoty CO₂ adekvátne opisujú mieru vonkajšej ventilácie pri normálnej hustote obyvateľov. Keď osoby vstúpia do miestnosti, nejaký čas trvá, kým sa koncentrácia dosiahne hodnotu ustáleného stavu. V dobre vetraných miestnostiach sa koncentrácia CO₂ rýchlo zvyšuje, v zasadacích miestnostiach a učebni do 30 minút a v kanceláriách menej ako za hodinu. Teda rýchlosť nárastu koncentrácie závisí od časovej konštanty miestnosti, ktorá je recipročná so zmenou rýchlosti vzduchu (63 % zmeny koncentrácie sa deje v rámci 1 časovej konštanty a 95 % počas 3 časových konštánt). Hodnoty CO₂ teda poskytujú spoľahlivú indikáciu o dostatočnosti vetrania. Pri rovnakej rýchlosti vetrania je koncentrácia CO₂ nižšia, ak sa napríklad zníži obsadenosť, z dôvodu fyzického odstupu alebo administratívnych opatrení. Závislosť koncentrácie CO₂ na hustote užívateľov je znázornená na obrázku (3.13) pre kanceláriu s dvoma stupňami vetrania. 2 l/s na m² vetrania zodpovedá dobrej praxi vnútornej klímy kategórie I, ktorá je schopná udržať CO₂ koncentráciu pod 800 ppm, ak pripadá na jedného obyvateľa aspoň 7 m² podlahovej plochy. V prípade menších rýchlostí vetrania 1 l/s na m², na udržanie koncentrácie CO₂ je potrebných aspoň 10 m² na osobu 1000 ppm. Pokiaľ ide o CO₂, podstatou je, že vysoká hodnota CO₂ bez pochybností naznačuje slabé vetranie. Nízky obsah CO₂ je dobrý, ale nie je to samo osebe potvrdením nízkeho rizika prenosu aerosólu. Do úvahy treba vziať aj dĺžku obsadenosti a veľkosť miestnosti.

Prívodom filtrovaného upraveného vonkajšieho a odvodom znečisteného vzduchu z miestnosti sa v nej znižuje vírusová záťaž. Pri plánovaní a prevádzke systémov sa preto odporúčajú tieto základné usmernenia:

- Systémy vzduchotechniky by sa nemali vypínať mimo prevádzkových hodín, ale mali by zotrvať v prevádzke čo najdlhšie,
- Objemové prietoky vonkajšieho vzduchu by sa nemali znižovať, ale naopak, zvyšovať, ak je to možné,
- Je potrebné kontrolovať projekčné parametre obsadenosti priestorov osobami, prípadne tieto parametre znižovať,
- Pri projektovaní nových vetracích systémov je potrebné brať do úvahy zvýšené parametre intenzity výmeny vzduchu, zvýšené prietoky vonkajšieho vzduchu a zabezpečiť výkonové rezervy na ohrev a chladenie.

Obr. 3.18 Koncentrácia CO₂ (absolútne hodnoty, ktoré zahŕňajú vonkajšiu koncentráciu) závislosť od rýchlosti vetrania a obsadenosť kancelárií



Zdroj: https://www.rehva.eu/fileadmin/user_upload/REHVA_COVID-19_guidance_document_V4.1_15042021.pdf

Pri zdôvodnení týchto odporúčaní uviedla REHVA názorný obrazový príklad porovnania šírenia kvapôčkového aerosólu vo vetranom a nevetranom prostredí (podľa Leitfaden REHVA covid-19, 3. august 2020, obr. 3.19 a, b). Veľmi zjednodušená ilustrácia ukazuje situáciu, keď infikovaná osoba (vpravo) hovorí a teda okolo seba šíri infikovaný aerosól (malé červené bodky) smerujúci až k dýchacej zóne inej osoby (vľavo).

Výdych veľkých kvapôčok (ktoré majú menší dosah) je označený fialovými bodkami. Ak je miestnosť vetraná vetracím systémom (obr. 3.19a), je množstvo zachytených častíc s vírusom v dýchacej zóne oveľa nižšie ako pri vypnutom ventilačnom systéme, čo znázorňuje hustota červených bodiek. Zapnutý ventilačný systém vidieť na Obr. 3.19a, vypnutý na Obr. 3.19b.

Kým nebudú dostupné účinné farmakologické liečby alebo vakcíny na zníženie efektívneho reprodukčného čísla na menej ako 1,0 a zastavenie prebiehajúcej pandémie COVID-19, kľúčovým prvkom pri obmedzovaní šírenia vírusu SARS-CoV-2 môže byť zvýšená ventilácia. Kľúčové odporúčania súvisiace s ventiláciou (Obr. 3.20):

(1) Pripomínať a zdôrazniť manažérom budov, správcom nemocníc a tímom na kontrolu infekcií, že technické kontroly sú účinné na kontrolu a znižovanie rizík infekcie prenášanej vzduchom – a SARS-CoV-2 má potenciál a pravdepodobne spôsobí niektoré infekcie touto cestou.

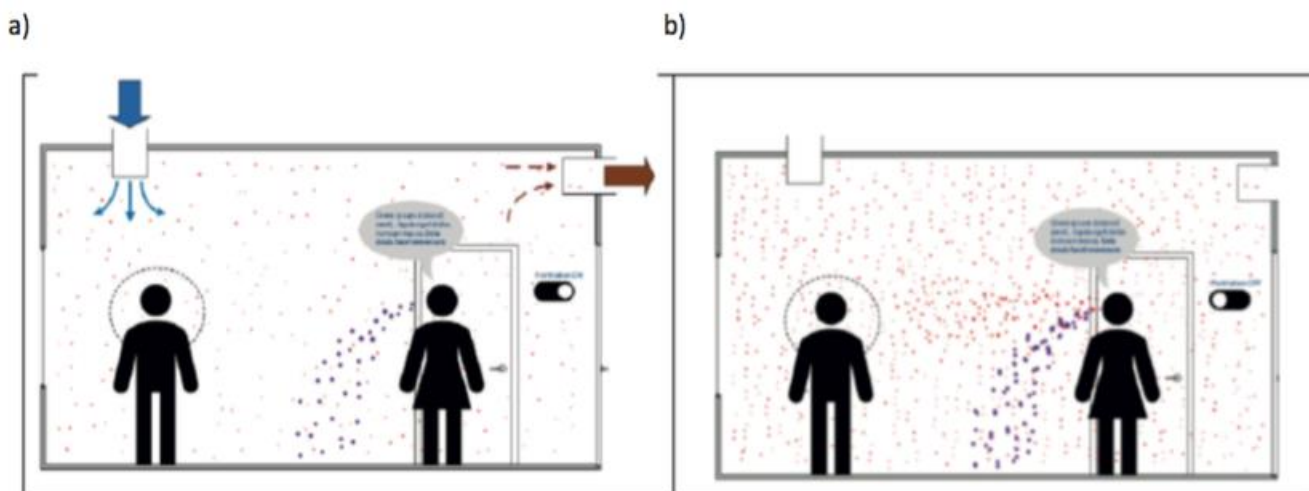
(2) Zvýšiť existujúce rýchlosti vetrania (výmena vonkajšieho vzduchu) a zvýšiť účinnosť vetrania – pomocou existujúcich systémov.

(3) Aby sa eliminovala akákoľvek recirkulácia vzduchu vo ventilačnom systéme, aby sa len privádzal čerstvý (vonkajší) vzduch.

(4) Doplniť existujúcu ventiláciu o prenosné čističe vzduchu (s mechanickými filtračnými systémami na zachytávanie vzduchom prenášaných mikrovapôčok), kde sú oblasti známej stagnácie vzduchu (ktoré nie sú dobre vetrané existujúcim systémom), alebo izolovať vysokú pacientovu vydechovanú vírusovú záťaž (napr. na oddeleniach alebo oddeleniach kohorty pacientov s COVID-19). Adekvátna výmena filtrov v čističkách vzduchu a ich údržba je kľúčová.

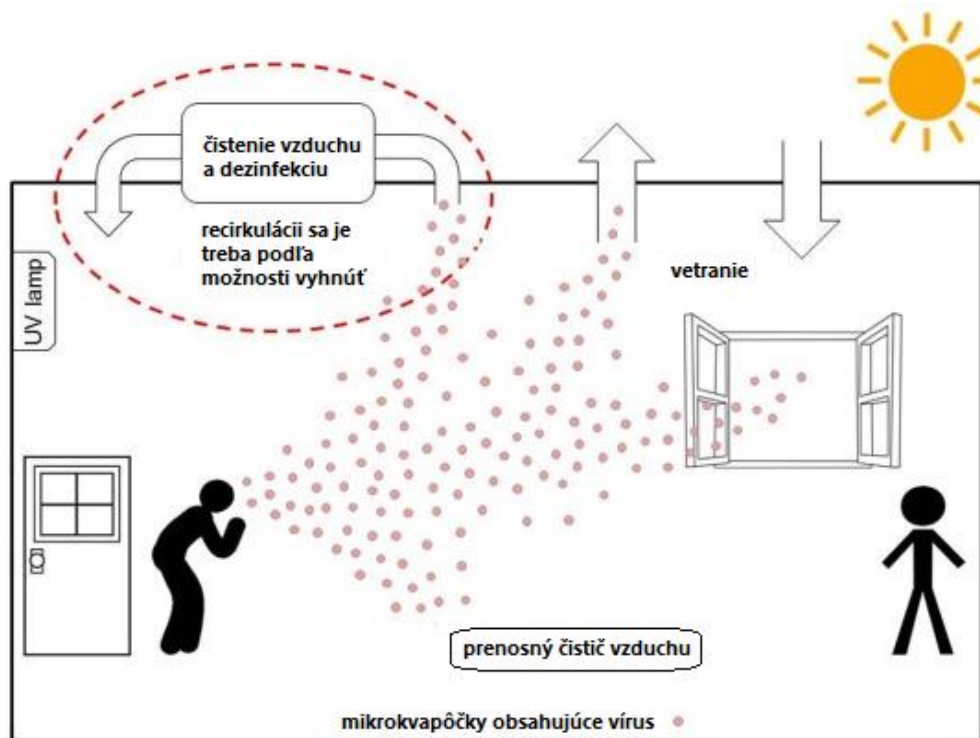
(5) Aby nedošlo k preplneniu napr. žiaci sediaci pri každej druhej lavici v školských triedach, alebo zákazníci pri každom druhom stole v reštauráciách, alebo na každom druhom mieste v MHD, kinách a pod.

Obr. 3.19 Príklad porovnania šírenia kvapôčkového aerosólu vo vetranom (a) a nevetranom (b) prostredí



Zdroj: <https://www.asb.sk/stavebnictvo/technicke-zariadenia-budov/klimatizacia-a-ventranie/ventracie-a-klimatizacne-systemy-neumoznuju-sirenie-koronavirusu-tvrdi-institut-roberta-kocha>

Obr. 3.20 Kontrola na technickej úrovni na zníženie environmentálnych rizík pre prenos vzduchom



Zdroj: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412020317876>

Zoznam tabuliek

- Tab. 3.1 Príklady zdravotných ťažkostí použité v rôznych štúdiách
- Tab. 3.2 Optimálne a prípustné podmienky tepelno – vlhkostnej mikroklimy
- Tab. 3.3 Smerné hodnoty pre koncentráciu TVOC

Zoznam obrázkov

- Obr. 3.1 Kľúčové faktory ovplyvňujúce kvalitu vnútorného prostredia v budovách
- Obr. 3.2 Kľúčové faktory ovplyvňujúce kvalitu vnútorného prostredia v budovách
- Obr. 3.3 9 Základných faktorov zdravých budov
- Obr. 3.4 Ekonomický diagram pre kvalitu vnútorného prostredia. Diagram zobrazuje väzby medzi budovami, možnými benefitmi a zlepšením vnútorného prostredia
- Obr. 3.5 Tepelná pohoda
- Obr. 3.6 Akustický komfort ovplyvňujú vonkajšie aj vnútorné zdroje hluku
- Obr. 3.7 Vizualný komfort
- Obr. 3.8 Parametre vplyvajúce na kvalitu vnútorného prostredia (Indoor Environmental Quality – IEQ)
- Obr. 3.9 Príznaky SBS
- Obr. 3.10 Hlavné príčiny syndrómu chorých budov
- Obr. 3.11 Hierarchický diagram faktorov ovplyvňujúcich výkonnosť užívateľov budov
- Obr. 3.12 Zlé pracovné prostredie znižuje produktivitu
- Obr. 3.13 Percentuálne prerozdelenie času tráveného zamestnancami vnútri
- Obr. 3.14 Prírodné vetranie
- Obr. 3.15 HEPA filter
- Obr. 3.16 Hlavné položky usmernenia REHVA pre prevádzku technických zariadení budov
- Obr. 3.17 Relatívne riziko infekcie
- Obr. 3.18 Koncentrácia CO₂ (absolútne hodnoty, ktoré zahŕňajú vonkajšiu koncentráciu) závislosť od rýchlosti vetrania a obsadenosť kancelárií
- Obr. 3.19 Príklad porovnania šírenia kvapôčkového aerosólu vo vetranom (a) a nevetranom (b) prostredí
- Obr. 3.20 Kontrola na technickej úrovni na zníženie environmentálnych rizík pre prenos vzduchom

Zoznam literatúry

- The Council of the European Union Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the Energy Performance of Buildings
- [T. S. Larsen, L. Rohde, K. T. Jonsson, B. Ransmussen, R. L. Jensen, H. N. Knudsen, T. Witterseh, G. Boko, IEQ-Compass – A tool for holistic evaluation of potential indoor environmental quality, *Building and Environment*, 172 (2020), 106707
- Y. Geng, Z. Zhang, J. Yu, H. Chen, H. Zhou, B. Lin, Q. Zhuang, An intelligent IEQ monitoring and feedback system: Development and applications, *Engineering*, 23 (2021)
- R.M.S.F. Almeida, V.P.D. Freitas, J.M.P.Q. Delgado, *Indoor Environmental Quality* (2015)
- Y. Al Horr, M. Arif, A. Kaushik, A. Mazroei, M. Katafygiotou, E. Elsarrag, Occupant productivity and office indoor environment quality: a review of the literature, *Build. Environ.*, 105 (2016), pp. 369-389
- William J. Fisk, How IEQ affects health, productivity, *ASHRAE J.*, 44 (5) (2002), p. 56
- S. Abbaszadeh, L. Zagreus, D. Lehrer, C. Huizenga, Occupant satisfaction with indoor environmental quality in green buildings, *Proceedings of Healthy Buildings*, vol. 3 (2006), pp. 365-370, Lisbon
- A. Wagner, E. Gossauer, C. Moosmann, Th Gropp, R. Leonhart, Thermal comfort and workplace occupant satisfaction - results of field studies in German low energy office buildings, *Energy Build.*, 39 (7) (2007), pp. 758-769
- D.P. Wyon, P. Wargocki, How indoor environment affects performance, *Ashrae J.*, 55 (2013), pp. 46-52
- P.O. Fanger, *Thermal Comfort*, (1970)

- P.O. Fanger, Moderate Thermal Environments Determination of the PMV and PPD Indices and Specification of the Conditions for Thermal Comfort, (1984), ISO 7730
- W.J. Fisk, A.H. Rosenfeld, Estimates of improved productivity and health from better indoor environments, *Indoor Air*, 7 (1997), pp. 158-172
- W.J. Fisk, Health and productivity gains from better indoor environments and their relationship with building energy efficiency, *Annu. Rev. Energy & Environ.*, 25 (2000), pp. 537-566
- M.J. Mendell, Non-specific symptoms in office workers: a review and summary of the epidemiologic literature, *Indoor Air*, 3 (1993), pp. 227-236
- P. Wargocki, D.P. Wyon, J. Sundell, G. Clausen, P.O. Fanger, The effects of outdoor air supply rate in an office on perceived air quality, sick building syndrome (SBS) symptoms and productivity, *Indoor Air*, 10 (2000), pp. 222-236
- J.G. Allen, P. Macnaughton, U. Satish, S. Santanam, J. Vallarino, J.D. Spengler, Associations of cognitive function scores with carbon dioxide, ventilation, and volatile organic compound exposures in office workers: a controlled exposure study of green and conventional office environments, *Environ. Health Perspect.*, 124 (2015), pp. 121-154
- S. Schiavon, B. Yang, Y. Donner, V.W.C. Chang, W.W. Nazaroff, Thermal comfort, perceived air quality, and cognitive performance when personally controlled air movement is used by tropically acclimatized persons, *Indoor Air*, 27 (2017), pp. 690-702
- E. Koehn, G. Brown, Climatic effects on construction, *J. Constr. Eng. Manag.*, 111 (1985), pp. 129-137
- H.R. Thomas, I. Yiakoumis, Factor model of construction productivity, *J. Constr. Eng. Manag.*, 113 (1987), pp. 623-639
- D.E. Hancher, H.A. Abd-Elkhalek, The effect of hot weather on construction labor productivity and costs, *Cost. Eng.*, 40 (1998), pp. 32-36
- S. Mohamed, K. Srinavin, Forecasting labor productivity changes in construction using the PMV index, *Int. J. Industrial Ergonomics*, 35 (2005), pp. 345-351
- T. Akimoto, S. Tanabe, T. Yanai, M. Sasaki, Thermal comfort and productivity - evaluation of workplace environment in a task conditioned office, *Build. Environ.*, 45 (2010), pp. 45-50
- L. Lan, Z. Lian, Use of neurobehavioral tests to evaluate the effects of indoor environment quality on productivity
Build. Environ., 44 (2009), pp. 2208-2217
- L. Lan, Z. Lian, L. Pan, The effects of air temperature on office workers' well-being, workload and productivity-evaluated with subjective ratings, *Appl. Ergon.*, 42 (2010), p. 29
- L. Lan, Z. Lian, Application of statistical power analysis – how to determine the right sample size in human health, comfort and productivity research, *Build. Environ.*, 45 (2010), pp. 1202-1213
- L. Li, P. Wargocki, Z. Lian, Quantitative measurement of productivity loss due to thermal discomfort, *Energy & Build.*, 43 (2011), pp. 1057-1062
- Chris Watson, Review of building quality using post occupancy evaluation, *PEB Exch.*, 2003 (48) (2003), p. 15
- Isaac A. Meir, Yaakov Garb, Dixin Jiao, Alex Cicelsky, Post-occupancy evaluation: an inevitable step toward sustainability, *Adv. Build. Energy Res.*, 3 (1) (2009), pp. 189-219
- J.H. Choi, J. Moon, Impacts of human and spatial factors on user satisfaction in office environments, *Build. Environ.*, 114 (2016), pp. 23-35
- G. Newsham, J. Brand, C. Donnelly, J. Veitch, M. Aries, K. Charles, Linking indoor environment conditions to job satisfaction: a field study, *Build. Res. Inf.*, 37 (2009), pp. 129-147
- Y.S. Lee, D.A. Guerin, Indoor environmental quality related to occupant satisfaction and performance in LEED-certified buildings, *Indoor Built Environ.*, 18 (2009), pp. 293-300
- L.T. Wong, K.W. Mui, P.S. Hui, A multivariate-logistic model for acceptance of indoor environmental quality (IEQ) in offices, *Build. Environ.*, 43 (2008), pp. 1-6
- A.C.K. Lai, K.W. Mui, L.T. Wong, L.Y. Law, An evaluation model for indoor environmental quality (IEQ) acceptance in residential buildings, *Energy Build.*, 41 (2009), pp. 930-936
- J. Kim, R. de Dear, Nonlinear relationships between individual IEQ factors and overall workspace satisfaction, *Build. Environ.*, 49 (2012), pp. 33-40
- J. Kim, R.D. Dear, Impact of different building ventilation modes on occupant expectations of the main IEQ factors
Build. Environ., 57 (2012), pp. 184-193
- Y. Geng, J. Yu, B. Lin, Z. Wang, Y. Huang, Impact of individual IEQ factors on passengers' overall satisfaction in Chinese airport terminals, *Build. Environ.*, 112 (2017), pp. 241-249
- A.H. Nawawi, N. Khalil, Post-occupancy evaluation correlated with building occupants' satisfaction: an approach to performance evaluation of government and public buildings, *J. Build. Apprais.*, 4 (2008), pp. 59-69

- N. Khalil, H.N. Husin, H. Adnan, A.H. Nawawi, Correlation analysis of building performance and Occupant's satisfaction via post occupancy evaluation for Malaysia's public buildings, *Mpra Pap.* (2009), pp. 1035-1042
- J.C. Vischer, Towards an environmental psychology of workspace: how people are affected by environments for work, *Archit. Sci. Rev.*, 51 (2008), pp. 97-108
- S. Leder, G.R. Newsham, J.A. Veitch, S. Mancini, K.E. Charles, Effects of office environment on employee satisfaction: a new analysis, *Build. Res. Inf.*, 44 (2016), pp. 34-50
- Z.F. Pei, B.R. Lin, Y.C. Liu, Y.X. Zhu, Comparative study on the indoor environment quality of green office buildings in China with a long-term field measurement and investigation, *Build. Environ.*, 84 (2015), pp. 80-88
- G.R. Newsham, B.J. Birt, C. Arsenault, A.J.L. Thompson, J.A. Veitch, S. Mancini, A.D. Galasiu, B.N. Gover, I.A. Macdonald, G.J. Burns, Do 'green' buildings have better indoor environments? New evidence, *Build. Res. Inf.*, 41 (2013), pp. 415-434
- W.L. Paul, P.A. Taylor, A comparison of occupant comfort and satisfaction between a green building and a conventional building, *Build. Environ.*, 43 (2008), pp. 1858-1870
- Y. Geng, W. Ji, B. Lin, Y. Zhu, The impact of thermal environment on occupant IEQ perception and productivity, *Building and Environment*, 121 (2017), pp. 158-167.
- Refrigerating and Air-Conditioning Engineers ASHRAE-55 Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy (2013)
- Y. Al Horr, M. Arif, A. Kaushik, A. Mazroei, M. Katafygiotou, E. Elsarrag, Occupant productivity and office indoor environment quality: a review of the literature, *Build. Environ.*, 105 (2016), pp. 369-389,
- C. Chen, S. Yilmaz, A. L. Pisello, M. De Simone, A. Kim, T. Hong, K. Bandurski, M. V. Bavaresco, P. Liu, Y. Zhu, The impacts of building characteristics, social psychological and cultural factors on indoor environment quality productivity belief, *Build. Environ.*, 185 (2020) 107189.
- W. J. Fisk, Estimates of potential nationwide productivity and health benefits from better indoor environments: an update. In SPENGLER, J., SAMET, J. a MacCARTHY, J. (eds), *Indoor Air Quality Handbook*, New York: McGraw Hill. 2001.
- M. Mendell, M., W. J. Fisk, K. Kreiss, H. Levin, D. Alexander, Improving the health of workers' indoor environments: Priority research needs for a national of occupational research agenda. *American Journal of Public Health*, Roč. 92, č. 9 (2002), s. 1430-1440.
- O. Seppänen, M. Vuolle, Cost effectiveness of some remedial measures to control summer time temperatures in an office building. In: *Proceedings of Healthy Buildings 2000*. 2000, s. 665-660.
- R. Djukanovic, P. Wargocki, P. O. Fanger, Cost-benefit analysis of improved air quality in an office building. *Proceedings of Indoor Air, 2002*. s. 808-813.
- S. O. Hansen, Economical consequences of poor indoor air quality and its relation to the total building operation costs. In: *EuroFM/IFMA Conference*. 1997.
- M. Tuomainen, J. Smolander, J. Kurnitski, J. Palonen, O. Seppanen, Modelling the cost effects of the indoor environment. *Proceedings of Indoor Air, 2002*, s. 814-819.
- O. Seppänen, W. J. Fisk, A procedure to estimate the cost effectiveness of the indoor environment improvements in office work. *Creating the Productive Workplace*, 2nd edn, London, Taylor & Francis, 2006, s. 407-433.
- Z. Budaiová, Hodnotenie prostredia v budovách vo väzbe na výkonnosť ich užívateľov, TUKE, 2013, s. 119
- <https://www.terramai.com/blog/10-ways-indoor-environments-affect-people/>
- <https://www.asb.sk/stavebnictvo/technicke-zariadenia-budov/practicke-odporucania-pre-prevadzku-budov-a-faq-v-suvlosti-s-covid-19>
- [https://www.asb.sk/stavebnictvo/technicke-zariadenia-budov/klimatizacia-a-vetranie/vetracie-a-klimatizacne-\[v\]_systemy-neumoznuju-siren timer-koronavirusu-tvrdi-institut-roberta-kocha](https://www.asb.sk/stavebnictvo/technicke-zariadenia-budov/klimatizacia-a-vetranie/vetracie-a-klimatizacne-[v]_systemy-neumoznuju-siren timer-koronavirusu-tvrdi-institut-roberta-kocha)
- <https://www.asb.sk/stavebnictvo/technicke-zariadenia-budov/practicke-odporucania-pre-prevadzku-budov-a-faq-v-suvlosti-s-covid-19>
- A. Covaci, How can airborne transmission of COVID-19 indoors be minimised? *Environment International* 142 (2020) 105832



ENERGETICKÁ HOSPODÁRNOST

A. Sedláková | V. Merjavá | M. Kováč

4 | ENERGETICKÁ HOSPODÁRNOSŤ

Slovensko sa spolu s ďalšími členskými štátmi EU zaviazalo docieľiť uhlíkovú neutralitu do roku 2050. Zdá sa to byť vzdialený cieľ, ale vedú k nemu postupné kroky. Európska komisia predstavila aktualizovaný plán s cieľom znížiť emisie skleníkových plynov v EU už do roku 2030 najmenej o 55 %, v porovnaní s rokom 1990, v celom hodnotovom reťazci. Budovy svojou prevádzkou, materiálmi a výstavbou tvoria významnú časť, až 40 % celosvetových energetických emisií uhlíka, čo poukazuje na potrebu zmeny myslenia v tomto sektore. Nízkouhlíkové technológie a materiály či zodpovednejšia výstavba a prevádzka sú preto nevyhnutnosťou pri ceste k uhlíkovej neutralite. Stavebníctvo a súvisiace odvetvia preto stoja na prahu ďalších výziev, predovšetkým pri hľadaní ďalšieho zefektívňovania prevádzky budov, využívaní bez emisných zdrojov energií pomocou obnoviteľnej energie. Očakáva sa nová legislatíva sprísňujúca kritériá pre hodnotenie emisií budov, ale aj pre uhlík zabudovaný v stavebných materiáloch (embodied carbon), samotné navrhovanie a prevádzku budov. Zároveň pribúdajú neziskové iniciatívy a certifikačné systémy pre hodnotenie uhlíkovej stopy budov a celkový dopad na životné prostredie počas celého životného cyklu budovy.

4.1 Navrhovanie budov – nové ciele

- Zvyšovanie nárokov na EHB v súlade s cieľmi EÚ,
- V súčasnom období, kedy človek trávi 80-90 % času v architektonizovanom interiérovom prostredí, je veľmi dôležité zabezpečiť hodnotenie kvality vnútorného prostredia budov, charakterizované snahou o vytvorenie tepelnej, akustickej a svetelnej pohody a súčasne o zabezpečenie kvalitného vnútorného ovzdušia s prepojením na energetickú stratégiu výstavby nových budov a obnovu existujúcich budov,
- Kľúčovými v tejto oblasti sú renovácie súčasných budov, ktoré predstavujú obrovský potenciál úspor energie, preto je potrebné podstatne zvýšiť mieru a kvalitu ich obnovy,
- Súčasná stratégia obnovy budov požaduje opatrenia a postupy na podporu obnovy fondu budov s cieľom dosiahnuť do roku 2050 vysoko energeticky efektívny a uhlíkovo neutrálny fond budov, a tým aj nákladovo efektívnu transformáciu existujúcich budov na budovy s takmer nulovou spotrebou energie,
- Uhlíková neutralita stavieb v celom životnom cykle.

Systémové riešenia a spolupráce s cieľom zabezpečenia dostupnosti zdravého, zeleného bývania, sa považuje za urgentnú potrebu tak v kontexte riešenia klimatických zmien, ako aj podpory zdravia ľudí na Slovensku. Ekologické aspekty navrhovania budov majú v súčasnosti autonómne postavenie. Energetické hľadisko a s tým súvisiace znižovanie emisií CO₂ je kľúčové pri otázkach súvisiacich so zmenami klímy. Opatrenia na elimináciu a redukovanie potrieb energie sú ustanovené v príslušnej legislatíve a regulatívoch jednotlivých krajín podľa medzinárodných dohôd. Veľký význam má dosiahnutie energeticky úsporných budov už v prvotnej fáze návrhu, kde je potrebné nájsť súlad medzi architektonickým a konštrukčným riešením a podmienkami miestnej klímy. To si vyžaduje optimálny návrh a analyzovanie variantných riešení s využitím dostupných softvérových prostriedkov. V prvotnom návrhu je dôležité optimalizovanie obalových konštrukcií budov vo väzbe na vnútorné a vonkajšie prostredie.

V zmysle zákona o energetickej hospodárnosti budov (555/2005 Z. z.) je u nás od roku 2008 povinná energetická certifikácia. Pri nej sa každá budova zaradi do energetickej triedy podľa kritéria škálovania, ktorým je globálny ukazovateľ – primárna energia v kWh/(m². a) s konkrétnou stanovenou úrovňou pre rôzne typy stavieb. Posledná veľká zmena na Slovensku prebehla pred 2 rokmi, kedy od 1. 1. 2021 musia byť všetky budovy v kontexte novej legislatívy EÚ a legislatívy na Slovensku v energetickej triede A0 (úroveň výstavby budov s takmer nulovou potrebou energie).

4.1.1 Požiadavky a kritériá na obalové konštrukcie

Požiadavky na zmenu vo výstavbe nových, ale aj obnovovaných budov s cieľom zníženia negatívnych dopadov na životné prostredie sú stále naliehavejšie. Kľúčovým faktorom medzisektorovej spolupráce je hľadanie takých riešení, ktoré kombinujú ekonomicky efektívne a energeticky zodpovedné prístupy. Technickými normami zavedené požiadavky na kritérium minimálnych tepelnotechnických vlastností stavebných konštrukcií obalu budovy (súčinitele prechodu tepla), na hygienické kritérium (eliminovanie kondenzácie vodnej pary a rastu plesní na vnútorných povrchoch stavebných konštrukcií) ako aj na energetické kritérium (potreby tepla a energie na vykurovanie) sa súčasne preukazuje splnenie základnej požiadavky podľa stavebného zákona a to: hygiena, zdravie a životné prostredie ako aj základná požiadavka: energetická hospodárnosť a udržanie tepla. Návrh normalizovaných požiadaviek podľa konsolidovaného znenia STN 73 0540-2+Z1+Z2:2019, zohľadňuje súhrn základných požiadaviek na stavby vrátane energetickej náročnosti. Konsolidované znenie STN 73 0540-2+Z1+Z2:2019 nahrádza STN 73 0540-2 z júla 2012, opravu O1 z decembra 2012 a zmenu 1 z augusta 2016 v celom rozsahu.

4.1.2 Konsolidované znenie STN 73 0540-2+Z1+Z2:2019

STN 73 0540 Tepelná ochrana budov. Tepelnotechnické vlastnosti stavebných konštrukcií a budov sa člení takto:

- Časť 1: Terminológia (2002),
- Časť 2: Funkčné požiadavky (2019),
- Časť 3: Vlastnosti prostredia a stavebných výrobkov (2012).

Konsolidované znenie STN 73 0540-2+Z1+Z2:2019 sa vzťahuje na projektovú dokumentáciu budov, projektové a normalizované hodnotenie energetickej hospodárnosti budov podľa STN EN ISO 52003-1 a STN EN ISO 52000-1. Od 01.01.2021 platia cieľové hodnoty pre budovy s takmer nulovou potrebou energie ako normalizované (požadované). Na projektovanie nových budov s takmer nulovou potrebou energie sú uvedené aj prísnejšie cieľové odporúčané hodnoty súčiniteľa prechodu tepla stavebných konštrukcií. Projektant je povinný splnenie minimálnych požiadaviek na energetickú hospodárnosť budovy zahrnúť do projektovej dokumentácie na stavebné povolenie alebo na povolenie zmeny stavby. Kapitoolami 3 až 9. STN 73 0540-2+Z1+Z2:2019 stanovuje odporúčané hodnoty súčiniteľa prechodu tepla (U_{r1}) ako normalizované hodnoty pre budovy ultranízkoenergetickej úrovne výstavby podľa zmeny 1 od 1. 1. 2016 a cieľové požiadavky ako normalizované požiadavky (U_{r2}) pre budovy s takmer nulovou potrebou energie od 1. 1. 2021. Uvádza aj prísnejšie cieľové požiadavky ako odporúčané (U_{r3}) pre budovy s takmer nulovou potrebou energie. Stanovuje požiadavky na súčiniteľ prechodu tepla okien v šikmej strešnej konštrukcii a ľahkých obvodových plášťov pre všetky energetické úrovne výstavby. Rozširuje možnosti použitia hodnôt zvýšenia súčiniteľa prechodu tepla vplyvom tepelných mostov. Uvádza požiadavku na uskutočnenie výpočtu potreby tepla na vykurovanie a chladenie mesačnou alebo hodinovou metódou. Normalizované požiadavky na obvodový a strešný plášť zostávajú aj po 31. decembri 2020 stanovené rovnakými hodnotami ako platili pre ultranízkoenergetickú úroveň výstavby. Sprísňuje sa požiadavka na otvorové konštrukcie ($U \leq 0,85 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$). Stanovili sa cieľové odporúčané požiadavky na budovy s takmer nulovou potrebou energie. Pre korektný výpočet energetickej hospodárnosti budov je potrebné navrhnuť jednotlivé konštrukcie tak, aby spĺňali minimálne tepelnotechnické vlastností stavebných konštrukcií podľa časti. 4.1.1 normy STN 73 0540-2+Z1+Z2:2019. Hlavným kritériom na obalové konštrukcie je súčiniteľ prechodu tepla U ($\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$), ktorý je uvedený v norme STN 73 0540-2+Z1+Z2:2019 ako maximálna hodnota.

Preto všetky konštrukcie teplo-výmenného obalu budovy: obvodového plášťa, strešného plášťa, otvorových konštrukcií, stropu nad nevykurovaným suterénom musia mať hodnotu nižšiu, ako je uvedená maximálna hodnota súčiniteľa prechodu tepla U pre danú kategóriu konštrukcie. Projektovaná budova, ako celok, tak musí vyhovovať požiadavke pre preukázanie predpokladu splnenia energetickej hospodárnosti budov podľa časti 8.2.1 normy STN 73 0540-2+Z1+Z2:2019. Keďže súčiniteľ prechodu tepla U je priamo závislý od základnej charakteristiky tepelnoizolačných materiálov, t.j. súčiniteľa tepelnej vodivosti, kde výrobcovia tepelnoizolačných materiálov uvádzajú jeho deklarovанú hodnotu λ_D , je preto veľmi dôležité správne určenie návrhovej hodnoty súčiniteľa tepelnej vodivosti λ .

4.1.3 Vyhláška č. 35/2020 Z.z.

Ministerstva dopravy a výstavby Slovenskej republiky z 11. februára 2020, ktorou sa mení a dopĺňa vyhláška Ministerstva dopravy, výstavby a regionálneho rozvoja Slovenskej republiky č. 364/2012 Z. z., ktorou sa vykonáva zákon č. 555/2005 Z. z. o energetickej hospodárnosti budov a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov v znení vyhlášky č. 324/2016 Z. z.

Táto vyhláška, ktorá nadobudla účinnosť 10. marca 2020 zmenila a doplnila rozsah stále platnej vyhlášky č. 364/2012 Z.z. v rozsah postupu výpočtu energetickeho hodnotenia nových a obnovovaných budov:

Projektové hodnotenie alebo normalizované hodnotenie sa spracúva ako:

Tepelnotechnický návrh a posúdenie stavebných konštrukcií a budovy

- Základné údaje o stavebných konštrukciách a budove,
- Geometrická schéma budovy, orientácia podľa svetových strán, rozdelenie na tepelné zóny,
- Požiadavky a kritériá na konštrukcie teplovýmenného obalu budovy a vnútorné deliace konštrukcie,
- Navrhované riešenie stavebných konštrukcií,
- Posúdenie tepelnotechnických vlastností stavebných konštrukcií:
 - posúdenie kritéria na minimálne tepelnoizolačné vlastnosti stavebných konštrukcií (výpočet súčiniteľa prechodu tepla všetkých druhov (skladieb) plných stavebných konštrukcií, všetkých druhov a veľkostí otvorových konštrukcií podľa orientácie),
 - posúdenia kritéria na minimálnu teplotu vnútorného povrchu (posúdenie detailov metódou plošného teplotného poľa), rizika rastu plesní a rosného bodu (zasklené konštrukcie),
 - posúdenie kritéria na minimálnu priemernú výmenu vzduchu v miestnosti vrátane stanovenia objemu vzduchu výmenou spätným získavaním tepla (rekuperáciou),
 - posúdenie energetickeho kritéria (mesačnou alebo hodinovou metódou),
 - posúdenie potreby tepla na vykurovanie a preukázanie predpokladu splnenia energetickej hospodárnosti budovy (podľa kategórie budovy),
 - posúdenie kondenzácie vodnej pary v stavebných konštrukciách,
- Hodnotenie podľa technickej normy STN 73 0540-2+Z1+Z2:2019, alebo inej obdobnej technickej špecifikácie s porovnateľnými alebo prísnejšími požiadavkami.

Energetické posúdenie technického systému budovy

Posúdenie sa vykoná v závislosti od technického riešenia a rozsahu zabudovania technických systémov so stanovením potreby tepla/energie pre jednotlivé miesta spotreby a energetický nosič (napr. plyn, elektrina):

- miesto spotreby na vykurovanie,
- miesto spotreby na prípravu teplej vody,
- miesto spotreby na chladenie a vetranie,
- miesto spotreby energie na osvetlenie.

Posúdenie globálneho ukazovateľa

- výpočet potreby dodanej energie podľa energetických nosičov,
- výpočet primárnej energie,
- výpočet emisií oxidu uhličitého (CO₂).

4.1.4 Požiadavky na pracovné prostredie – kancelársky priestor

Význam pri zabezpečení prijateľného pracovného prostredia kancelárie zohráva technické vybavenie budovy a jeho obsluha. Vplýva na základné parametre mikroklimy, ktorá je určená zložkami: teplota, vlhkosť, tlak a výmena čerstvého vzduchu. Tieto činnosti spadajú do technického facility managementu. Aby podal pracovník maximálny výkon, musí mať vytvorené vhodné pracovné prostredie.

Tepelnú pohodu charakterizujú nasledovné čísla:

- optimálna teplota kancelárií je v rozmedzí: 19 – 21 °C,
- optimálna teplota spoločných priestorov (chodieb): 15 °C,
- rozdiel medzi interiérovou teplotou a exteriérom v lete by nemal byť vyšší ako 6 °C,
- maximálna doba používania klimatizácie – max. 4 hodiny denne,
- ideálna relatívna vlhkosť: 40 - 60 %,
- rýchlosť prúdenia vzduchu: 0,15 – 0,25 m/s,
- množstvo vymeneného vzduchu za hodinu: 30 m³ na osobu,
- denné osvetlenie,
- intenzita osvetlenia by nemala byť nižšia ako 300 Luxov,
- minimálna svetlá výška miestnosti 2,7 m,
- maximálna hladina hluku v kancelárii: 40 dB.

Projektová miestnosť:

Uzavretý pracovný priestor pre štyri až desať osôb, vhodný pre tímovú spoluprácu, ktorá môže byť dôverná a vyžaduje častú internú komunikáciu.

Použitie a aktivity:

- Spoločná práca, ktorá vyžaduje častú komunikáciu v rámci tímu,
- Samostatná práca vyžadujúca stredne sústredenie sa napríklad pre prácu na PC,
- Práce, ktoré vyžadujú určitý stupeň utajenia, ako sú napríklad audity.

Veľkosti a usporiadanie:

- Odporúčaná minimálna plocha je 6 m² na pracovnú stanicu alebo 7,5 m² pri pridaní rokovacieho stola,
- Písacie stoly môžu byť usporiadané „tvárou v tvár“ alebo „chrbát ku chrbtu“, takto sa podporí komunikácia alebo koncentrácie,
- Pokiaľ je to možné, tak stolové usporiadanie užívateľov je s priamym výhľadom na dvere.

Umiestnenie:

- Najlepšie v blízkosti okna, poskytuje výhľad vonku a prístup denného svetla,
- Môže byť umiestnená v blízkosti rušných chodiab alebo iného otvoreného priestoru, keď je dobre „zaizolovaná“.

Obr. 4.1 Budova – Projektová miestnosť



Poznámky: Vyváženie požadovanej úrovne koncentrácie a interakcie môže byť problematické,

Výhody: Poskytuje určitú mieru súkromia a dôvernosti, rovnako ako interakcie; Tímové nastavenie stimuluje voľný pohyb znalostí a praktického výcviku v rámci tímu; Celkom dobré možnosti pre individuálne ovládanie klimatizácie.

Nevýhody: Od podlahy až k stropu priečka, ktorá má negatívny dopad na nákladovú efektivitu a flexibilitu; Nebezpečenstvo nepredvídateľnej miery využitia (napr. intenzívne využívaný priestor počas určitého projektu a prázdny po dokončení projektu); Tímy sú oddelené od ostatných na pracovisku.

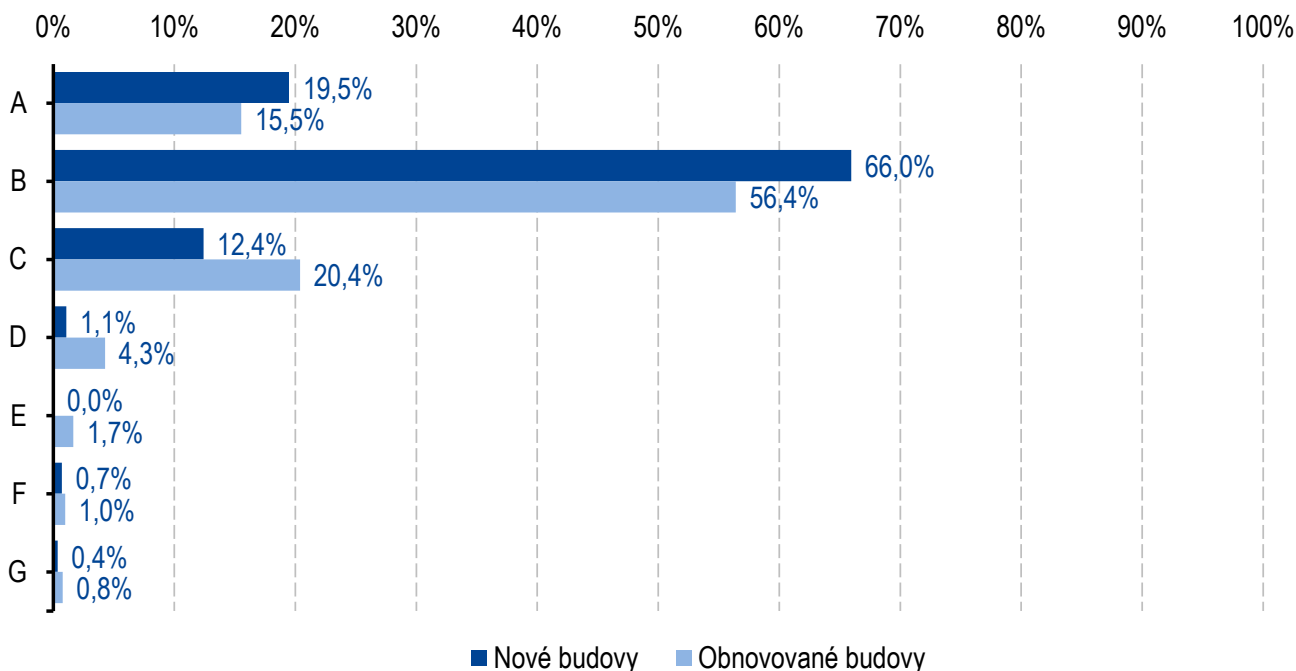
Zdroj: https://www.stuba.sk/buxus/docs/stu/ustavy/ustav_manazmentu/NAB2012-2/clanok4.pdf

Tento faktor vplýva aj na výšku prevádzkových nákladov. Je dôležité, keď je možné systém kúrenia a chladenia jednotlivo regulovať. Úsporu nákladov prinesú aj vlastné merače. Tu je potrebné si uvedomiť, že návrh budov je komplexný a zložitý proces zahrňujúci množstvo parametrov (kritérií), kde možno v zásade rozlišovať: architektonickú tvorbu a konštrukčnú tvorbu budov. Vývoj v navrhovaní budov možno obecné charakterizovať trvalým zvyšovaním požiadaviek a s tým súvisiaci nárast komplexnej zložitosti. V minulosti navrhované budovy boli optimalizované s ohľadom na funkčnú spôsobilosť a investičné náklady. Neskôr sa pridali požiadavky na kvalitu vnútorného prostredia a požiadavky estetické. U súčasných budov stále viac požadujeme energetickú úspornosť a environmentálnu šetrnosť, investičné a prevádzkové náklady s dôrazom na zdravé vnútorné prostredie a čo najmenšie negatívne dopady výstavby na životné prostredie. Optimalizáciou parametrov architektonicko-konštrukčnej tvorby administratívnych budov možno nájsť riešenie rešpektujúce požiadavky súčasnosti.

Z hľadiska platnej EU legislatívy aj jednotlivých štátov EU je potrebné vypracovať:

Spoločný európsky certifikát pre podporu hodnotenia verejných a komerčných nebytových budov na ceste k zníženiu emisií skleníkových plynov. Aby všetky budovy spĺňali požiadavku budovu s takmer nulovou potrebou energie čo sa rozumie budova s veľmi vysokou energetickou hospodárnosťou. Príčom takmer nulové alebo veľmi malé množstvo energie potrebné na užívanie takej budovy musí byť zabezpečené efektívnou tepelnou ochranou a vo vysokej miere energiou dodanou z obnoviteľných zdrojov nachádzajúcich sa v budove alebo v jej blízkosti.

Obr. 4.2 Podiel energetických tried školských budov na Slovensku za obdobie rokov 2016 - 2021



Poznámka: Graf zobrazuje percentuálny podiel jednotlivých energetických tried, do ktorých boli zaradené školské budovy v rokoch 2016 až 2021. Jedná sa o nové školské budovy a školské budovy po významnej obnove. Zo štatistických údajov vyplýva, že prevažná časť školských budov spadá do energetickej triedy B.

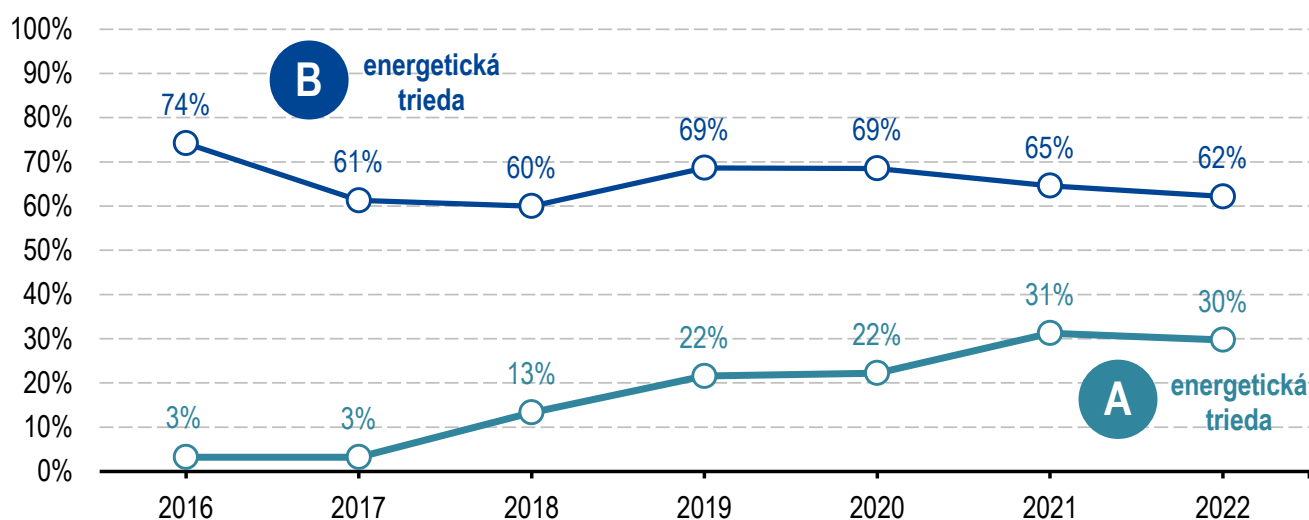
Zdroj: <https://www.inforeg.sk/ec/>

Principiálne môžeme povedať, že po roku 2015, t. j. od 1. januára 2016 máme povinnosť navrhovať, projektovať a realizovať nové budovy v energetickej triede A, pričom do konca roka 2020 to bola tzv. energetická trieda A1 a od 1. januára 2021 je to energetická trieda A0. Ak sa pozrieme na štatistické údaje centrálného registra energetických certifikátov, zisťujeme, že podiel nových školských budov v energetickej triede A nie je dominantný, ale zastáva druhé miesto, pričom prevažná časť energetických certifikátov hodnotila nové školské budovy v energetickej triede B. Zo štatistiky vyplýva, že podiel energetickej triedy A má vzostupný charakter, avšak to nie je dostatočný argument a je potrebné v tejto oblasti zlepšiť návrh, projektovanie a realizáciu nových školských budov.

V prípade obnovovaných školských budov je principiálne požiadavka na energetickú hospodárnosť identická s požiadavkou na nové školské budovy, avšak s dodatkom, ak je takáto obnova budovy technicky, technologicky a ekonomicky uskutočniteľná. Vývoj štatistických údajov od roku 2016 do roku 2021 pre obnovované školské budovy má veľmi podobný trend s novými školskými budovami a teda, že dominuje energetická trieda B za celé spomínané obdobie. Pozitívne môžeme hodnotiť trend vývoja energetickej triedy A, ktorý má mierne vzostupný charakter. Ale podobne ako v prípade nových školských budov, je potrebné aj pri obnove týchto budov hľadať také riešenia, ktoré

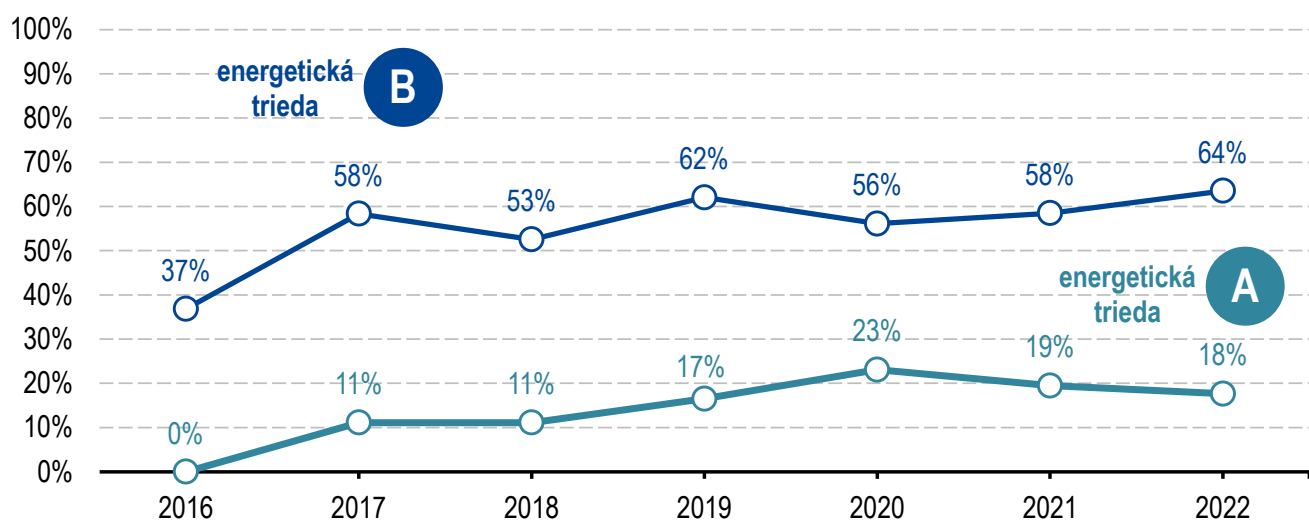
budú využívať na podporu energetickej efektívnosti budovy práve obnoviteľné zdroje energie, ktoré budú uplatňovať prvky zelenej architektúry a podobne.

Obr. 4.3 Trend vybraných energetických tried nových školských budov od roku 2016 do 2021 na Slovensku



Zdroj: <https://www.inforeg.sk/ec/>

Obr. 4.4 Trend vybraných energetických tried obnovovaných školských budov od roku 2016 do 2021 na Slovensku



Zdroj: <https://www.inforeg.sk/ec/>

Budovy sa súčasne budú podieľať aj na dekarbonizácii dopravy. Akým spôsobom? Smernica 844/2018/EÚ zaviedla požiadavky na tzv. elektromobilitu v súvislosti s výstavbou nových školských budov a školských budov, ktoré prechádzajú fázou obnovy. Myšlienka je v tomto smere veľmi jednoduchá a pritom elegantná. Budovy už nebudú len miestom, kde ľudia trávajú takmer 90 % svojho života, ale budú aj tzv. akumulátormi elektrickej energie vyrobenej a uskladnenej na mieste vďaka inštalovaným fotovoltaickým panelom. Táto energia sa bude využívať na prevádzku energeticky efektívnych elektrospotrebičov, podľa rozsahu bude možné v niektorých prípadoch dobíjať batérie elektromobilov (autá, bicykle, kolobežky alebo iné dopravné prostriedky). Je to súčasne jeden z motivačných cieľov Európskej únie, ako do budúcnosti urýchliť a zvýšiť podiel elektromobilov na cestách. Spomínaná smernica zaviedla povinnosť inštalácie potrebnej infraštruktúry, či už sa jedná o káblové rozvody alebo o min. počet nabíjajúcich staníc, a to pre nové ako aj obnovované školské budovy. Pri školských budovách, ktoré majú viac ako 10 parkovacích miest, je teda potrebná min. jedna nabíjacia stanica elektrických vozidiel a každé min. piate parkovacie miesto musí byť vybavené potrebnou infraštruktúrou (káblovými rozvodmi), ktorá umožní neskoršiu inštaláciu nabíjacej stanice pre elektrické vozidlo. Naša legislatíva (zákon č. 378/2019) tieto požiadavky vyžaduje od 11. marca 2021 a teda nielen pre nové, ale aj pre obnovované školské budovy. Významná obnova budovy môže vyžadovať rôznu výšku finančných nákladov a preto, v prípadoch kde by náklady na realizáciu elektrických rozvodov pre elektromobily presiahli 7 % nákladov významnej obnovy, sa zákon nebude uplatňovať. Samozrejme, pokiaľ sa investor rozhodne s inštaláciou potrebnej infraštruktúry (elektrických káblov) alebo nabíjacej stanice, aj napriek týmto faktom, bude to pozitívny signál, ktorý bude motivovať ostatných k podobným rozhodnutiam. Okrem týchto vyššie spomínaných požiadaviek pre nové a obnovované školské budovy, zákon č. 378/2019 vyžaduje od roku 2025, aby každá školská budova s viac ako 20 parkovacími miestami mala min. jednu nabíjajúcu stanicu elektrických vozidiel.

Obr. 4.5 Budovanie infraštruktúry pre elektromobily v rámci výstavby nových a obnovovaných školských budov



Poznámka: V prípade školských budov je povinnosťou od 11. marca 2021 v prípade, že parkovisko má viac ako 10 miest, vybudovať patričnú infraštruktúru (elektrické rozvody) pre každé piate parkovacie miesto a zrealizovať min. jednu nabíjajúcu stanicu elektrických vozidiel.

Zdroj: M. Kováč

Procesu energetickej certifikácie podliehajú vybrané kategórie budov a pre každú kategóriu budovy sú definované miesta spotreby energie. Vo všeobecnosti sa jedná o 4 miesta spotreby energie a to: Vykurovanie, Príprava teplej vody, Nútené vetranie a chladenie, a Osvetlenie. V prípade školských budov sa hodnotia všetky 4 miesta spotreby energie, pre ktoré sa určujú energetické triedy v rozsahu A až G na základe ich potreby energie. Následne sa stanoví dodaná energia budove, ktorá je základom pre výpočet množstva primárnej energie a emisií oxidu uhličitého. Primárna energia je závislá od konverzného faktora pre použitý energetický nosič, ktorým môže byť elektrická energia alebo biomasa resp. iné palivo. Primárna energia je globálnym ukazovateľom energetickej hospodárnosti budovy a jej energetická trieda sa pohybuje v rozsahu A0 až G. A od 1. januára 2021 musia byť všetky nové školské budovy v energetickej triede A0. To znamená, že pri spracovávaní projektovanej dokumentácie na stavebné povolenie musia byť už jasné systémy vykurovania, prípravy teplej vody, núteného vetrania a chladenia, a osvetlenia, aby bolo možné určiť ich energetickú triedu a musia byť zrejme aj energetické nosiče, ktoré budú použité pre zdroj tepla na vykurovanie a prípravu teplej vody, resp. zdroje chladu pre systém chladenia. To všetko vytvára predpoklady k tomu, že energetická trieda stanovená v rámci projektového hodnotenia školskej budovy bude rovnaká ako energetická trieda budovy stanovená v rámci normalizovaného hodnotenia na základe skutočného vyhotovenia stavby pre účely získania kolaudačného rozhodnutia. Ak sa počas realizácie budovy plánuje zásadná zmena v projektovanom systéme z projektovanej dokumentácie na stavebné povolenie, je potrebné túto zmenu najskôr prehodnotiť z hľadiska jej dopadov na globálny ukazovateľ primárnej energie. V prípade, že sa jej realizáciou nezhorší pôvodná energetická trieda budovy, je možné tieto zmeny uskutočniť. Samozrejme pokiaľ sa nejedná o zmeny, ktoré si vyžadujú informovanie príslušných úradov a ich schválenie.

Obr. 4.6 Miesta spotreby energie v školskej budove



Poznámka: Existujú 4 miesta spotreby energie, ktoré môžu byť predmetom hodnotenia energetickej hospodárnosti budovy a to v závislosti od tzv. kategórie budovy. V prípade školských budov sa hodnotia všetky 4 miesta spotreby energie.

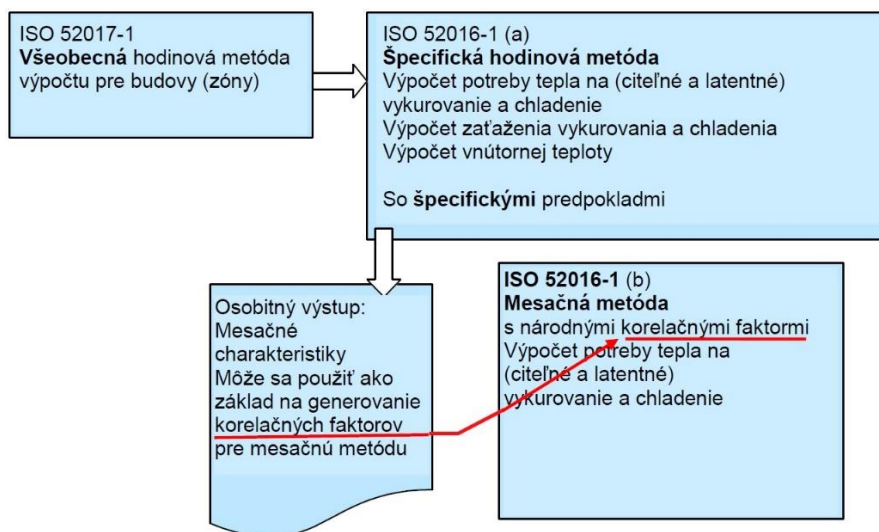
Zdroj: M. Kováč

4.1.5 Výpočtové metódy podľa STN EN ISO 52016-1, TNI CEN ISO/TR 52016-2 a STN EN ISO 52017-1

ISO 52016-1 predstavuje koherentný súbor metód výpočtu na rôznej úrovni podrobností, na (citelnú) potrebu tepla na vykurovanie a chladenie priestoru, (latentnú) potrebu tepla na odvlhčovanie/zvlhčovanie budovy, na určenie vnútornej teploty a na určenie vykurovacieho a/alebo chladiaceho zariadenia. Môže sa zohľadňovať aj vplyv špecifických vlastností systému, ako napríklad maximálny výkon vykurovania alebo chladenia a vplyv osobitných ustanovení o riadení systému. ISO 52016-1 obsahuje hodinové aj mesačné výpočty. Tieto výpočty sú navzájom úzko prepojené; čo najviac ako sa dá, využívajú rovnaké vstupné údaje a predpoklady. Hodinová metóda produkuje ako dodatočný výstup kľúčové mesačné hodnoty, potrebné na generovanie parametrov pre mesačnú výpočtovú metódu. To znamená, že vytvorené prípadové štúdie (rôznych typov budov) na národnej úrovni možno spúšťať/spustiť hodinovou metódou a z týchto prípadových štúdií je možné generovať/odvodiť mesačné korelačné faktory pre mesačnú metódu. ISO 52016-1 bola vypracovaná pre budovy, ktoré sú, alebo sa predpokladá, že sú vykurované a/alebo chladené za účelom dosiahnutia tepelnej pohody ich obyvateľov; ale môže byť použitá aj pre iné typy budov (napr. priemyselné,

poľnohospodárske, budovy bazénov a iné), pokiaľ sa vyberú vhodné vstupné údaje a zohľadní sa vplyv osobitných fyzikálnych podmienok. ISO 52016-1 nahrádza ISO 13790: 2008. Obsahuje (novú) hodinovú metódu výpočtu a mesačnú metódu výpočtu. Hodinová metóda výpočtu je špecifická aplikácia všeobecnej metódy uvedenej v ISO 52017-1 ISO 52016-1 ďalej obsahuje špecifické okrajové podmienky, špecifické zjednodušenia a vstupné údaje na použitie: výpočet potreby tepla na vykurovanie a chladenie. Vzťah medzi normami ISO 52016-1 a ISO 52017-1 je znázornený na obrázku 4.7.

Obr. 4.7 Vzťah medzi ISO 52016-1 a ISO 52017-1

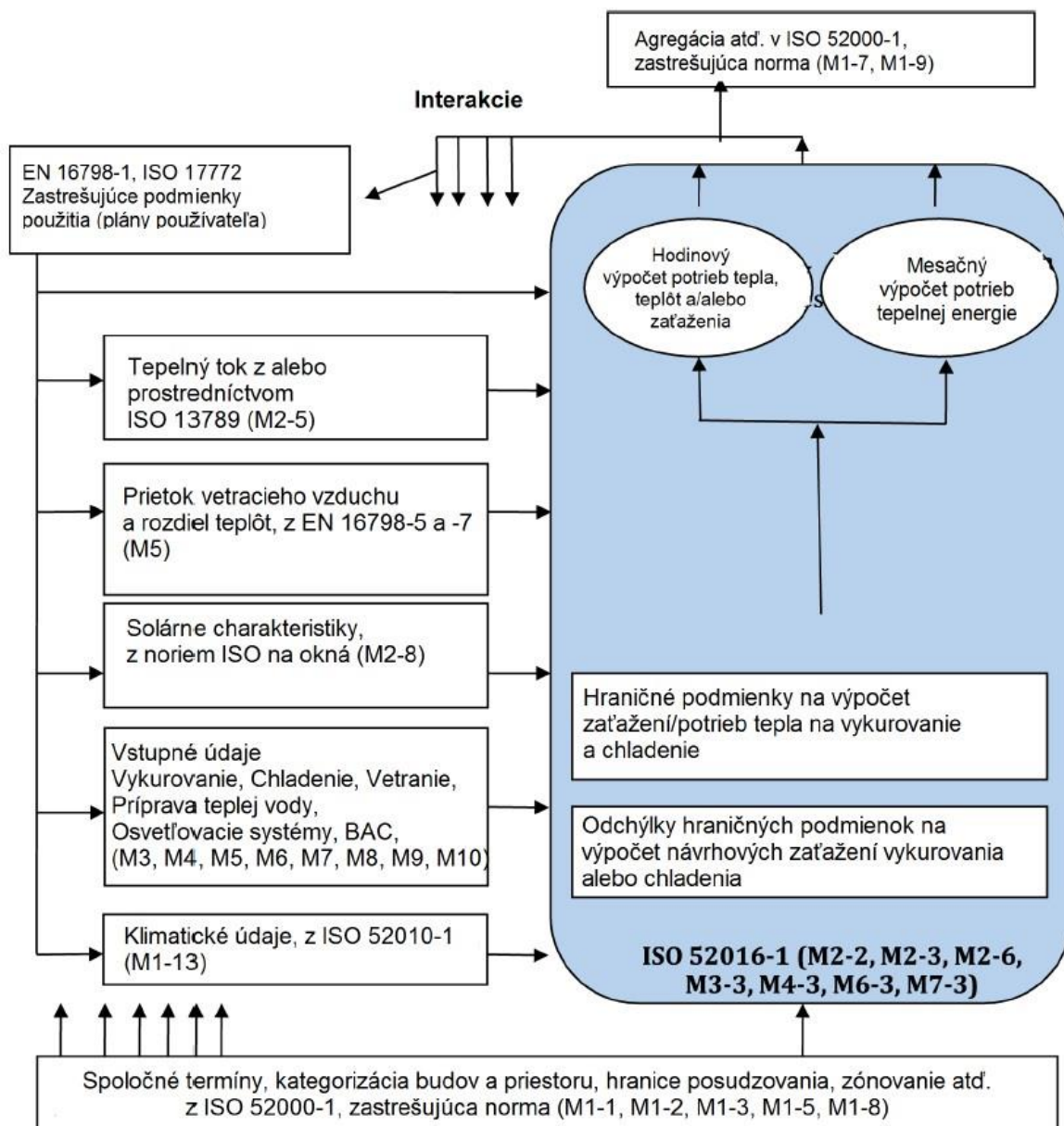


Poznámka: Ako je znázornené na obrázku, ISO 52017-1 hrá úlohu referenčnej metódy výpočtu. Je teda referenčnou metódou napríklad aj pre metódu popísanú normou ISO 52016-1. Pre ostatné vzťahy (vstupy-výstupy) s inými normami EN a ISO v súbore noriem EHB je relevantná len ISO 52016-1. Vstupy a interakcie normy ISO 52016-1 s ďalšími normami EHB sú uvedené na obrázku 4.8

Referenčná hodinová metóda podľa ISO 52017-1

ISO 52017-1 je všeobecná referenčná hodinová metóda výpočtu pre výpočet tepelnej bilancie v budove alebo zóne budovy. Hlavnými výstupnými veličinami sú vnútorná teplota a vnútorná stredná radiačná teplota a teplota (odvodená z týchto dvoch) operatívna. V prípade potrieb tepla na vykurovanie alebo chladenie sa výpočet môže vykonať tak, že potreba energie na vykurovanie alebo chladenie je výstup, pri daných nastavených hodnotách vykurovania a/alebo chladenia pre operatívnu teplotu. Požadovaná technika riešenia pre tento spôsob výpočtu však nie je uvedená vo všeobecnej metóde výpočtu, pretože voľba techniky riešenia závisí od konkrétneho použitia (celkovej požadovanej presnosti, dostupných vstupných údajov, uvažovaných možnostiach systému riadenia atď.). To je obsiahnuté v ISO 52016-1. ISO 52017-1 tiež obsahuje rovnicu vlhkostnej bilancie, prevzatú z ISO 13791: 2012 (informatívnej) prílohy K, ktorá však bola upravená na všeobecnejšie (normatívne) vzorce. To napríklad umožnilo zahrnúť absorpciu alebo desorpciu materiálov do rovníc vlhkostnej bilancie, bez toho, aby sa určilo, ako sa získajú; táto špecifikácia je ponechaná na normy so zameraním na špecifické aplikácie (napr. ISO 52016-1). Krok od vlhkostnej bilancie k latentnému zaťaženiu a potrebe tepla je taktiež uvedený, ale opäť len všeobecným spôsobom, pretože skutočné latentné tepelné zaťaženie závisí od konkrétneho použitia, ktoré je obsiahnuté v ISO 52016-1.

Obr. 4.8 Vzťah medzi ISO 52016-1 a inými normami EHB



Hodinová metóda podľa ISO 52016-1

ISO 52016-1 obsahuje špecifickú hodinovú metódu výpočtu energetických zaťaženií a potrieb tepla na vykurovanie a chladenie a hodinovej vnútornej teploty (vzduchu, strednú radiačnú teplotu a operatívnu teplotu). Obsahuje tiež špecifickú hodinovú metódu výpočtu vlhkosťného zaťaženia a latentnej potreby tepla na zvlhčovanie (odvlhčovanie) a hodinového obsahu vlhkosti vnútorného vzduchu (vlhkosť). Predpoklady a zjednodušenia boli zvolené takým spôsobom, aby bola dosiahnutá dostatočná presnosť (napr. vo vzťahu k spoľahlivosti vstupných údajov a okrajových podmienok) s minimom požadovaných vstupných údajov. Vstupné údaje, ktoré má používateľ zozbierať, sú rovnaké alebo rovnocenné vstupným údajom pre zjednodušenú mesačnú metódu výpočtu.

Mesačná metóda podľa ISO 52016-1

ISO 52016-1 obsahuje špecifickú mesačnú metódu výpočtu pre výpočet (mesačných) potrieb tepla na vykurovanie a chladenie, plus špecifickú jednoduchú mesačnú metódu výpočtu pre výpočet (mesačných) potrieb tepla na zvlhčovanie/odvlhčovanie.

4.1.6 Mesačný výpočtový postup podľa STN EN ISO 52016-1

Mesačná výpočtová metóda pokrýva oblasť použitia pre výpočet potreby (citeľného a latentného) tepla. Z dôvodu mesačného časového intervalu nepokrýva výpočet vnútornej teploty ani výpočet návrhu zaťaženia vykurovania a chladenia. Napriek tomu, je v tejto metóde pridaný zjednodušený ukazovateľ na odhadnutie rizika prehriatia v tepelnej zóne. Mesačná metóda využíva mesačné klimatické údaje a mesačné priemerné podmienky používania budovy a modely harmonogramov obsadenosti. Pretože fyzikálne procesy sú vysoko nelineárne, existuje mnoho dynamických efektov, ktoré nie je možné explicitne vyčíslieť pomocou mesačných priemerných hodnôt. Tieto sa aproximujú koreláciou alebo jednoduchými korekčnými faktormi. Dĺžky sezón vykurovania, chladenia, zvlhčovania a odvlhčovania sú definované časom prevádzky príslušných technických systémov. To sa musí brať do úvahy pri výpočtoch špecifických pre daný systém. Môže sa líšiť v čase vyplývajúcom z výpočtu základných potrieb tepla. Pretože sú možné mesiace s potrebami na vykurovanie aj chladenie, a pretože to nie je možné predpovedať bez toho, aby sa vykonal skutočný výpočet, pre každý mesiac sa vykonávajú dva nezávislé výpočty:

- Výpočet potrieb na vykurovanie s predpokladmi pre režim vykurovania (napr. pri použití solárnych žalúzií, vetrania),
- Výpočet potrieb na chladenie s predpokladmi pre režim chladenia (napr. pri použití solárnych žalúzií, vetrania).

V skutočnosti budú dni v režime vykurovania a dni v režime chladenia striedavo. Potreby tepla na vykurovanie, chladenie, zvlhčovanie a odvlhčovanie sa vypočítavajú s predpokladom nekonečného výkonu systémov. Z dôvodu mesačného časového intervalu výpočtu je možné všetky časovo-variantné interakcie s technickými systémami v budove modelovať iba zjednodušene, a to najmä zavedením korelačných súčiniteľov. Hodnoty týchto súčiniteľov sú vo väčšine prípadov nevyhnutnou funkciou klímy, správania používateľov a napr. typu systémov a riadenia systému. Vykurovanie a chladenie v tom istom mesiaci sa určujú vykonaním dvoch samostatných výpočtov, z ktorých každý má svoje vlastné hodnoty pre rôzne premenné a parametre, odrážajúce reprezentatívne podmienky vykurovania alebo chladenia (napr. na vetranie, spätné získavanie tepla, ochranu proti slnečnému žiareniu atď.). Potreby vykurovania a chladenia sa vypočítavajú pre všetkých dvanásť mesiacov roka (pričom pre niekoľko mesiacov môže byť potreba vykurovania alebo chladenia nulová). Potreby tepla na aktívny predohrev alebo predchladenie hygienického vetrania vzduchom (napr. vzduchotechnickou jednotkou alebo ventilátorom) nie sú zahrnuté do tejto metódy (a preto nie sú zahrnuté do potrieb tepla/energie na vykurovanie a chladenie).

Podľa STN 73 0540-2+Z1+Z2:2019 je výpočet mernej potreby tepla $Q_{H,nd}$ pri uvažovaní neprerušovaného vykurovania hodnotením energetického kritéria, ktoré zohľadňuje vplyv stavebných konštrukcií na maximálnu potrebu tepla bez zohľadnenia kategórie budovy podľa účelu jej užívania. Budovy spĺňajú energetické kritérium, ak majú v závislosti od faktora tvaru budovy mernú potrebu tepla:

$$Q_{H,nd} \leq Q_{H,nd,N} \quad (4.1)$$

kde:

$Q_{H,nd}$ je merná potreba tepla v kWh/(m².a) alebo kWh/(m³.a),

$Q_{H,nd,N}$ normalizovaná hodnota mernej potreby tepla podľa Tab. 4.1, stanovená v kWh/(m².a) pre bytové a nebytové budovy a je stanovená pre nebytové budovy s konštrukčnou výškou viac ako 2,8 m, ktoré nespĺňajú prvú požiadavku, v kWh/(m³.a).

Tab. 4.1 Hodnoty $Q_{H,nd,N}$

Faktor tvaru budovy 1/m	Potreba tepla na vykurovanie									
	Maximálna hodnota $Q_{H,nd,max}$		Normalizovaná (požadovaná) hodnota $Q_{H,nd,N}$ od 1. 1. 2013		Odporúčaná hodnota $Q_{H,nd,r1}$ normalizovaná (požadovaná) od 1. 1. 2016		Cieľová hodnota od 1. 1. 2021			
							$Q_{H,nd,r2}$ normalizovaná (požadovaná)		$Q_{H,nd,r3}$ odporúčaná	
	$Q_{H,nd,max1}$ kWh/(m ² .a)	$Q_{H,nd,max2}$ kWh/(m ³ .a)	$Q_{H,nd,N1}$ kWh/(m ² .a)	$Q_{H,nd,N2}$ kWh/(m ³ .a)	$Q_{H,nd,r1,1}$ kWh/(m ² .a)	$Q_{H,nd,r1,2}$ kWh/(m ³ .a)	$Q_{H,nd,r2,1}$ kWh/(m ² .a)	$Q_{H,nd,r2,2}$ kWh/(m ³ .a)	$Q_{H,nd,r3,1}$ kWh/(m ² .a)	$Q_{H,nd,r3,2}$ kWh/(m ³ .a)
0,3	70,00	25,00	50,00	17,90	25,00	8,93	25,00	8,93	12,50	4,47
0,4	78,60	28,10	57,10	20,40	28,55	10,20	28,55	10,20	14,28	5,10
0,5	87,10	31,10	64,30	23,00	32,15	11,49	32,15	11,49	16,08	5,75
0,6	95,70	34,20	71,40	25,50	35,70	12,75	35,70	12,75	17,85	6,38
0,7	104,30	37,50	78,60	28,10	39,30	14,04	39,30	14,04	19,65	7,02
0,8	112,90	40,30	85,70	30,60	42,85	15,31	42,85	15,31	21,43	7,66
0,9	121,40	43,40	92,90	33,20	46,45	16,60	46,45	16,60	23,23	8,30
≥ 1,0	130,00	46,50	100,00	35,70	50,00	17,86	50,00	17,86	25,00	8,93

POZNÁMKA 1. – Merná potreba tepla stanovená podľa tejto normy slúži na vzájomné porovnanie projektového riešenia budov zohľadnením vplyvu osadenia budovy vzhľadom na svetové strany a tepelnotechnickej kvality stavebných konštrukcií. Nie je hodnotením skutočnej spotreby energie v konkrétnych podmienkach osadenia a spôsobu užívania budovy.

POZNÁMKA 2. – Faktor tvaru budovy A/V_b , v 1/m, stanovený podľa STN EN ISO 52003-1, je podielom súčtu plôch teplovýmenných konštrukcií (plocha stavebných konštrukcií A , v m², ktorými sa uskutočňujú tepelné straty a tepelné zisky) a obostavaného priestoru V_b , v m³.

POZNÁMKA 3. – Hodnoty $Q_{H,nd}$ pre medziľahlé hodnoty A/V_b sa určia lineárnou interpoláciou tabuľkových hodnôt.

POZNÁMKA 4. – Vypočítané hodnoty sa zaokrúhľujú na stotiny.

Výpočet $Q_{H,nd}$ sa vykoná podľa STN EN ISO 52016-1 mesačnou alebo hodinovou metódou. Pre bytové budovy s neprerušovaným vykurovaním možno použiť sezónnu metódu ako informatívne hodnotenie. Merná potreba tepla $Q_{H,nd}$ sa stanoví na neprerušované vykurovanie a na rozdiel teplôt vnútorného a vonkajšieho vzduchu ($\theta_{ai} - \theta_{ae}$), v K, uvažovaný pri stanovení mernej tepelnej straty budovy podľa STN EN ISO 13789.

Výpočet potreby tepla na preukázanie predpokladu splnenia minimálnej požiadavky na energetickú hospodárnosť budovy zohľadňuje aj prevádzkový čas vykurovania budov so stanoveným vplyvom na pokles vnútornej teploty v budove určenej kategórie. Predpoklad energetickej hospodárnosti spĺňajú budovy, ak majú v závislosti od kategórie budovy potrebu tepla na vykurovanie:

$$Q_{EP} \leq Q_{N,EP} \quad (4.2)$$

kde:

$Q_{N,EP}$ je normalizovaná hodnota potreby tepla na vykurovanie na dosiahnutie energetickej hospodárnosti budovy, v kWh/(m².a) podľa Tab. 4.2,

Q_{EP} Je potreba tepla na vykurovanie na preukázanie predpokladu splnenia minimálnej požiadavky na energetickú hospodárnosť budovy, v kWh/(m².a).

POZNÁMKA 1. – Merná potreba tepla na vykurovanie na stanovenie predpokladu splnenia minimálnej požiadavky na energetickú hospodárnosť budovy podľa normy STN 73 0540-2+Z1+Z2:2019 slúži na vzájomné porovnanie budov pri zohľadnení vplyvu osadenia budovy vzhľadom na svetové strany, tepelnotechnickú kvalitu stavebných konštrukcií a normalizovaný spôsob užívania. Nie je hodnotením skutočnej spotreby energie v konkrétnych podmienkach.

POZNÁMKA 2. – Potreba tepla na vykurovanie podľa tejto normy sa používa na projektové a normalizované energetické hodnotenie podľa STN EN 52003-1 s uvažovaním klimatických podmienok podľa STN 73 0540-3 na výpočet energetickej hospodárnosti budov.

POZNÁMKA 3. – Výpočet potreby tepla na vykurovanie sa vykoná v súlade s STN EN ISO 52016-1 mesačnou metódou alebo hodinovou metódou. Pre bytové budovy s neprerušovaným vykurovaním sa môže použiť sezónna metóda ako informatívne hodnotenie.

POZNÁMKA 4. – Preukázanie dosiahnutia úrovne ultranízkoenergetickej výstavby a úrovne budov s takmer nulovou potrebou energie ovplyvňuje okrem potreby tepla na vykurovanie aj potreba energie na vykurovanie a potreba energie pre ostatné miesta spotreby energie (príprava teplej vody, chladenie, vetranie, osvetlenie). Pri budovách s takmer nulovou potrebou energie je potrebné zohľadniť vplyv obnoviteľných zdrojov na energetickú hospodárnosť budovy

Tab. 4.2 Preukázanie predpokladu splnenia energetickej hospodárnosti budovy

Kategória budovy	Faktor tvaru	Konštrukčná výška	Teplota vnútorného vzduchu	Výmena vzduchu	Vnútorná výpočtová teplota počas tímej prevádzky	Upravená vnútorná výpočtová teplota pre prerušované vykurovanie	Počet dennostupňov pre vykurovanie obdobie 2/12 dní	Hodnoty potreby tepla na vykurovanie na preukázanie predpokladu splnenia energetickej hospodárnosti budovy			
								Normalizovaná hodnota $Q_{N,EP}$ od 1.1.2013	Odporúčaná hodnota $Q_{r1,EP}$ od 1.1.2016	Cieľová hodnota od 1.1.2021	
										Maximálna $Q_{r2,EP}$	Odporúčaná $Q_{r3,EP}$
								kWh/(m ² .a)			
Budovy škôl a školských zariadení	0,3	3,3	20	0,5	17	18,4	3083	53,2	27,6	27,6	13,8

Ročná potreba tepla (annual energy need) na vykurovanie, podľa STN EN ISO 52016-1:2021(SK)

$Q_{H,nd;ztc;an}$ v kWh, pre tepelne upravovanú zónu *ztc* sa vypočíta podľa nasledujúceho vzorca:

$$Q_{H,nd;ztc;an} = \sum_{m=1}^{12} Q_{H,nd;ztc;m} \quad (4.3)$$

kde:

$Q_{H,nd;ztc;m}$ je mesačná potreba tepla (monthly energy need) na vykurovanie pre tepelne upravovanú zónu *ztc* a mesiac *m* v kWh.

Pri výpočte mesačnej potreby tepla na vykurovanie sa rozlišuje medzi mesiacmi s dlhým obdobím neobsadenosti a bez obdobia neobsadenosti. Pre každú tepelne upravovanú zónu *ztc* a pre každý mesiac *m* sa mesačná potreba tepla na vykurovanie $Q_{H,nd;ztc;m}$ v kWh, vypočíta podľa jedného z nasledujúcich prípadov:

- Pre mesiace bez obdobia dlhodobej neobsadenosti sa vypočíta pomocou nasledujúcich dvoch vzorcov:

$$\text{- ak } \gamma_{H;ztc;m} \leq 0 \quad \text{a} \quad Q_{H;gn;ztc;m} > 0 \quad \text{potom } Q_{H,nd;ztc;m} = 0 \quad (4.4)$$

$$\text{- ak } \gamma_{H;ztc;m} > 2 \quad \text{potom } Q_{H,nd;ztc;m} = 0 \quad (4.5)$$

$$\text{- inak} \quad Q_{H,nd;ztc;m} = (Q_{H;ht;ztc;m} - \eta_{H;gn;ztc;m} \cdot Q_{H;gn;ztc;m}) \quad (4.6)$$

kde pre každú tepelne upravovanú zónu ztc a mesiac m :

$\gamma_{H;ztc;m}$ je bezrozmerný pomer tepelnej bilancie pre režim vykurovania stanovený podľa vzorca (4.56),

$Q_{H;ht;ztc;m}$ je celkový prenos tepla pre režim vykurovania (total heat transfer for the heating) v kWh podľa vzorca (4.8),

$\eta_{H;gn;ztc;m}$ je faktor využitia tepelných ziskov [-] podľa vzorcov (4.52) alebo (4.53) alebo (4.54) alebo (4.55),

$Q_{H;gn;ztc;m}$ sú celkové tepelné zisky pre režim vykurovania (total heat gains for the heating) v kWh podľa v (4.9).

- Pre mesiace s obdobím dlhodobej neobsadenosti sa vypočíta pomocou článku 6.6.11.5. STN 52016-1

Termíny „total heat transfer“ a „total heat gains“ v rovniciach tepelnej bilancie sú približné pomenovania. Tepelná bilancia:

$$H_{ht} \cdot \Delta\theta = Q_{gn} \quad (4.7)$$

Z ľavej strany bilančnej rovnice: v skutočnosti „total heat transfer“ (H_{ht}) pokrýva všetky výrazy v energetickej bilancii, ktoré sú úmerné rozdielu teploty medzi vnútorným a vonkajším prostredím ($\Delta\theta$). Z pravej strany bilančnej rovnice: „total heat gains“ pokrývajú všetky ostatné termíny: množstvá tepla (alebo chladu), ktoré nie sú úmerné rozdielu teplôt, ale sú „autonómne“, ako napríklad solárne a (väčšinou) vnútorné tepelné zisky. Potreba tepla na vykurovanie alebo chladenie sa potom pridá (chladenie: so záporným znamienkom) na pravú stranu tejto rovnice, aby sa zabránilo príliš nízkemu teplotnému rozdielu na ľavej strane. Aj keď toto, vo veľmi veľkej miere, zodpovedá skutočnému prenosu tepla verzus skutočným tepelným ziskom, existujú aj situácie, v ktorých sa to môže líšiť. Napríklad osobitý prenos tepla spôsobený oblohovou teplotou, ktorá sa líši od teploty vonkajšieho vzduchu, je záporným ziskom, pretože nie je úmerný rozdielu teplôt v interiéri a exteriéri. Prenos tepla prechodom z teplejšieho vonkajšieho prostredia do tepelnej zóny je zápornou stratou. Druhá časť prvej podmienky ak ($\gamma_{H;ztc;m} \leq 0$ a $Q_{H;gn;ztc;m} > 0$) sa zavádza preto, aby sa vo výnimočných prípadoch s malými solárnymi a vnútornými ziskami v kombinácii s negatívnymi ziskami zo žiarenia z oblohy, nastavila potreba tepla na vykurovanie na nulu. Druhá podmienka ($\gamma_{H;ztc;m} > 2,0$) sa zavádza, aby sa zabránilo tomu, že ani v letných mesiacoch kedy sa potreba tepla na vykurovanie nikdy nedostane presne na nulu (matematickou povahou vzorcov), sa táto potreba rovnala nule. Mohlo by sa stať, že potreba tepla na vykurovanie by nadobudla (veľmi) malú hodnotou, ktorá by sa vo výpočtoch mohla javiť ako nula v dôsledku zaokrúhľovania, ale napríklad vo výpočtoch pomocou výpočtových programov to tak nemuselo v skutočnosti byť.

Celkový prenos tepla a tepelné zisky (total heat transfer and heat gains)

Pre každú zónu a každý mesiac sa celkový prenos tepla (total heat transfer) pre režim vykurovania $Q_{H;ht;ztc;m}$ v kWh, vypočíta podľa nasledujúceho vzorca:

$$Q_{H;ht;ztc;m} = Q_{H;tr;ztc;m} + Q_{H;ve;ztc;m} \quad (4.8)$$

kde pre každú tepelne upravovanú zónu ztc a mesiac m :

$Q_{H;tr;ztc;m}$ je celkový prenos tepla prechodom tepla na vykurovanie (total heat transfer by transmission) v kWh podľa vzorca (4.10),

$Q_{H;ve;ztc;m}$ je celkový prenos tepla vetraním na vykurovanie (total heat transfer by ventilation) v kWh podľa vzorca (4.18).

Celkové tepelné zisky v režime vykurovania (total heat gains for the heating) $Q_{H;gn;ztc;m}$ v kWh, sa vypočítajú podľa nasledujúceho vzorca:

$$Q_{H;gn;ztc;m} = Q_{H;int;ztc;m} + Q_{H;sol;ztc;m} \quad (4.9)$$

kde pre každú tepelne upravovanú zónu ztc a mesiac m :

$Q_{H;int;ztc;m}$ je súčet vnútorných tepelných ziskov (internal heat gains) na vykurovanie v kWh podľa vzorca (4.24),

$Q_{H;sol;ztc;m}$ je súčet solárnych tepelných ziskov (solar heat gains) na vykurovanie v kWh podľa vzorca (4.28).

Prenos tepla prechodom tepla (total heat transfer by transmission)

Celkový prenos tepla prechodom tepla (total heat transfer by transmission) na vykurovanie $Q_{H;tr;ztc;m}$ v kWh, sa vypočíta podľa nasledujúceho vzorca:

$$Q_{H;tr;ztc;m} = (H_{H;tr(excl.gf;m);ztc;m} \cdot (\theta_{int;cal;H;ztc;m} - \theta_{e;a;m}) + H_{gr;an;ztc;m} \cdot (\theta_{int;cal;H;ztc;m} - \theta_{e;a;an})) \cdot 0,001 \cdot \Delta t_m \quad (4.10)$$

kde pre každú tepelne upravovanú zónu ztc a mesiac m :

$H_{H;tr(excl.gf;m);ztc;m}$ je celkový merný tepelný tok prechodom tepla (overall heat transfer coefficient by transmission) na vykurovanie, pre všetky stavebné prvky s výnimkou prvkov v styku so zeminou, v W/K podľa vzorca (4.11),

$\theta_{int;cal;H;ztc;m}$ výpočtová teplota zóny na vykurovanie v °C,

$\theta_{e;a;m}$ mesačná priemerná teplota vzduchu vonkajšieho prostredia v °C, získaná z príslušnej normy EHB modulu M1 -13,

$H_{gr;an;ztc;m}$ merný tepelný tok stavebnými prvkami v tepelnom styku so zeminou, vrátane podláh na teréne, vyvýšených podláh a suterénov, pre tepelnú zónu ztc a mesiac m na základe ročného teplotného rozdielu, vo W/K, podľa normy STN EN ISO 13789,

$\theta_{e;a;an}$ priemerná teplota vonkajšieho prostredia za celý rok v °C, získaná z príslušnej normy EHB modulu M 1-13,

Δt_m dĺžka trvania mesiaca m v h, získaná z príslušnej normy EHB podľa modulu M1-13.

POZNÁMKA 1. — Podľa dohody, je merný tepelný tok prechodom a vetraním uvažovaný v smere zvnútra von. Prenos tepla alebo časť prenosu tepla môže mať počas určitého obdobia záporné znamienko, v tomto prípade je teplo do zóny dodávané.

POZNÁMKA 2. — Merný tepelný tok prechodom stavebnými prvkami v tepelnom styku so zeminou, sa zakladá na priemernom ročnom teplotnom rozdieli. Merný tepelný tok sa nemôže zakladať na mesačnom strednom teplotnom rozdieli

Tab. 4.3 Návrhová vnútorná teplota a relatívna vlhkosť vnútorného vzduchu v zimnom období

Druh miestnosti s požadovaným stavom vnútorného prostredia	Návrhová vnútorná teplota $\Theta_{int,set,H}$ [°C]	Návrhová relatívna vlhkosť vzduchu φ [%]
Budovy škôl a školských zariadení		
Prednáškové sály, učebne, kresliarne, rysovne, kabinety, laboratóriá, jedálne	20	50
Učebné dielne	18	50
Telocvične	15	70
Šatne pri telocvičniach	20	50
Sprchy prezliekarnie, kúpeľne a šatne	24	80
Ošetrovne	24	50
Vykurované vedľajšie miestnosti (chodby, schodištia, záchody, šatne len na vonkajší odev a iné)	15	50
Materské školy, jasle – učebne, herne, spálne		

Učebne, herne, spálne	22	50
Šatne pre deti	20	50
Umyvárne pre deti, WC	24	80
Izolačné miestnosti	22	50

Tab. 4.4 Počet dní vykurovacieho obdobia, priemerná vonkajšia teplota

		Október	31
		November	30
		December	31
Počet dní vykurovacieho obdobia/počet vykurovacích dní podľa mesiacov	212	Január	31
		Február	28
		Marec	31
		Apríl	30
		Október	9,8
		November	4,3
		December	-0,3
Priemerná vonkajšia teplota počas vykurovacieho obdobia/priemerná vonkajšia teplota podľa mesiacov Θ_e [°C]	3,86	Január	-1,8
		Február	0,4
		Marec	4,6
		Apríl	9,9

Celkový merný tepelný tok prechodom (overall heat transfer coefficient by transmission)

Celkový merný tepelný tok prechodom na vykurovanie pre všetky stavebné prvky, s výnimkou prvkov v kontakte so zemínou, pre tepelne upravovanú zónu ztc a mesiac m , vo W/K sa vypočíta podľa vzorca:

$$H_{H,tr(excl,gf);ztc;m} = \sum_k (H_{H,el,k;m}) + H_{tr;tb;ztc} \quad (4.11)$$

kde pre každú tepelne upravovanú zónu ztc a mesiac m :

$H_{H,el,k;m}$ je celkový merný tepelný tok prechodom tepla (overall heat transfer coefficient by transmission) na vykurovanie pre každý prvok (stavebnú konštrukciu) (element) k , v mesiaci m , vo W/K, podľa vzorca (4.12) alebo (4.13) alebo (4.14),

$H_{H,tb;ztc}$ je celkový merný tepelný tok vplyvom tepelných mostov (overall heat transfer coefficient for thermal bridge) v tepelne upravovanej zóne ztc , vo W/K, podľa vzorca (4.15).

Celkový merný tepelný tok prechodom tepla na vykurovanie $H_{H,el,k;m}$ pre každý prvok (stavebnú konštrukciu) k , v mesiaci m , vo W/K, sa vypočíta podľa týchto vzorcov:

Pre prvky v styku s vonkajším prostredím:

$$H_{H,el,k;m} = U_{H;k;m} \cdot A_{el;k} \quad (4.12)$$

Pre prvky v styku so susednou tepelne neupravovanou zónou vonkajšieho typu:

$$H_{H,el,k;m} = b_{ztu;k;m} \cdot U_{H;k;m} \cdot A_{el;k} \quad (4.13)$$

Pre prvky v styku so susednou tepelne neupravovanou zónou vnútornému typu:

$$H_{H,el,k;m} = (1 - b_{ztu;k;m}) \cdot U_{H;k;m} \cdot A_{el;k} \quad (4.14)$$

kde pre každý mesiac m :

- $U_{H;k,m}$ je súčiniteľ prechodu tepla (the thermal transmittance) konštrukciou k , vo $W/(m^2.K)$,
 $b_{ztu;k,m}$ je teplotný redukčný faktor (the adjustment factor) pre susednú tepelne neupravovanú zónu k , podľa kapitoly 6.4.5.4 normy STN EN ISO 52016-1:2021(SK), alebo zjednodušene podľa STN 73 0540-2+Z1+Z2:2019,
 $A_{el;k}$ je plocha stavebnej konštrukcie na teplovýmennom obale budovy získaná pre všetky typy stavebných konštrukcií/prvkov podľa STN EN ISO 13789.

Súčiniteľ prechodu tepla každej stavebnej konštrukcie, ktorá nie je v styku so zeminou $U_{H,m}$ sa vypočíta nasledovne:

- súčiniteľ prechodu tepla nepriesvitných stavebných konštrukcií, ktoré nie sú v kontakte so zeminou $U_{c,op}$ (opaque building elements) sa vypočíta podľa STN EN ISO 6946,
- súčiniteľ prechodu tepla okien a dverí, U_w a U_d , sa vypočíta podľa STN EN ISO 10077-1 alebo ISO 15099 alebo ISO 10292 pre zasklenia.

V prípade okien, ak sú s tienené okenicami, súčiniteľ prechodu tepla okna s uzatvorenými okenicami, $U_{w,sh}$ vo $W/(m^2.K)$, sa vypočíta podľa normy STN EN ISO 10077-1. Mesačná vážená priemerná hodnota súčiniteľa prechodu tepla s otvorenými alebo zatvorenými okenicami sa vypočíta podľa prílohy G normy ISO 52016-1.

- súčiniteľ prechodu tepla závesných stien (ľahkého obvodového plášťa) (curtain walling), U_{wc} sa vypočíta podľa STN EN ISO 12631.

Pre výpočet celkového merného tepelného toku prechodom tepla pre každú stavebnú konštrukciu $H_{H;el;k,m}$, sa uvažuje namiesto teplotného rozdielu medzi vnútorným vykurovaným prostredím a vonkajším prostredím alebo susediacim priestorom vykurovaným na nižšiu teplotu teplotný redukčný faktor $b_{ztu;k,m}$. Podľa normy STN 730540-2+Z1+Z2:2019 sa použije teplotný redukčný faktor s hodnotou $b_{ztu;k,m} \neq 1$, ak je teplota na druhej strane stavebnej konštrukcie iná, ako teplota vonkajšieho prostredia. Teplotný redukčný faktor sa použije pre všetky stavebné konštrukcie oddeľujúce vnútorné prostredie na druhej strane stavebnej konštrukcie (vonkajšie prostredie, zemina, priestory s neupravovanými vnútornými podmienkami a susedné priestory s upravovanými vnútornými podmienkami na rozdielnú teplotu) podľa Tab. 4.5 alebo podľa tabuľky č.11 z normy STN 730540-2+Z1+Z2:2019.

Tab. 4.5 Teplotné redukčné faktory $b_{ztu;k,m}$ v závislosti od deliacej konštrukcie

Tepelná strata cez konštrukciu	$b_{ztu;k,m}$
cez vonkajšiu stenu, okno, vonkajšie dvere	1,00
cez strechu (plochú, šikmú) na teplovýmennom obale budovy	1,00
cez podlahu na teréne	1,00
cez podlahu podstrešného priestoru (povaly)	0,80
cez stenu medzi vykurovaným a nevykurovaným priestorom a podstrešným priestorom	0,80
cez stenu alebo strop nevykurovaného priestoru (suterénu)	0,50
cez stenu alebo strop temperovaného priestoru (garáž, susedná budova)	0,35
cez otvorenú dilatáciu	0,35
cez uzavretú zaizolovanú dilatáciu so šírkou do 0,05 m	0,10
cez stenu a otvorovú konštrukciu do nevykurovaného zaskleného priestoru, ktorý má zasklenie:	
- jednoduché	0,70
- dvojité	0,60
- s tepelnoizolačným dvojsklom $U_g \leq 2,0 W/(m^2.K)$	0,50
cez strop nad otvoreným prejazdom	1,00

Tepelné mosty

Celkový merný tepelný tok vplyvom tepelných mostov (overall heat transfer coefficient for thermal bridge), vo W/K, sa vypočíta podľa vzorca:

$$H_{tr;tb;zt} = \sum_k (l_{tb;k} \cdot \psi_{tb;k}) \quad (4.15)$$

kde pre tepelnú zónu zt :

$l_{tb;k}$ je dĺžka lineárneho tepelného mosta k , v m podľa STN EN ISO 13789,

$\psi_{tb;k}$ je lineárny stratový súčiniteľ lineárneho tepelného mosta k , vo W/(m.K), vypočítaný podľa STN EN ISO 10211, alebo prevzatý z katalógov tepelných mostov a tabuliek pripravených podľa STN EN ISO 14683.

V zmysle normy STN 730540-2+Z1+Z2:2019 je možné vyššie uvedený výpočtový vzťah nahradiť zjednodušeným výpočtovým vzťahom:

$$H_{tr;tb;zt} = \Delta U \cdot \sum A_i \quad (4.16)$$

kde:

A_i je plocha časti i stavebnej konštrukcie na ochladzovanej obálke v m²,

ΔU je zvýšenie súčiniteľa prechodu tepla vplyvom tepelných mostov vo W/(m².K).

Hodnota ΔU , vo W/(m².K), sa podľa STN 730540-2+Z1+Z2:2019 môže približne určiť v prípadoch, ak nie sú známe konštrukčné detaily:

- $\Delta U = 0,02$ za predpokladu spojitaj tepelnoizolačnej vrstvy na vonkajšom povrchu konštrukcie a použitia nových systémov murovaných konštrukcií spĺňajúcich aspoň požiadavky normalizované od 1.1.2016,
- $\Delta U = 0,05$ za predpokladu spojitaj tepelnoizolačnej vrstvy na vonkajšom povrchu konštrukcie a použitia nových systémov murovaných konštrukcií najmä po roku 2002,
- $\Delta U = 0,1$ pri murovaných, panelových vrstvených betónových a keramických, ľahkých drevených roštových konštrukciách, kovoplastických obvodových plášťoch (pred ich obnovou),
- $\Delta U = 0,2$ pri zateplení na vnútornej strane vonkajšej konštrukcie,
- Ak je známa hodnota ΔU pre konštrukčný systém, môže sa použiť za predpokladu, že sa určila podľa STN EN ISO 13789,
- V prípade stanovenia súčiniteľa prechodu tepla ľahkých obvodových plášťov podľa tab. 2a normy STN 730540-2+Z1+Z2:2019 sa vplyv tepelných mostov v obvodovom plášti nezohľadňuje pri výpočte mernej tepelnej straty,
- V ostatných prípadoch sa vplyv tepelných mostov určí podľa STN EN ISO 13789, lineárne stratové súčinitele sa vypočítajú podľa STN EN ISO 10211.

Prenos tepla vetraním (total heat transfer by ventilation)

Pre každú tepelne upravovanú zónu ztc a pre každý mesiac m sa celkový prenos tepla vetraním (total heat transfer by ventilation) na vykurovanie $Q_{H;ve;ztc;m}$, v kWh, vypočíta pomocou vzorca:

$$Q_{H;ve;ztc;m} = H_{H;ve;ztc;m} \cdot (\theta_{int;cal;H;ztc} - \theta_{e;a;m}) \cdot \Delta t_m \quad (4.17)$$

kde pre každú tepelne upravovanú zónu ztc a mesiac m :

- $H_{H;ve;ztc;m}$ je celkový merný tepelný tok vetraním (overall heat transfer coefficient by ventilation) v tepelne upravovanej zóne ztc , vo W/K, podľa vzorca (4.18),
- $\theta_{int;cal;H;ztc}$ je výpočtová teplota zóny na vykurovanie v °C,
- $\theta_{e;a;m}$ je mesačná priemerná teplota vzduchu vonkajšieho prostredia v °C, získaná z príslušnej normy EHB modulu M1 -13,
- Δt_m je dĺžka trvania mesiaca m v h, získaná z príslušnej normy EHB podľa modulu M1-13.

Celkový merný tepelný tok vetraním (overall heat transfer coefficient by ventilation)

Celkový merný tepelný tok vetraním pre zónu ztc a mesiac m na vykurovanie $H_{H;ve;ztc;m}$ vo W/K, sa vypočíta podľa nasledujúceho vzorca:

$$H_{H;ve;ztc;m} = \rho_a \cdot c_a \cdot \sum_k (b_{ve,k;H;m} \cdot q_{V,k;H;m} \cdot f_{ve,dyn;k;m}) \quad (4.18)$$

kde pre každý mesiac m :

- $H_{H;ve;ztc;m}$ je celkový merný tepelný tok vetraním na vykurovanie pre tepelne upravovanú zónu ztc , vo W/K,
- $\rho_a \cdot c_a$ je tepelná kapacita objemu vzduchu v J/(m³.K); podľa článku 6.3.6 STN EN ISO 52016-1:2021,
- $q_{V,k;H;m}$ je mesačný priemerný objemový tok vzduchu pre prvok k prepúšťajúci vzduch, ktorý vstupuje do tepelnej zóny na vykurovanie v m³/s, podľa príslušných noriem EHB modulu M5-5,
- $b_{ve,k;H;m}$ je teplotný redukčný faktor pre prvok k prepúšťajúci vzduch, určený podľa vzorca (4.19),
- $f_{ve,dyn;k;m}$ je dynamický korekčný faktor prvku k prepúšťajúceho vzduch,
- k predstavuje každý z príslušných prvkov s prietokom vzduchu, ako sú infiltrácia vzduchu, prirodzené vetranie, mechanické vetranie a/alebo osobitné vetranie pre nočné chladenie.

Vo všeobecnosti sa teplotný redukčný faktor $b_{ve,k;H;m}$ pre tok vzduchu k určuje podľa nasledujúceho vzorca:

$$b_{ve,k;H;m} = \frac{(\theta_{calc;H;m} - \theta_{sup,k;H;m})}{(\theta_{calc;H;m} - \theta_{e;a;m})} \quad (4.19)$$

kde pre každý mesiac m :

- $b_{ve,k;H;m}$ je teplotný redukčný faktor pre tok vzduchu k ,
- $\theta_{calc;H;m}$ je výpočtová teplota zóny na vykurovanie v °C,
- $\theta_{sup,k;H;m}$ je teplota dodávaného prúdu vzduchu k na vykurovanie v °C,
- $\theta_{e;a;m}$ je mesačná priemerná teplota vzduchu vonkajšieho prostredia v °C.

Ak sa teplota dodávaného vzduchu $\theta_{sup,k;H;m}$ nerovná teplote vonkajšieho prostredia, hodnota $b_{ve,k;H;m} \neq 1,0$. Na vetranie, vrátane infiltrácie vzduchu, z tepelne neupravovanej zóny vonkajšieho alebo vnútorného typu, sa teplotný redukčný faktor $b_{ve,k;H;m}$, pre tok vzduchu k rovná redukčnému faktoru pre tepelne neupravované zóny:

$$b_{ve,k;H;m} = b_{ztu;m} \quad (4.20)$$

kde pre každý mesiac m :

$b_{ve,k;H;m}$ je teplotný redukčný faktor pre tok vzduchu k ,

$b_{ztu;m}$ je redukčný faktor pre tepelne neupravovanú zónu ztu podľa článku 6.4.5.4 normy STN EN ISO 52016-1:2021.

V prípade prvku k v systéme vetrania s dodávanou teplotou odlišnou od teploty vonkajšieho vzduchu, sa teplota dodávaného toku vzduchu prvkom k , $\theta_{sup,k;H;m}$, musí určiť v súlade s príslušnými normami EHB modulu M5-6. POZNÁMKA - Týka sa to napríklad predohrevu alebo predchladenia, spätného získavania tepla (s voliteľnými účinkami ochrany proti prenikaniu a/alebo ochrany proti mrazu), rozptýleného tepla z ventilátorov, úniku tepla do alebo zo vzduchových potrubí. Dynamický korekčný faktor prvku k prepúšťajúceho vzduch, ak má hodnotu 1,0 ($f_{ve,dyn;k;m} = 1,0$), upravuje významné rozdiely medzi priebehom úrovne vetrania a/alebo dodávanej teploty počas dňa (každú hodinu) a týždňa (pracovné dni, víkendy) a priebehom vnútorných a/alebo vonkajších teplôt a/alebo potrieb tepla. Jeho hodnota sa určí v súlade s tabuľkou A.28 (normatívny vzor); informatívna predvoľba je uvedená v tabuľke B.28 normy STN EN ISO 52016-1:2021.

V zmysle normy STN 730540-2+Z1+Z2:2019 je možné uvedený výpočtový vzťah (4.18) nahradiť upraveným výpočtovým vzťahom:

$$H_{ve} = 0,33.n.V_m \quad (4.21)$$

kde:

H_{ve} celkový merný tepelný tok vetraním, vo W/K,

n intenzita výmeny vzduchu, 1/h,

V_m vnútorný objem priestoru, v m³,

$V_m = 0,75.V_b$ pre nové rodinné domy,

$V_m = 0,85.V_b$ pre pôvodné budovy,

$V_m = 0,8.V_b$ pre ostatné budovy,

V_b obostavaný objem budovy, v m³.

Intenzita výmeny vzduchu škárovou prievzdušnosťou stykov a škár výplní otvorov (prirodzenou infiltráciou) sa pre budovy s výškou do 25 m stanoví podľa vzťahu:

$$n = 25000 \cdot \frac{\sum(i_{lv} \cdot 10^{-4} \cdot l)}{V_b} \quad (4.22)$$

kde:

i_{lv} súčiniteľ škárovej prievzdušnosti, v m³/(m.s),

l dĺžka škár, v m,

V_b obostavaný objem budovy, v m³.

Tab. 4.6 Hodnoty súčiniteľov škárovej prievzdušnosti

Druh otvorovej konštrukcie	Súčiniteľ škárovej prievzdušnosti $I_{lv} \cdot 10^{-4}$
Nové drevené, plastové a kovové okná s tesniacim profilom	$\leq 1,0$
Jednoduché okno drevené alebo kovové s jedným sklom, netesné (pôvodná výstavba)	1,9
Zdvojené okno drevené alebo kovové s dvoma čírymi sklami, netesné (pôvodná výstavba)	1,4
Zdvojené kovové okno s prerušeným tepelným mostom s dvoma čírymi sklami, netesnené (pôvodná výstavba)	1,4
Dvojité drevené špaletové okno s dvoma čírymi sklami, netesnené (pôvodná výstavba)	1,2

V prípade budov s výškou nad 25 m sa intenzita výmeny vzduchu škárovou prievzdušnosťou stykov a škár výplní otvorov určí podľa obecného vzťahu C.4 v zmysle normy STN 730540-2+Z1+Z2: 2019, príloha C. Vypočítaná intenzita výmeny vzduchu prirodzenou infiltráciou „ n “ vyhovuje, ak je splnená nasledujúca podmienka:

$$n \geq n_N \quad (4.23)$$

kde:

n intenzita výmeny vzduchu, 1/h,

n_N požadovaná priemerná intenzita výmeny vzduchu, 1/h.

V prípade, že hygienické predpisy a prevádzkové podmienky nestanovujú špeciálne požiadavky na intenzitu výmeny vzduchu, potom požadovaná priemerná intenzita výmeny vzduchu vo všetkých priestoroch bytových a nebytových budov musí mať minimálnu hodnotu $n_N = 0,5$ 1/h. Ak nie je možné zabezpečiť minimálnu intenzitu výmeny vzduchu prirodzenou infiltráciou, je potrebné ju dosiahnuť iným spôsobom.

Vnútorne tepelné zisky

Vnútorne tepelné zisky sú definované ako tepelné zisky od vnútorných tepelných zdrojov ako je metabolické teplo od ľudí v priestore, teplo od spotrebičov, teplo z osvetľovacích zariadení a iných vnútorných procesov, produkujúcich teplo. Medzi tieto procesy radíme aj tepelné straty zo systémov vykurovania, prípravy teplej vody a pod.

Pre tepelne upravovanú zónu ztc sa vypočítajú tepelné zisky z vnútorných zdrojov tepla pre obdobie vykurovania v kWh, podľa nasledujúceho vzorca:

$$Q_{H;int;ztc;m} = Q_{H;int;dir;ztc;m} \quad (4.24)$$

V prípade jednej alebo viacerých susedných tepelne neupravovaných zón (pozri kapitolu 6.4.5 v STN EN ISO 52016-1:2021):

$$Q_{H;int;ztc;m} = Q_{H;int;dir;m} + \sum_{k=1}^n [(1 - b_{ztc,k,m}) \cdot F_{ztc;ztc,k,m} \cdot f_{gn,max;H;ztc,k,m} \cdot Q_{H;int;dir;ztc,k}] \quad (4.25)$$

kde pre každú tepelne upravovanú zónu ztc a mesiac m :

$Q_{H;int;dir;ztc;m}$ sú mesačné vnútorné tepelné zisky (internal heat gains) v tepelne upravovanej zóne ztc v kWh podľa vzorca (4.27),

$b_{ztc,k,m}$ je redukčný faktor (the adjustment factor) pre tepelne neupravovanú zónu k , podľa článku 6.4.5.4 STN EN ISO 52016-1:2021,

- $F_{ztc;ztu,k;m}$ je distribučný faktor (the distribution factor) pre zisky v tepelne neupravovanej zóne k priradenej k susednej tepelne upravovanej zóne ztc , podľa článku 6.4.5.4 STN EN ISO 52016-1:2021,
- $f_{gn;max;H;ztu,k;m}$ je redukčný faktor (the reduction factor) aby sa predišlo nadhodnoteniu ziskov v tepelne upravovanej zóne k v režime vykurovania vo W/K, stanovený podľa kapitoly E.3.3 STN EN ISO 52016-1:2021,
- $Q_{H;int;dir;ztu,k;m}$ sú mesačné vnútorné tepelné zisky susednej tepelne neupravovanej zóny k vnútorného alebo vonkajšieho typu (ako je definované v článku 6.4.5.1 STN EN ISO 52016-1:2021) v režime vykurovania vo kWh.

Zdroje vnútorných tepelných ziskov

Pre každú tepelne upravovanú alebo neupravovanú zónu zt a pre každý mesiac m sa tepelné zisky z vnútorných zdrojov tepla v zóne, či už tepelne upravovanej alebo neupravovanej, v režime vykurovania, v kWh, vypočítajú nasledujúcim vzorcom:

$$Q_{H;int;dir;zt;m} = (Q_{H;spec;int;oc;zt;m} + Q_{H;spec;int;A;zt;m} + Q_{H;spec;int;L;zt;m} + Q_{H;spec;int;WA;zt;m} + Q_{H;spec;int;HVAC;zt;m} + Q_{H;spec;int;proc;zt;m}) \cdot A_{use;zt} \quad (4.27)$$

kde pre každú tepelnú zónu zt a mesiac m :

- $Q_{H;spec;int;oc;zt;m}$ sú špecifické vnútorné tepelné zisky (the specific internal heat gains) v dôsledku metabolického tepla od používateľov (occupants), v kWh/m², stanovené podľa príslušnej normy EHB modulu M1-6,
- $Q_{H;spec;int;A;zt;m}$ sú špecifické vnútorné tepelné zisky (the specific internal heat gains) v dôsledku uvoľneného tepla zo spotrebičov a zariadení (appliances), v kWh/m², stanovené podľa príslušnej normy EHB modulu M1-6,
- $Q_{H;spec;int;L;zt;m}$ sú špecifické vnútorné tepelné zisky (the specific internal heat gains) v dôsledku spätne získateľných strát z osvetlenia (lighting), v kWh/m², stanovené podľa príslušnej normy EHB modulu M9-1,
- $Q_{H;spec;int;WA;zt;m}$ sú špecifické vnútorné tepelné zisky (the specific internal heat gains) v dôsledku spätne získateľných strát zo systémov teplej a pitnej vody a kanalizácie (hot and mains water and sewage), v kWh/m², stanovené podľa príslušných noriem EHB modulov M3-1 a M8-1,
- $Q_{H;spec;int;HVAC;zt;m}$ sú špecifické vnútorné tepelné zisky (the specific internal heat gains) v dôsledku spätne získateľných strát zo systémov vykurovania, chladenia a vetrania (heating, cooling and ventilation systems), v kWh/m², stanovené podľa príslušných noriem EHB modulov M3-1, M4-1 a M5-1; pre výpočet potrieb tepla špecifického systému sa môžu použiť hodnoty špecifické pre systém,
- $Q_{H;spec;int;proc;zt;m}$ sú špecifické vnútorné tepelné zisky (the specific internal heat gains) v dôsledku spätne získateľných strát z procesov a tovarov (processes and goods), v kWh/m², stanovené podľa príslušných noriem EHB modulov M1-6,
- $A_{use;zt}$ úžitková podlahová plocha zóny v m², podľa článku 6.4.3 STN EN ISO 52016-1:2021

Princípy výpočtu vzhľadom na spätne získateľné tepelné straty sú opísané v ISO 52000-1:2017, článku 8.1.3. Tento dokument zohľadňuje iba spätne získateľné teplo v budove a nie teplo ktoré sa spätne získalo už v systéme alebo podsystéme. Mesačné hodnoty jednotlivých zložiek vnútorných ziskov $Q_{H;spec;int;x;zt;m}$ sa určujú podľa zdrojov, ktoré sú uvedené vyššie.

Môžu sa vyskytnúť nasledujúce dve situácie:

- Ak zdroj priamo udáva kumulatívnu mesačnú hodnotu zisku, hodnota sa priamo použije ako vstup pre mesačnú metódu výpočtu,
- Ak zdroj poskytuje iba hodinové hodnoty, uplatňuje sa nasledujúci postup:
 - zväži sa čiastkové obdobie mesiaca, ktoré sa opakuje,
 - vypočíta sa kumulatívna hodnota pre čiastkové obdobie všetkých hodinových ziskov,
 - rozdelí sa hodnota čiastkového obdobia na celé trvanie príslušného mesiaca (berúc do úvahy premennú dĺžku mesiacov).

POZNÁMKA 1. - Spoločné prípady mesačných čiastkových období, ktoré sa opakujú (podľa 2.a. vyššie), sú:

- jeden deň, ak všetky dni v mesiaci majú rovnaký hodinový profil,
- týždeň, ak sú všetky týždne rovnaké,
- celý mesiac, ak neexistuje cyklický priebeh.

POZNÁMKA 2 - Bežné prípady škálovania sú:

- vynásobí sa denná hodnota počtom dní v mesiaci,
- podelí sa týždenná hodnota siedmimi a potom sa táto hodnota vynásobí počtom dní v mesiaci.

Tento postup zabezpečuje že týždňové a víkendové dni sa posudzujú v správnom pomere na dlhodobom (ročnom alebo viacročnom) priemere.

Tab. 4.7 Harmonogramy obsadenosti pre energetické výpočty

Školy, triedy				Harmonogram používania						
Parametre a nastavenia				Energetický výpočet						
Parameter		Hodnota	Jednotka	čas h	Dni v týždni			Vikendy		
					Obyvatelia	Spotrebiče	Osvetlenie	Obyvatelia	Spotrebiče	Osvetlenie
Prevádzkový čas	Hodina v dni, ZAČIATOK	8	hodina	1	0	0	0	0	0	0
	Hodina v dni, KONIEC	17	hodina	2	0	0	0	0	0	0
	Prestávky, počas dňa	0	hodín	3	0	0	0	0	0	0
	Dni /v týždni	5	dni	4	0	0	0	0	0	0
	Hodiny / deň	9	hodín	5	0	0	0	0	0	0
	Hodiny / rok	2346	hodín	6	0	0	0	0	0	0
Vnútorné zisky	od používateľov (occupants)	5,4	m ² /osobu	7	0	0	0	0	0	0
	od používateľov (celkové)	21,7	W/m ²	8	0	0	0	0	0	0
	od používateľov (citeľné)	13,8	W/m ²	9	0,6	0,6	0,6	0	0	0
	od spotrebičov (appliances)	8	W/m ²	10	0,7	0,7	0,7	0	0	0
	od osvetlenia			11	0,6	0,6	0,6	0	0	0
	produkcia vlhkosti	11,11	g/(m ² , h)	12	0,4	0,4	0,4	0	0	0
	produkcia CO ₂	3,46	l/(m ² , h)	13	0,3	0,3	0,3	0	0	0
Body nastavenia	Min T _{op} počas hodín bez obsadenia ľuďmi	16	°C	14	0,7	0,7	0,7	0	0	0
	Max T _{op} počas hodín bez obsadenia ľuďmi	32	°C							
	Min T _{op}	20	°C							
	Max T _{op}	26	°C							
	Vetranie (min.)	3,8	l/(s m ²)							
	Vetranie na základe emisií CO ₂	1,84	l/(s m ²)							
	Max koncentrácia CO ₂ (oproti vonkajšku)	500	ppm							

	Min. relatívna vlhkosť	25 %
	Max. relatívna vlhkosť	60 %
	Osvetlenie, osvetlenosť na pracovnej ploche	500 lux
	potreba teplej vody	100 l/(m ² rok)
Iné		

Centrá dennej starostlivosti – Materské školy

Parametre a nastavenia		
	Parameter	Hodnota Jednotka
Prevádzkový čas	Hodina v dni, ZAČIATOK	7 hodina
	Hodina v dni, KONIEC	19 hodina
	Prestávky, počas dňa	0 hodín
	Dni /v týždni	5 dní
	Hodiny / deň	12 hodín
	Hodiny / rok	3129 hodín
Vnútorné zisky	od používateľov (occupants)	3,8 m ² /osobu
	od používateľov (celkové)	33,3 W/m ²
	od používateľov (citeľné)	20 W/m ²
	od spotrebičov (appliances)	4 W/m ²
	od osvetlenia	
	produkcia vlhkosti	15,79 g/(m ² , h)
	produkcia CO ₂	4,92 l/(m ² , h)
Body nastavenia	Min T _{op} počas hodín bez obsadenia ľuďmi	16 °C
	Max T _{op} počas hodín bez obsadenia ľuďmi	32 °C
	Min T _{op}	17,5 °C
	Max T _{op}	25,5 °C
	Vetranie (min.)	4,5 l/(s m ²)
	Vetranie na základe emisií CO ₂	1,64 l/(s m ²)
	Max koncentrácia CO ₂ (oproti vonkajšku)	500 ppm
	Min. relatívna vlhkosť	25 %
	Max. relatívna vlhkosť	60 %
	Osvetlenie, osvetlenosť na pracovnej ploche	500 lux
	potreba teplej vody	100 l/(m ² rok)
Iné		

15	0,6	0,6	0,6	0	0	0
16	0,4	0,4	0,4	0	0	0
17	0,2	0,2	0,2	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0

Harmonogram používania

Energetický výpočet						
čas	Dni v týždni			Vikendy		
	Obyvatelia	Spotrebiče	Osvetlenie	Obyvatelia	Spotrebiče	Osvetlenie
h						
1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0
8	0,4	0,4	0,4	0	0	0
9	0,8	0,8	0,8	0	0	0
10	0,8	0,8	0,8	0	0	0
11	0,3	0,3	0,3	0	0	0
12	0,3	0,3	0,3	0	0	0
13	0,8	0,8	0,8	0	0	0
14	0,1	0,1	0,1	0	0	0
15	0,1	0,1	0,1	0	0	0
16	0,4	0,4	0,4	0	0	0
17	0,3	0,3	0,3	0	0	0
18	0,3	0,3	0,3	0	0	0
19	0,3	0,3	0,3	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0

Celkové solárne tepelné zisky

Pre tepelne upravovanú zónu ztc sa solárne tepelné zisky vypočítajú pre obdobie vykurovania v kWh, podľa nasledujúceho vzorca:

$$Q_{H;sol;ztc;m} = Q_{H;sol;dir;ztc;m} \quad (4.28)$$

V prípade jednej alebo viacerých susedných tepelne neupravovaných zón (pozri kapitolu 6.4.5 v STN EN ISO 52016-1:2021):

$$Q_{H;sol;ztc;m} = Q_{H;sol;dir;m} + \sum_{k=1}^n [(1 - b_{ztc,ztu,k;m}) \cdot F_{ztc,ztu,k;m} \cdot f_{gn,max;H;ztc,k;m} \cdot Q_{H;sol;dir;ztc,k}] \quad (4.29)$$

kde pre každú tepelne upravovanú zónu ztc a mesiac m :

$Q_{H;sol;dir;ztc;m}$ sú mesačné solárne tepelné (solar heat gains) v tepelne upravovanej zóne ztc v kWh podľa vzorca (4.30);

$b_{ztc,k;m}$ je redukčný faktor (the adjustment factor) pre tepelne neupravovanú zónu k , podľa článku 6.4.5.4 STN EN ISO 52016-1:2021,

$F_{ztc,ztu,k;m}$ je distribučný faktor (the distribution factor) pre zisky v tepelne neupravovanej zóne k priradenej k susednej tepelne upravovanej zóne ztc , podľa článku 6.4.5.4 STN EN ISO 52016-1:2021,

$f_{gn,max;H;ztc,k;m}$ je redukčný faktor (the reduction factor) aby sa predišlo nadhodnoteniu ziskov v tepelne upravovanej zóne k v režime vykurovania vo W/K, stanovený podľa kapitoly E.3.3 STN EN ISO 52016-1:2021,

$Q_{H;sol;dir;ztc,k;m}$ sú mesačné solárne tepelné (solar heat gains) susednej tepelne neupravovanej zóny k vnútorného alebo vonkajšieho typu (ako je definované v 6.4.5.1 STN EN ISO 52016-1:2021) v režime vykurovania vo kWh.

Zložky solárnych tepelných ziskov

Pre každú tepelne upravovanú alebo neupravovanú zónu zt a pre každý mesiac m sa solárne tepelné zisky v zóne, či už tepelne upravovanej alebo neupravovanej, v režime vykurovania, v kWh, vypočítajú nasledujúcim vzorcom:

$$Q_{H;sol;dir;zt;m} = \sum_{k=1} Q_{H;sol;wi,k} + \sum_{k=1} Q_{H;sol;op,k} \quad (4.30)$$

kde pre každý prvok k a mesiac m :

$Q_{H;sol;wi,k}$ sú mesačné solárne zisky cez priesvitný prvok wi,k v režime vykurovania v kWh podľa vzorca (4.31),

$Q_{H;sol;op,k}$ sú mesačné solárne zisky cez nepriesvitný prvok op,k v režime vykurovania v kWh podľa vzorca (4.50).

Tepelný tok spôsobený solárnymi ziskami cez priesvitný obalový prvok (ďalej len okná) wi , $Q_{H;sol;wi;m}$ v kWh, sa vypočíta podľa nasledujúceho vzorca:

$$Q_{H;sol;wi;m} = g_{gl;wi;H;m} \cdot A_{wi} \cdot (1 - F_{fr,wi}) \cdot F_{sh;obst;wi;m} \cdot H_{sol;wi;m} - Q_{sky;wi;m} \quad (4.31)$$

kde pre každé okno wi a mesiac m :

$g_{gl;wi;H;m}$ je bezrozmerná veličina – priemerná mesačná hodnota efektívnej celkovej priepustnosti slnečnej energie transparentnej konštrukcie,

POZNÁMKA - Priesvitný prvok môže obsahovať číre zasklenie, ale tiež (trvalé) rozptylové alebo (trvalé alebo pohyblivé) tieniace zariadenia protislnečnej ochrany (pozri kapitolu E.2.2 normy STN EN ISO 52016-1:2021).

A_{wi} je plocha okna wi , určená vlastnosťami prenosu tepla podľa kapitoly 6.6.5.2 STN EN ISO 52016-1:2021, v m²; v prípade vystupujúcich komponentov sa použije priemet plochy,

$F_{fr,wi}$	je časť plochy rámu okna wi , podiel priemetu plochy rámu k celkovej projektovanej ploche zaskleného prvku okna wi , ako je stanovené v kapitole E.2.1 normy STN EN ISO 52016-1:2021,
$F_{sh,obst;wi;m}$	je bezrozmerný redukčný faktor tienenia vonkajšou prekážkou, ako je stanovené v prílohe F normy STN EN ISO 52016-1:2021,
$H_{sol;wi;m}$	je mesačná energia slnečného žiarenia na plochu prvku, s uhlom sklonu β_{wi} a azimutovým uhlom γ_{wi} , vo kWh/m ² získaná z príslušnej normy EHB podľa modulu M1-13 (STN EN ISO 52010-1),
$Q_{sky;wi;m}$	je mesačné dodatočné množstvo tepla spôsobené tepelným sálaním voči oblohe, v kWh podľa vzorca (4.51),
β_{wi}	je uhol sklonu okna wi (od vodorovného, meraného smerom nahor) získaný z geometrických údajov konštrukčného prvku, v stupňoch,
γ_{wi}	je uhol orientácie okna wi , získaný z geometrických údajov konštrukčného prvku, v stupňoch (vyjadrený ako geografický azimutový uhol horizontálneho priemetu sklonenej plochy v smere normály; znamienková dohoda: uhol od juhu, na východ kladný, západne záporný).

POZNÁMKA 1. - Vonkajšie prekážky pre „priehľadný prvok“ sú neďaleké prekážky, ako sú zalomenia objektu, bočné steny alebo vystupujúce konštrukcie alebo susedné časti budov. Tak isto je možné zohľadniť aj vzdialené prekážky v závislosti od voľby vykonanej v tejto súvislosti, ako sa uvádza v prílohe F normy STN EN ISO 52016-1:2021.

POZNÁMKA 2. - Odporúča sa zaokrúhliť azimutové uhly na 45° v súlade s diskretizáciou segmentov horizontu pre mesačné výpočty tienenia slnečného žiarenia podľa prílohy F normy STN EN ISO 52016-1:2021.

Celková priepustnosť slnečnej energie priesvitných prvkov

Priesvitné stavebné prvky ako okno, (zasklené) dvere, závesná stena, budú ďalej označované len ako „okno“. Priesvitná časť okna bude ďalej označovaná ako „zasklenie“ alebo „zasklená časť“ okna“. Celková priepustnosť slnečnej energie zasklením okna wi , $g_{gl;wi}$, je pomer energie prechádzajúcej cez okno k energii dopadajúcej na neho. Pri oknách s rozptylovým zasklením sa prepočet priepustnosti slnečnej energie pre žiarenie dopadajúce kolmo na zasklenie, vypočíta v súlade s ISO 9050 alebo EN 410. Celková priepustnosť slnečnej energie závisí od uhla dopadu (nadmorskej výšky a azimutu) dopadajúceho slnečného žiarenia. Hodnota (vážený časový priemer) potrebná pre výpočty je o niečo nižšia ako hodnota $g_{gl;n}$. Preto sa používa korekčný faktor, F_w , podľa nasledujúceho vzorca:

$$g_{gl;wi} = F_w \cdot g_{gl;n;wi} \quad (4.32)$$

kde:

$g_{gl;wi}$	je celková priepustnosť slnečnej energie (korigovaná podľa uhla dopadu),
F_w	je korekčný faktor pre nerozptylové zasklenie, získaný pre mesačné hodnoty z tabuľky A.43; informatívne predvoľby sú uvedené v tabuľke B.43 normy STN EN ISO 52016-1:2021,
$g_{gl;n;wi}$	priepustnosť energie slnečného žiarenia kolmo na zasklenie.

Tab. 4.8 Celková priepustnosť slnečnej energie dopadajúcej kolmo na plochu transparentnej stavebnej konštrukcie $g_{gl;n}$

Typ zasklenia	Celková priepustnosť slnečnej energie dopadajúcej kolmo na plochu $g_{gl;n}$ [-]
Jednoduché zasklenie	0,85
Dvojnásobné zasklenie	0,75
Trojnásobné zasklenie	0,70
Dvojité okno	0,75
Dvojnásobné zasklenie (izolačné dvojsklo) so selektívnou vrstvou nízkej emisivity	0,67
Trojnásobné zasklenie (izolačné trojsklo) s dvoma selektívnymi vrstvami nízkej emisivity	0,50

Pri oknách s rozptylovým zasklením alebo so zariadeniami na ochranu proti slnečnému žiareniu, môže byť priepustnosť energie slnečného žiarenia kolmá na zasklenie (normálový dopad), $g_{gl;n}$, výrazne podcenená. Celková priepustnosť slnečnej energie, korigovaná podľa uhla dopadu, sa potom vypočíta podľa váženého súčtu, ako uvádza vzorec E.4 normatívnej prílohy E normy STN EN ISO 52016-1:2021.

Tab. 4.9 Celková energia slnečného žiarenia na jednotku plochy pre zimné mesiace

Orientácia	Mesiace							Spolu
	I	II	III	IV	X	XI	XII	
Juh	30,2	43,6	61,2	66,3	57,2	33,1	28,4	320
Sever	9,1	13,8	20,1	27,2	14,5	8,4	6,8	100
Východ, západ	14,9	24,5	42,0	59,1	32,2	15,4	11,8	200
Juhovýchod, juhozápad	22,7	33,8	50,9	62,0	44,8	24,9	20,8	260
Severovýchod, severozápad	10,2	16,1	26,8	41,6	18,3	9,6	7,4	130
Horizontálna rovina	22,2	38,6	71,4	108,2	55,0	26,2	18,4	340

Podiel plochy okenných rámov:

Zasklenú plochu je možné získať priamo z geometrických údajov, alebo sa môže plocha zasklenia odvodiť z podielu pevnej plochy rámov. Podiel plochy rámu okenného prvku w_i , $F_{fr;w_i}$, sa vypočíta podľa nasledujúceho vzorca:

$$F_{fr;w_i} = 1 - \frac{A_{gl;w_i}}{A_{w_i}} \quad (4.33)$$

kde pre okenný prvok w_i :

$A_{gl;w_i}$ je zasklená plocha okenného prvku w_i , v m², podľa normy ISO 13789,

A_{w_i} je plocha okenného prvku w_i , v m², podľa normy ISO 13789; v prípade vysunutých komponentov sa použije projekčná plocha prvku.

$F_{sh;obst;k;m}$ bezrozmerný redukčný faktor tienenia povrchu k (w_i ; op) vonkajšími prekážkami

Celkové slnečné ožiarenie povrchu k, $H_{tot;sh;k;m}$ vrátane vplyvu tienenia, je súčtom vypočítaného celkovej slnečného ožiarenia, korigovaného na tienenie objektmi pomocou stredného redukčného faktora tienenia pre priame slnečné žiarenie a podiel priameho slnečného žiarenia na celkovom žiarení:

$$F_{sh;obst;k;m} = F_{sh;dir;k;m} \cdot f_{sol;dir;m} + (1 - f_{sol;dir;m}) \quad (4.34)$$

kde pre každý zatienený povrch k a každý mesiac m:

$F_{sh;obst;k;m}$ je bezrozmerný redukčný faktor tienenia vonkajšími prekážkami,

$F_{sh;dir;k;m}$ je redukčný faktor tienenia pre priamu intenzitu ožiarenia, určený podľa prílohy F.3.6.2 normy STN EN ISO 52016-1:2021,

$f_{sol;dir;m}$ je podiel priameho slnečného žiarenia v celkovom žiarení získaný ako funkcia klimatických údajov a orientácie z tabuľky A.48 (normatívny vzor), s informatívnymi predvoľbami v tabuľke B.48 normy STN EN ISO 52016-1:2021; (viď. Tab. 4.10).

Priamy redukčný faktor tienenia $F_{sh;dir;k;t}$, je určený mesačným stredným uhlom solárnej výšky alebo zjednodušenými korelačnými faktormi (pre jednoduché objekty tienenia) a geometriou tieneneho povrchu k a objektmi tienenia.

Tab. 4.10 Parametre mesačného tienenia slnečného žiarenia prekážkami alebo vystupujúcimi konštrukciami; podrobnejšia metóda.
Podľa tabuľky B.48a normy STN EN ISO 52016-1:2021

Umiestnenie: 40° severnej zemepisnej šírky									
Obdobie: zima: Október — Máj									
Orientácia	Váhový faktor $w_{obs,m;i}$ v sektore				Výška slnka, $\alpha_{sol,m;i}$ v sektore				Podiel priameho slnečného žiarenia v celkovom žiarení $f_{sol,dir,m}$
	1	2	3	4	1	2	3	4	
S	0	0	0	0	-	-	-	-	0
SV	0	0	0	1,00	-	-	-	7,6	0,10
V	0	0	0,31	0,69	-	-	9,0	20,8	0,50
JV	0	0,14	0,58	0,28	-	9,2	22,2	24,0	0,70
J	0,06	0,40	0,47	0,07	9,4	22,8	22,6	9,7	0,75
JZ	0,22	0,63	0,15	0	24,2	22,0	9,6	-	0,70
Z	0,70	0,30	0	0	20,6	9,5	-	-	0,50
SZ	1,00	0	0	0	8,7	-	-	-	0,10

Identifikácia a geometria objektov tienenia:

- Jednoduché zalomenia, vystupujúce konštrukcie a bočné steny

Táto metóda platí pre zalomenia, vystupujúce konštrukcie s nekonečnou dĺžkou a bočné steny s nekonečnou výškou alebo iné geometricky podobné objekty tienenia (ako sú balkóny alebo steny). Pozri Obr. 4.9.

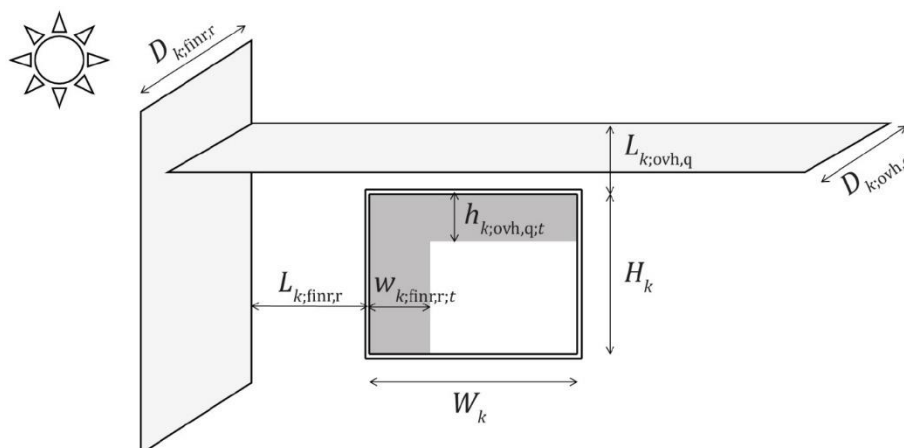
Tienený prvok obvodového plášťa:

Pre prvok obvodového plášťa sú potrebné nasledujúce údaje:

H_k výška prvku k , získaná z geometrických údajov o prvku, v m; ak je prvok v sklone, berie sa zvislý priemet jeho výšky,

W_k šírka prvku k , získaná z geometrických údajov o prvku, v m.

Obr. 4.9 Geometria jednoduchých vystupujúcich konštrukcií alebo bočných stien



Vystupujúce konštrukcie (Overhang):

Termín vystupujúce konštrukcie zahŕňa pevné prvky obvodového plášťa a ostatných častí budovy (napríklad balkóny). Nasledujúce údaje sú potrebné pre každý objekt tienenia, q , ktorý možno považovať za vystupujúcu konštrukciu:

$D_{k,ovh,q}$	hĺbka vystupujúcej konštrukcie q , meraná od roviny prvku obvodového plášťa k , v horizontálnom smere, získaná podľa miestnej situácie, v m,
$L_{k,ovh,q}$	zvislá vzdialenosť medzi okrajom fasádneho prvku k a vystupujúcou konštrukciou q , získaná podľa miestnej situácie, v m.

Bočné steny (Side fins):

Táto metóda platí pre bočné steny s nekonečnou výškou alebo pre iné geometricky podobné tieniace objekty (ako sú steny). Nasledujúce údaje sú potrebné pre každý tieniaci objekt, r , ktorý možno považovať za bočnú stenu:

$D_{k,finr,r}$	hĺbka bočnej steny r na pravej strane, meraná od roviny prvku k v kolmom smere, získaná podľa miestnej situácie, v m,
$L_{k,finr,r}$	vodorovná vzdialenosť medzi okrajom prvku k a pravou stranou (orientácia smerom von) bočnej steny r , získaná podľa miestnej situácie, v m,
$D_{k,finl,l}$	hĺbka bočnej steny l na ľavej strane, meraná od roviny prvku k v kolmom smere, získaná podľa miestnej situácie, v m,
$L_{k,finl,l}$	vodorovná vzdialenosť medzi okrajom prvku k a ľavou stranou (orientácia smerom von) bočnej steny l , získaná podľa miestnej situácie, v m.

Zalomenia (Rebate):

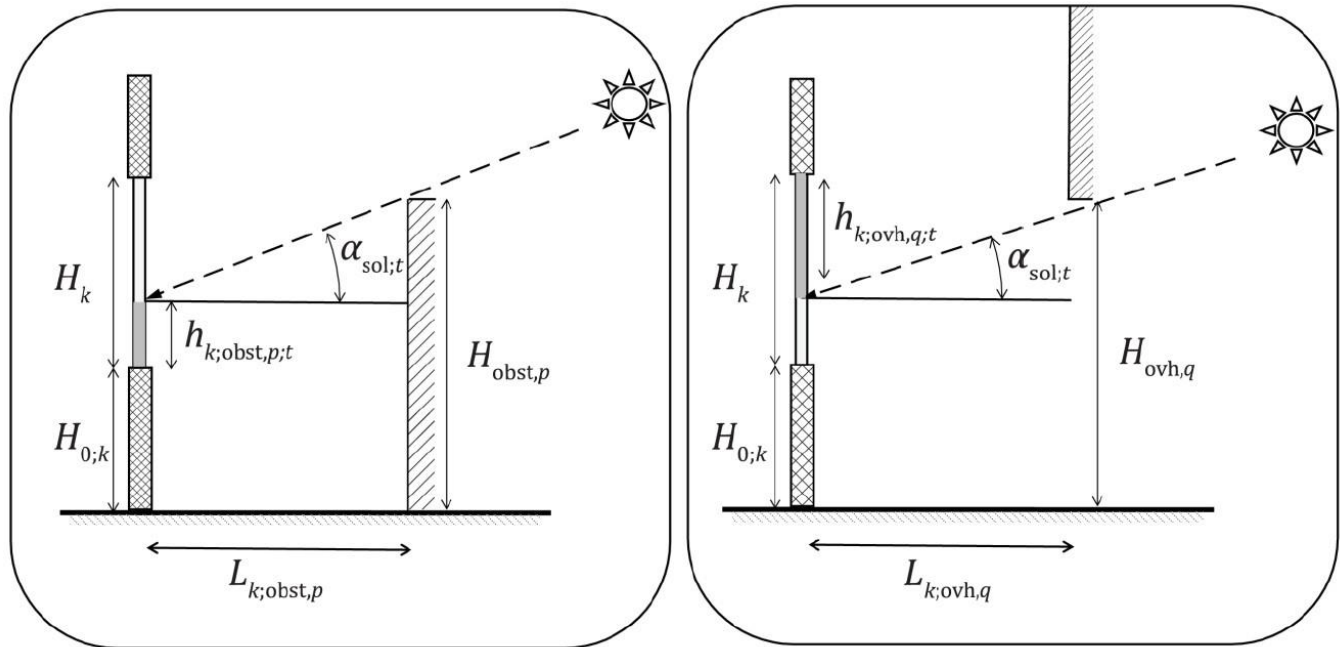
Zalomenia môžu byť modelované ako kombinácia vystupujúcej konštrukcie a bočnej steny, ale na získanie presnejšieho výsledku sa použijú oddelené korelačné faktory.

- Ďalšie objekty tienenia; podrobnejšia metóda

Tienený objekt a tieniaci objekt (prekážka alebo vystupujúca konštrukcia) sú charakterizované nasledujúcimi údajmi. Pozri Obr. 4.10. Nasledujúce údaje sú potrebné pre tienení objekt k :

H_k	výška tieneného objektu k , získaná z geometrických údajov o prvku, v m; ak je prvok v sklone, berie sa zvislý priemet jeho výšky,
W_k	šírka tieneného objektu k , získaná z geometrických údajov o prvku, v m; pre túto metódu výpočtu a typy tieniacich objektov podľa tejto podrobnejšej metódy (na rozdiel od metódy podľa Obr. 4.9) skutočná šírka nie je potrebná a ak nie je poskytnutá, môže byť nastavená na 1 m,
β_k	je uhol sklonu tieneného povrchu (od vodorovného smeru, meraný smerom nahor) získaný z geometrických údajov o konštrukčnom prvku, v stupňoch,
γ_k	je uhol orientácie tieneného povrchu, získaný z geometrických údajov o konštrukčnom prvku, v stupňoch (vyjadrených ako geografický azimutový uhol od vodorovného normálového priemetu plochy v sklone; znamienková dohoda: uhol od juhu smerom na východ – kladný, uhol od juhu smerom na západ – záporný).

Obr. 4.10 Tienenie priameho slnečného lúča vplyvom objektov tienenia



a. Vertikálny rez – prekážka

b. Vertikálny rez – vystupujúca konštrukcia

POZNÁMKA - Pre mesačné výpočtové postupy sa index t nahradí indexom m.

Ak zvislý prierez tieniaceho objektu nie je konštantný, zvislý rez sa posudzuje v strede objektu. Pre špecifikáciu tieniacich objektov je obloha rozdelená na niekoľko segmentov, $i = 1$ až $n_{sh;segm}$, z ktorých každá je charakterizovaná hornou hranicou azimutového uhla, $\gamma_{sh;obst;max;i}$, s použitím znamienkovej dohody: uhol od juhu smerom na východ – kladný; smerom na západ – záporný.

POZNÁMKA: Sever → Východ → Juh → Západ → Sever = $+180^\circ \rightarrow +90^\circ \rightarrow 0^\circ \rightarrow -90^\circ \rightarrow -180^\circ$.

Pre „Mesačný výpočtový postup“ je voľba rozdelenia oblohy na segmenty pevne určená na $n_{sh;segm} = 8$ s pevnými uhlami 45° . Pre každý segment zvlášť je potrebné uvažovať s rovnakou výškou a vzdialenosťou prekážky nad segmentom. Nasledujúce údaje sú potrebné pre každú tieniacu prekážku, p , (ak existuje), v každom segmente i :

$H_{obst;p;i}$ výška tieniacej prekážky r , od úrovne terénu, získaná podľa miestnej situácie, v m,

$L_{k;obst;p;i}$ vodorovná vzdialenosť medzi tieniacim objektom k a tieniacou prekážkou r , zistená podľa miestnej situácie, v m.

POZNÁMKA - V prípade mesačného časového intervalu nepodlieha jemnejšie delenie k celkovej presnosti.

Ak existujú vystupujúce konštrukcie, je potrebné získať nasledujúce údaje o vystupujúcej konštrukcii (ak existuje), q , každom segmente i , s použitím rovnakej segmentácie ako pre prekážky tienenia:

$H_{ovh;q;i}$ najnižšia výška tieniacej vystupujúcej konštrukcie q meraná z úrovne terénu, získaná podľa miestnej situácie, v m,

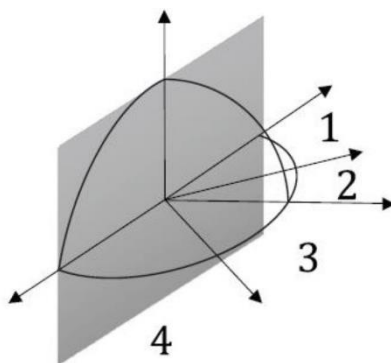
$L_{k;ovh;q;i}$ horizontálna vzdialenosť medzi tieniacim objektom k a tieniacou vystupujúcou konštrukciou q získaná podľa miestnej situácie, v m.

Horizontálna vzdialenosť môže byť vzdialenosť k budove (pre vzdialené prekážky) alebo vzdialenosť k (stred) tieneneho povrchu, pre vzdialené prekážky alebo prekážky súvisiace s oknami (okenné parapety, bočné steny, previsy/vystupujúce konštrukcie). Rozdiel medzi prekážkami a vystupujúcimi konštrukciami - prevismi je ten, že prekážky končia v určitej výške nad úrovňou terénu, zatiaľ čo vystupujúce konštrukcie previsov sa začínajú v určitej výške nad úrovňou terénu.

Kontrola, či tienový povrch je v zornom poli slnečného lúča

Pre mesačné výpočtové postupy je orientácia tieneneho objektu zaokrúhlená na 45°, takže vonkajší pohľad na objekt pokrýva štyri segmenty, ako je znázornené na Obr. 4.11.

Obr. 4.11 Mesačné výpočtové postupy: rozdelenie oblohy do 8 segmentov, so 4 segmentami vzhľadom na tienový objekt



Výpočet jednotlivých prípadov tienenia:

- Jednoduché zalomenia, vystupujúce konštrukcie a bočné steny

Pozri obrázok Obr. 4.9.

Vystupujúce konštrukcie (Overhang):

Táto metóda platí pre vystupujúce konštrukcie (nad tienenými konštrukciami – oknami) s nekonečnou dĺžkou alebo pre iné geometricky podobné tieniace objekty (napríklad balkóny).

Výška tieňa vrhnutého každou vystupujúcou konštrukciou q na obalový prvok k v mesiaci m je daná:

$$h_{k;ovh;q;m} = 1 - H_k \cdot \left\{ 1 + \left[\left(A_1 + B_1 \cdot c_{South} \cdot (\phi_w - \delta_m) \right) \cdot P_{1;k;ovh;q} + \left(A_2 + B_2 \cdot c_{South} \cdot (\phi_w - \delta_m) \right) \cdot P_{1;k;ovh;q} \cdot P_{2;k;ovh;q} \right] \right\} \quad (4.35)$$

$$\text{ak } h_{k;ovh;q;m} < 0 \quad \rightarrow \quad h_{k;ovh;q;m} = 0$$

$$\text{ak } h_{k;ovh;q;m} > H_k \quad \rightarrow \quad h_{k;ovh;q;m} = H_k$$

POZNÁMKA - Vzorec sa zakladá na empirických koreláciách s použitím podrobnej metódy výpočtu tienenia slnečného žiarenia.

$$P_{1;k;ovh;q} = \frac{D_{k;ovh;q}}{H_k} \quad \text{a} \quad P_{2;k;ovh;q} = \frac{L_{k;ovh;q}}{H_k} \quad (4.36)$$

kde:

- $h_{k;ovh;q;m}$ je výška tieňa vystupujúcej konštrukcie q na prvok obalu budovy k , v mesiaci m , v m,
 H_k je výška prvku k , ako je stanovené na Obr. 4.13, v m,
 $D_{k;ovh;q}$ je hĺbka vystupujúcej konštrukcie q , na prvku k (podľa Obr. 4.13), v m,
 $L_{k;ovh;q}$ je zvislá vzdialenosť medzi okrajom obalového prvku k a vystupujúcou konštrukciou q , (podľa Obr. 4.13), v m,
 c_{South} korekčný faktor pre južnú hemisféru:
 Severná pologuľa: $c_{South} = 1$,
 Južná pologuľa: $c_{South} = -1$,
 δ_m je slnečná deklinácia za mesiac m , podľa tabuľky Tab. 4.11 v stupňoch,
 ϕ_w zemepisná šírka meteorologickej stanice, ako je stanovená v príslušnej norme EHB v module M 1-13, v stupňoch.

Hodnoty korelačných faktorov A1, B1, A2 a B2 pre rôzne orientácie sú uvedené v tabuľke A.46 (normatívny vzor), s informatívnou predvoľbou uvedenou v tabuľke B.46 normy STN EN ISO 52016-1:2021 (viď. Tab. 4.12).

Tab. 4.11 Mesačná stredná slnečná deklinácia δ_m (°)

Mesiac	Hodnota (°)	Mesiac	Hodnota (°)
Január	-20,8	Júl	21,1
Február	-13,3	August	13,3
Marec	-2,4	September	2,0
Apríl	9,5	Október	-9,8
Máj	18,8	November	-19,1
Jún	23,1	December	-23,1

Tab. 4.12 Parametre mesačného tienenia slnečného žiarenia vplyvom vystupujúcich konštrukcií podľa Tabuľky B.46 normy STN EN ISO 52016-1:2021

Obdobie:		leto: Jún — September			
Orientácia		A1	B1	A2	B2
Severná pologuľa	Južná pologuľa				
J	S	-3,023	0,045	1,285	-0,006
JV - JZ	SV - SZ	-1,255	0,015	0,905	-0,008
V - Z	V - Z	-0,684	0,005	0,610	-0,004
SV - SZ	JV - JZ	-0,654	0,006	0,616	-0,006
S	J	-0,726	0,007	0,616	-0,007

Bočné steny (Side fins):

Termín bočné steny zahŕňa okenné zalomenia, prvky pripievané na okná alebo obvodový plášť a iné stavebné časti budovy (ako napríklad sú steny). Táto metóda platí pre bočné steny s nekonečnou výškou alebo pre iné geometricky podobné tieniace objekty. Šírka tieňa vrhnutého stenami z oboch strán na fasádny prvok budovy k , v mesiaci m , je:

$$\text{je } w_{k;fin;m} = 1 - W_k \cdot \left\{ 1 + \left[\left(A_1 + B_1 \cdot c_{South} \cdot (\phi_w - \delta_m) \right) \cdot P_{1;k;fins;s} + \left(A_2 + B_2 \cdot c_{South} \cdot (\phi_w - \delta_m) \right) \cdot P_{2;k;fins;s} \right] \right\} \quad (4.37)$$

$$\begin{aligned} \text{ak } w_{k;fin;m} < 0 & \rightarrow w_{k;fin;m} = 0 \\ \text{ak } w_{k;fin;m} > W_k & \rightarrow w_{k;fin;m} = W_k \end{aligned}$$

$$P_{1;k;fins;s} = \frac{D_{k;fins;s}}{W_k} \quad \text{a} \quad P_{2;k;fins;s} = \frac{L_{k;fins;s}}{W_k} \quad (4.38)$$

Približne, šírku tieňa vrhnutého každou bočnou stenou samostatne udáva tabuľka Tab. 4.13.

Tab. 4.13 Šírka tieňa vrhnutého každou bočnou stenou

Orientácia		$W_{k;fin,r;m}$	$W_{k;fin,l;m}$
Severná pologuľa	Južná pologuľa		
J, S	S, J	$W_{k;fin,r;m} = 0,50 W_{k;fin;m}$	$W_{k;fin,l;m} = 0,50 W_{k;fin;m}$
V, SV	Z, JZ	$W_{k;fin,r;m} = W_{k;fin;m}$	$W_{k;fin,l;m} = 0$
Z, SZ	V, JV	$W_{k;fin,r;m} = 0$	$W_{k;fin,l;m} = W_{k;fin;m}$
JV	SZ	$W_{k;fin,r;m} = 0,75 W_{k;fin;m}$	$W_{k;fin,l;m} = 0,25 W_{k;fin;m}$
JZ	SV	$W_{k;fin,r;m} = 0,25 W_{k;fin;m}$	$W_{k;fin,l;m} = 0,75 W_{k;fin;m}$

POZNÁMKA - Tieto oddelené hodnoty sú potrebné na umožnenie výpočtu účinku kombinácie rôznych tieniacich objektov.

kde:

$W_{k;fin,r;m}$ je šírka vrhnutého tieňa na fasádny prvok k bočnej steny r po pravej strane prvku k v mesiaci m , v m ,

$W_{k;fin,l;m}$ je šírka vrhnutého tieňa na fasádny prvok k bočnej steny l po ľavej strane prvku k v mesiaci m , v m ,

W_k je šírka prvku k , ako je stanovené na Obr. 4.13, v m ,

$D_{k;fin,r}$ $D_{k;fin,l}$ sú hĺbky bočných stien, podľa Obr. 4.13, v m ,

$L_{k;fin,r}$ sú vzdialenosti bočných stien, podľa Obr. 4.13, v m ,

c_{South} korekčný faktor pre južnú hemisféru:

Severná pologuľa: $c_{South} = 1$,

Južná pologuľa: $c_{South} = -1$,

δ_m je slnečná deklinácia za mesiac m , získaná z tabuľky Tab. 4.11, v stupňoch,

ϕ_w zemepisná šírka meteorologickej stanice, ako je stanovená v príslušnej norme EHB v module M 1-13, v stupňoch.

Hodnoty korelačných faktorov A_1 , B_1 , A_2 a B_2 pre rôzne orientácie, sú uvedené v tabuľke A.47 (normatívny vzor), s informatívnou predvoľbou uvedenou v tabuľke B.47 normy STN EN ISO 52016-1:2021 (viď. Tab. 4.14).

Tab. 4.14 Parametre mesačného tienenia slnečného žiarenia vplyvom bočných stien podľa Tabuľky B.47 normy STN EN ISO 52016-1:2021

Obdobie:		leto: Jún — September			
Orientácia		A1	B1	A2	B2
Severná pologuľa	Južná pologuľa				
J	S	-1,175	0,012	0,860	-0,008
JV - JZ	SV - SZ	-0,799	0,009	0,684	-0,006
V - Z	V - Z	0,118	-0,014	0,005	-0,010
SV - SZ	JV - JZ	0,155	-0,041	-0,680	-0,009
S	J	0,275	-0,133	0,641	0,039

Zalomenia (Rebate):

Zalomenia sa môžu modelovať ako kombinácia vystupujúcej konštrukcie a bočných stien.

POZNÁMKA - Na dosiahnutie presnejších výsledkov sa vyvinuli samostatné korelačné faktory. Tieto však neposkytujú rozdiel medzi výškou a šírkou vrhnutého tieňa, čo je potrebné na výpočet vplyvu kombinácie rôznych objektov tienenia (bližšie pozri F.3.6.2 normy STN EN ISO 52016-1:2021).

- Ďalšie objekty tienenia; podrobnejšia metóda

Postup výpočtu je podobný ako v prípade hodinovej metódy, ale s pevnými segmentmi s mesačnou strednou solárnou výškou a váziacim faktorom pre každý sektor, ktorý závisí od zemepisnej šírky, orientácie a obdobia (mesiac alebo sezóna). Pozri Obr. 4.10.

Prekážky (Obstacles):

Pre každú prekážku p v segmente i ($i = 1, 2, 3, 4$) sa výška tienenia tieneného objektu k určuje podľa nasledujúceho vzorca:

$$h_{k,obst;p;m} = \sum_{i=1}^4 (w_{obst;m;i} \cdot h_{k,obst;p;m;i}) \quad (4.39)$$

$$h_{k,obst;p;m;i} = \max[0; H_{obst,p;i} - H_{0;k} - L_{k,obst,p;i} \cdot \tan(\alpha_{sol;m;i})] \quad (4.40)$$

kde pre každý zatienený povrch k a každý mesiac m :

- $h_{k,obst;p;m}$ je výška tieňa od prekážky p na tiený povrch k ; ak je v sklone: použije sa zvislý priemet, v m,
- $w_{obst;m;i}$ je faktor váženia pre segment i , pre mesiac m , ako funkcia zemepisnej šírky lokality a orientácie tieneného objektu, získaný z tabuľky A.48 (normatívny vzor), s informatívnymi predvoľbami v tabuľke B.48 normy STN EN ISO 52016-1:2021 (viď Tab. 4.10); súčet faktorov váženia na 4 segmentoch je 1 alebo 0,
- $h_{k,obst;p;m;i}$ je výška tieňa od prekážky p v segmente i na tiený povrch k ; ak je v sklone: zvislý priemet,
- $H_{0;k}$ je základná výška tieneného povrchu k , ako je uvedené na Obr. 4.14a, v m,
- $H_{obst,p;i}$ je výška tieniacej prekážky p v segmente i , ako je uvedené na Obr. 14a, v m,
- $L_{k,obst,p;i}$ je vodorovná vzdialenosť medzi tieným povrchom k a tieniacou prekážkou p v segmente i , ako je uvedené na Obr. 4.14a, v m,
- $\alpha_{sol;m;i}$ mesačný stredný uhol solárnej výšky v mesiaci m , ako funkcia zemepisnej šírky lokality a orientácie tieneného objektu a čísla segmentu i , získaný z tabuľky A.48 (normatívny vzor), s informatívnymi predvoľbami v tabuľke B. 48 normy STN EN ISO 52016-1:2021 (viď. Tab. 4.10), v stupňoch.

POZNÁMKA - Obvykle sa mesačné hodnoty vyberú rovnaké počas niekoľkých mesiacov v sezóne.

Vystupujúce konštrukcie (Overhangs):

Pri každom previse q v segmente i ($i = 1, 2, 3, 4$) sa výška tienenia na tienenom objekte k určuje podľa nasledujúceho vzorca:

$$h_{k,ovh;q;m} = \sum_{i=1}^4 (w_{ovh;m;i} \cdot h_{k,ovh;q;m;i}) \quad (4.41)$$

$$h_{k,ovh;q;m;i} = \max[0; H_k + H_{0;k} - H_{ovh;q;i} + L_{k,ovh,q;i} \cdot \tan(\alpha_{sol;m;i})] \quad (4.42)$$

kde pre každý zatienený povrch k a každý mesiac m :

- $h_{k,ovh;q;m}$ je výška tieňa od vystupujúcej konštrukcie q na tienenom povrchu k ; ak je v sklone: zvislý priemet, v m,
 $h_{k,ovh;q;m;i}$ je výška tieňa od vystupujúcej konštrukcie q v segmente i na tienenom povrchu k ; ak je v sklone: zvislý priemet, v m,
 $H_{ovh,q;i}$ je výška vystupujúcej konštrukcie (previsu) p v segmente i , ako je uvedené na Obr. 4.10b, v m,
 $L_{k,ovh,q;i}$ je vodorovná vzdialenosť medzi tieneným povrchom k a vystupujúcou konštrukciou q v segmente i , ako je uvedené na Obr. 4.10b, v m,

a kde ostatné premenné sú rovnaké ako v predchádzajúcom vzorci.

Výpočet redukčného faktora tienenia pre priame slnečné žiarenie

Výška tieňa na tienenom povrchu k od všetkých prekážok (obstacles) p , $h_{k,obst;m}$ je najväčšia zo všetkých, pričom ako maximálna hodnota je výška tieneneho objektu:

$$h_{k,obst;m} = \min[H_k; \max_p(h_{k,obst,p;m})] \quad (4.43)$$

Výška tieňa na tienenom povrchu k od všetkých vystupujúcich konštrukcií q , $h_{k,ovh;m}$ je najväčšia zo všetkých, pričom ako maximálna hodnota je výška tieneneho objektu:

$$h_{k,ovh;m} = \min[H_k; \max_q(h_{k,ovh,q;m})] \quad (4.44)$$

Výška zostávajúcej slnkom zaliatej plochy na tienenom povrchu k od všetkých prekážok p a všetkých vystupujúcich konštrukcií q sa rovná:

$$h_{k,sun;m} = \max[0; H_k - (h_{k,obst;m} + h_{k,ovh;m})] \quad (4.45)$$

Šírka tieňa na tienenom povrchu k od všetkých pravých bočných stien r , $w_{k,finr;m}$ je najväčšia zo všetkých, pričom ako maximálna hodnota je šírka tieneneho objektu:

$$w_{k,finr;m} = \min[W_k; \max_r(w_{k,finr,r;m})] \quad (4.46)$$

Šírka tieňa na tienenom povrchu k od všetkých ľavých bočných stien l , $w_{k,finl;m}$ je najväčšia zo všetkých, pričom ako maximálna hodnota je šírka tieneneho objektu:

$$w_{k,finl;m} = \min[W_k; \max_l(w_{k,finl,l;m})] \quad (4.47)$$

Šírka zostávajúcej slnkom zaliatej plochy na tienenom povrchu k od všetkých pravých stien r a všetkých ľavých stien l sa rovná:

$$w_{k,sun;m} = \max[0; W_k - (w_{k,finr;m} + w_{k,finl;m})] \quad (4.48)$$

Napokon, priamy redukčný faktor tienenia tieneneho povrchu pre prekážky, vystupujúce konštrukcie a bočné steny na tienenom povrchu k v časovom intervale m (mesiac) je daný nasledujúcim vzorcom:

$$F_{sh;dir;k;m} = \frac{h_{k,sun;m} \cdot W_{k,sun;m}}{H_k \cdot W_k} \quad (4.49)$$

kde

$F_{sh;dir;k;m}$ je bezrozmerný priamy redukčný faktor tienenia tieneného povrchu k pre všetky tieniace objekty v časovom intervale t ,

H_k je (zvislo premietnutá) výška tieneného povrchu, ako je uvedené na Obr. 4.13 alebo na Obr. 4.14, v m,

W_k je šírka tieneného povrchu, ako je uvedené na Obr. 4.13 alebo na Obr. 4.14, v m.

Tepelný tok spôsobený solárnymi ziskami cez nepriesvitný obalový prvok k , $Q_{H;sol;op;k;m}$ v kWh, v mesiaci m , sa vypočíta podľa nasledujúceho vzorca:

$$Q_{H;sol;op;k;m} = \alpha_{sr;k} \cdot R_{se;k} \cdot U_{c;op;k} \cdot A_{c;k} \cdot F_{sh;obst;k;m} \cdot H_{sol;k;m} - Q_{sky;k;m} \quad (4.50)$$

kde pre každý nepriehľadný prvok k a mesiac m :

$\alpha_{sr;k}$ je bezrozmerný súčiniteľ pohltivosti slnečného žiarenia, získaný z tabuľky A.29, s informatívnymi predvoľbami uvedenými v tabuľke B.29 normy STN EN ISO 52016-1:2021 (viď. Tab. 4.15),

$R_{se;k}$ je odpor pri prestupe tepla na vonkajšom povrchu, $R_{se} = 1/(h_{ce}+h_{re})$, so súčiniteľmi prestupu tepla na vonkajšom povrchu h_{ce} a h_{re} získanými podľa STN EN ISO 13789 (viď. Tab. 4.16), v $m^2 \cdot K/W$,

$U_{c;op;k}$ je súčiniteľ prechodu tepla nepriehľadného prvku k vo $W/(m^2 \cdot K)$,

$A_{c;k}$ je plocha nepriehľadného prvku k , v m^2 .

Tab. 4.15 Súčiniteľ pohltivosti slnečného žiarenia vonkajšími nepriesvitnými povrchmi podľa Tabuľky B.29 normy STN EN ISO 52016-1:2021

Kategória:	
Kategória 1	$\alpha_{sol} = 0,3$ (svetlá farba)
Kategória 2	$\alpha_{sol} = 0,6$ (stredne tmavá farba)
Kategória 3	$\alpha_{sol} = 0,9$ (tmavá farba)

Tab. 4.16 Súčinitele prestupu tepla na povrchu (podľa STN EN ISO 13789)

Súčiniteľ prestupu tepla na povrchu $W/(m^2 \cdot K)$	Smer tepelného toku		
	nahor	vodorovne	nadol
Súčiniteľ prestupu tepla prúdením; vnútorný povrch h_{ci}	5,0	2,5	0,7
Súčiniteľ prestupu tepla prúdením; vonkajší povrch h_{ce}	20	20	20
Súčiniteľ prestupu tepla sálaním; vnútorný povrch h_{ri}	5,13	5,13	5,13
Súčiniteľ prestupu tepla sálaním; vonkajší povrch h_{re}	4,14	4,14	4,14

POZNÁMKA - Hodnoty uvedené pre vnútorný povrch sú vypočítané pre $\varepsilon = 0,9$ s hodnotou hr_0 vyhodnotenou pri $20^\circ C$. Hodnoty uvedené pre vonkajší povrch sú vypočítané pre $\varepsilon = 0,9$; hr_0 vyhodnotenou pri $10^\circ C$, a pre $v = 4m/s$.

Tepelné žiarenie voči oblohe

Mesačný dodatočný tepelný tok spôsobený tepelným žiarením voči oblohe, $Q_{sky;k;m}$, sa pre konkrétny stavebný prvok k na telovýmennom obale budovy, v mesiaci m , v kWh, vypočíta podľa nasledujúceho vzorca:

$$Q_{sky;k;m} = 0,001 \cdot F_{sky;k} \cdot R_{se;k} \cdot U_{c;k} \cdot A_{c;k} \cdot h_{lr;e;k} \cdot \Delta\theta_{sky;m} \cdot \Delta t_m \quad (4.51)$$

kde pre každý prvok k a mesiac m :

- $F_{sky;k}$ je pohľadový faktor (the view factor) medzi prvkom a oblohou, ktorý sa získa z tabuľky A.30, informatívne predvoľby sú uvedené v tabuľke B.30 STN EN ISO 52016-1:2021 (viď. Tab. 4.17),
- $R_{se;k}$ je odpor pri prestupe tepla na vonkajšom povrchu prvku k , $R_{se} = 1/(h_{ce}+h_{re})$, so súčiniteľmi prestupu tepla na vonkajšom povrchu h_{ce} a h_{re} získanými podľa STN EN ISO 13789 (viď. Tab. 4.16), v $m^2.K/W$,
- $U_{c;op;k}$ je súčiniteľ prechodu tepla prvku k vo $W/(m^2.K)$,
- $A_{c;k}$ je plocha prvku k , v m^2 ,
- $h_{lr,e;k}$ súčiniteľ prestupu tepla dlhovlnným sálaním na vonkajšom povrchu, vo $W/(m^2.K)$ získaný z STN EN ISO 13789,
- $\Delta\theta_{sky,m}$ priemerný rozdiel medzi zdanlivou teplotou oblohy a teplotou vzduchu v K, získanou z tabuľky A.31, informatívne predvoľby sú uvedené v tabuľke B.31 podľa STN EN ISO 52016-1:2021 (viď. Tab. 4.2),
- Δt_m dĺžka trvania mesiaca m , získaná z príslušnej normy EHB podľa modulu M1-13.

Tab. 4.17 Faktor zobrazenia oblohy podľa Tabuľky B.30 normy STN EN ISO 52016-1:2021

	Netienená vodorovná strecha	Netienená zvislá stena
F_{sky}	1,0	0,5

Tab. 4.2 Rozdiel medzi vonkajšou teplotou vzduchu a teplotou oblohy podľa Tabuľky B.31 normy STN EN ISO 52016-1:2021

Klimatická oblasť	Subpolárne oblasti	Tropické oblasti	Oblasti s miernym podnebiem
$\Delta\theta_{sky,m}$ (K)	9	13	11

Vnútoraná efektívna tepelná kapacita zóny

Vnútoraná efektívna tepelná kapacita zóny sa líši od tepelnej kapacity pri hodinovej metóde. Pri hodinovej metóde existujú dva „druhy“ tepelnej kapacity:

- tepelná kapacita vnútorného prostredia tepelnej zóny ako takej, pozostávajúca zo vzduchu plus nábytku, a
- tepelná kapacita každého stavebného prvku, rozdelená na vrstvy (uzly).

Pri mesačnej metóde efektívna kapacita kombinuje tepelnú kapacitu vnútorného prostredia a tepelnú kapacitu stavebných prvkov do jedného agregovaného množstva, pričom z tepelnej kapacity stavebných prvkov sa berie do úvahy len tá časť, ktorá je „videná zvnútra“.

Jednoduchá metóda

Tab. 4.3 obsahuje triedy konštrukčných typov s predvoľbami pre vnútornú tepelnú kapacitu.

Tab. 4.3 Predvoľby hodnôt vnútornej efektívnej tepelnej kapacity

Trieda	Mesačná metóda $C_{m,int,eff,ztc}$ J/K
Veľmi ľahké	80 000 x $A_{use,ztc}$
Ľahké	110 000 x $A_{use,ztc}$
Stredné	165 000 x $A_{use,ztc}$
Ťažké	260 000 x $A_{use,ztc}$
Veľmi ťažké	370 000 x $A_{use,ztc}$

kde

$A_{use;ztc}$ je úžitková podlahová plocha tepelnej zóny ztc , v m^2 .

Na výpočet faktora využitia tepelných ziskov sa stanoví časová konštanta budovy určením hodnoty tepelnej kapacity budovy podľa STN EN ISO 52016-1. Zaradenie budovy podľa priemernej plošnej hmotnosti stavebných konštrukcií sa vykoná podľa Tab. 4.4.

Tab. 4.4 Typy budov podľa stavebných konštrukcií - kategórie na určenie vnútornej tepelnej kapacity podľa STN 73 0540-2+Z1+Z2:2019

Typ konštrukcie budovy	Opis stavebnej konštrukcie
Veľmi ľahká $m' \leq 15 \text{ kg/m}^2$	Ľahká nosná konštrukcia s ľahkým obvodovým plášťom a ľahkými deliacimi konštrukciami
Ľahká $15 \text{ kg/m}^2 < m' \leq 75 \text{ kg/m}^2$	Ľahký obvodový plášť s drevenou alebo inou ľahkou skeletovou nosnou konštrukciou, sadrokartónové priečky
Stredne ťažká $75 \text{ kg/m}^2 < m' \leq 150 \text{ kg/m}^2$	Ťažké masívne drevené konštrukcie, murované nosné konštrukcie z ľahčených dierovaných tehál, skeletové železobetónové konštrukcie s obvodovým plášťom a priečkami murovanými z dierovaných tehál, pórobetónu a iných ľahčených betónov alebo zo sadrokartónu, s vnútornými povrchmi z kobercov, s podhladmi alebo plošné železobetónové konštrukcie s textilnými nášľapnými vrstvami a s podhladmi a s prevažne veľkými miestnosťami nad 20 m^2
Ťažká $150 \text{ kg/m}^2 < m' \leq 300 \text{ kg/m}^2$	Murované z plnej pálenej tehly, plošná železobetónová konštrukcia so železobetónovými stropmi a vnútornými priečkami, aj ak sú podlahy prevažne zakryté textilnými nášľapnými vrstvami, ale miestnosti sú väčšinou malé, do 20 m^2
Veľmi ťažká $m' \geq 300 \text{ kg/m}^2$	Ťažké plošné železobetónové konštrukcie bez povrchovej úpravy a zakrytia (koberce)

Faktory využitia (Utilization factors)

V mesačnej metóde sa dynamické účinky zohľadňujú zavedením faktora využitia zisku pre režim vykurovania (gain utilization factor for heating). Vplyv zotrvačnosti v prípade prerušovaného vykurovania alebo v prípade vypnutia sa zohľadňuje oddelene.

Faktor využitia tepelných ziskov pre režim vykurovania (gain utilization factor for heating)

Bezrozmerný faktor využitia tepelných ziskov pre obdobie vykurovania $\eta_{H,gn}$, je funkciou faktora pomeru tepelnej bilancie pre režim vykurovania γ_H a číselného parametra α_H , ktorý závisí od zotrvačnosti budovy. Vypočíta sa pre každú zónu a pre každý mesiac podľa nasledujúcich vzorcov:

$$ak \gamma_{H;ztc;m} > 0 \quad a \quad \gamma_H \neq 1 \quad \eta_{H;gn;ztc;m} = \frac{1 - (\gamma_{H;ztc;m})^{\alpha_{H;ztc;m}}}{1 - (\gamma_{H;ztc;m})^{(\alpha_{H;ztc;m}+1)}} \quad (4.52)$$

$$ak \gamma_{H;ztc;m} = 1 \quad \eta_{H;gn;ztc;m} = \frac{\alpha_{H;ztc;m}}{\alpha_{H;ztc;m} + 1} \quad (4.53)$$

$$ak \gamma_{H;ztc;m} \leq 0 \quad a \quad Q_{H;gn;ztc;m} > 0 \quad \eta_{H;gn;ztc;m} = \frac{1}{\gamma_{H;ztc;m}} \quad (4.54)$$

$$ak \gamma_{H;ztc;m} \leq 0 \quad a \quad Q_{H;gn;ztc;m} \leq 0 \quad \eta_{H;gn;ztc;m} = 1 \quad (4.55)$$

$$\gamma_{H;ztc;m} = \frac{Q_{H;gn;ztc;m}}{Q_{H;ht;ztc;m}} \quad (4.56)$$

kde pre každú tepelne upravovanú zónu ztc a mesiac m :

$\gamma_{H;ztc;m}$ je bezrozmerný pomer tepelnej bilancie pre režim vykurovania,

$\alpha_{H;ztc;m}$ je bezrozmerný číselný parameter, určený podľa vzorca (4.57),

$Q_{H;ht;ztc;m}$ je celkový prenos tepla pre režim vykurovania (total heat transfer for the heating) v kWh podľa (4.8),

$Q_{H;gn;ztc;m}$ sú celkové tepelné zisky pre režim vykurovania (total heat gains for the heating) v kWh podľa (4.9).

Bezrozmerný numerický parameter $\alpha_{H;ztc;m}$ sa vypočíta podľa vzorca (4.57):

$$\alpha_{H;ztc;m} = \alpha_{H;0} + \frac{\tau_{H;ztc;m}}{\tau_{H;0}} \quad (4.57)$$

kde pre každú tepelne upravovanú zónu ztc a mesiac m :

$\alpha_{H;0}$ je bezrozmerný referenčný číselný parameter, určený podľa tabuľky A.34, informatívne predvoľby sú uvedené v tabuľke B.34 STN EN ISO 52016-1:2021 (viď. Tab. 4.5),

$T_{H;ztc;m}$ časová konštanta zóny pre režim vykurovanie vypočítaná podľa vzorca (4.58), v h,

$T_{H;0}$ referenčná časová konštanta, v h, určená podľa tabuľky A.34, informatívne predvoľby sú uvedené v tabuľke B.34 STN EN ISO 52016-1:2021 (viď. Tab. 4.5).

Tab. 4.5 Hodnoty referenčného číselného parametra $\alpha_{H;0}$ a referenčnej časovej konštanty $\tau_{H;0}$ pre výpočet faktora využitia tepelných ziskov podľa Tabuľky B.34 normy STN EN ISO 52016-1:2021

$\alpha_{H;0}$	$T_{H;0}$ h
1,0	15

Vo výnimočných prípadoch môžeme dôjsť k záporným tepelným ziskom v prípade malých solárnych a vnútorných ziskov v kombinácii so zápornými ziskami zo sálania voči oblohe. S faktorom využitia tepelných ziskov nastaveným na 1 sa záporné zisky pridajú k stratám bez zníženia. Ak je hodnota faktora bezrozmerného pomeru tepelnej bilancie záporná kvôli negatívne celkovému mernému prenosu tepla, potreba tepla na vykurovanie je nulová, čo je prípad

$$\eta_{H;gn;ztc;m} = \frac{1}{\gamma_{H;ztc;m}}.$$

Faktor využitia ziskov je definovaný nezávisle od charakteristík vykurovacieho systému, za predpokladu dokonalej regulácie teploty a nekonečnej flexibility. Pomaly reagujúci vykurovací systém a menej ako dokonalý riadiaci systém môžu významne ovplyvniť využitie tepelných ziskov.

Časová konštanta zóny

Časová konštanta tepelne upravovanej zóny ztc , τ , v hodinách, charakterizuje vnútornú tepelnú zotrvačnosť upravovanej zóny. Môže sa líšiť medzi výpočtami vykurovania a chladenia a môže sa líšiť od mesiaca po mesiac v závislosti od premenných, najmä H_{tr} a H_{ve} . Vypočíta sa pomocou nasledujúceho vzorca:

$$\tau_{H;ztc;m} = \frac{C_{m;eff;ztc} / 3600}{H_{H;tr(exl.grfl);ztc;m} + H_{H;gr;adj;ztc} + H_{H;ve;ztc;m}} \quad (4.58)$$

kde pre každú tepelne upravovanú zónu ztc a mesiac m :

$C_{m;eff;ztc}$ je efektívna vnútorná tepelná kapacita zóny, ako je uvedené v Tab. 4.3, v J/K,

$H_{H;tr(exl.grfl);ztc;m}$ je celkový merný tepelný tok prechodom na vykurovanie s výnimkou prvkov/konštrukcií v kontakte so zeminou, podľa vzorca (4.11), vo W/K,

$H_{H;gr;adj;ztc}$ sezónny priemerný celkový merný tepelný tok cez prvky/konštrukcie v kontakte so zeminou, za vykurovaciu sezónu, upravený pre sezónny teplotný rozdiel, získaný z ISO 13789, vo W/K,

$H_{H;ve;ztc;m}$ celkový merný tepelný tok vetraním na vykurovanie podľa vzorca (4.18), vo W/K.

4.2 Systém prípravy teplej vody

Úlohou systému prípravy teplej vody v školských budovách je zabezpečenie potrebného množstva teplej vody a jej dodanie na príslušné odberné miesta. Jedná sa teda o ohrev pitnej vody na požadovanú teplotu a jej distribúciu na odberné miesta v budove, ktorými sú výtokové armatúry teplej vody. Spôsobov prípravy teplej vody aj vo vzťahu k odberným miestam je niekoľko, ale v zásade môžeme hovoriť o:

- **Lokálnej príprave teplej vody** – kde ohrev pitnej vody sa uskutočňuje priamo na odbernom mieste. Príkladom je elektrický prietokový ohrievač umiestnený na výtokovej zmiešavacej batérii, alebo elektrický zásobníkový ohrievač vody umiestnený pod stropom alebo na podlahe miestnosti, kde sa priamo nachádzajú odberné miesta teplej vody (umývadlá),
- **Centrálnej príprave teplej vody** – kedy je v budove použitý zásobník(y) teplej vody, ktoré sú umiestnené v centrálnej miestnosti (kotelni) a teplá voda z nich je potrubnými rozvodmi dopravovaná na jednotlivé odberné miesta v budove,
- **Centralizovanej príprave teplej vody** – kde príprava teplej vody sa uskutočňuje v tzv. kompaktných odovzdávacích staniách tepla (KOST) napojených na teplovodné rozvody či už mestskej teplárne alebo kotelne, určenej pre zásobovanie menšieho počtu objektov v danej lokalite. Súčasťou KOST sú výmenníky tepla, kde sa studená voda ohrieva na teplú vodu, pričom pre tento účel využíva tepelnú energiu dodávanú prostredníctvom vykurovacej vody z teplovodných rozvodov.

Faktorov, ktoré ovplyvňujú výber spôsobu prípravy a dodávky teplej vody v školskej budove je viacero, či už sa jedná o výšku vstupnej investície, výšku prevádzkových nákladov, alebo úroveň energetickej triedy systému.

Obr. 4.12 Všeobecná schéma základných prvkov systému prípravy teplej vody




Poznámka: Každý systém pozostáva z niekoľkých základných prvkov, ktoré v závislosti od zvoleného spôsobu prípravy teplej vody sú alebo nie sú jeho súčasťou. V tomto prípade je zvolený spôsob centrálnej prípravy teplej vody v budove. Dodávku tepelnej energie pre ohrev pitnej vody v zásobníku teplej vody zabezpečuje zdroj tepla (napr. elektrické tepelné čerpadlo). Pripravená teplá voda je následne distribuovaná potrubnými rozvodmi až k odbernému miestu (umývadlo).

Zdroj: M. Kováč

Energetické požiadavky systému prípravy teplej vody spoločne s ostatnými miestami spotreby energie (vykurovanie, nútené vetranie a chladenie, osvetlenie) priamo ovplyvňujú celkovú potrebu energie budovy, následne dodanú energiu a na konci primárnu energiu budovy. Tá je ukazovateľom energetickej hospodárnosti celej budovy. Už od 1. januára 2021 máme povinnosť projektovať budovy s takmer nulovou potrebou energie a teda budovy v energetickej triede A0. Okrem stanovenia energetickej triedy budovy sa určuje aj energetická trieda hodnoteného systému a teda v tomto prípade systému prípravy teplej vody, ktorá sa môže pohybovať na škále od A po G. Úroveň energetickej triedy tak vypovedá o kvalite navrhnutého systému prípravy teplej vody a to z hľadiska energetickeho. Úlohou projektanta systému prípravy teplej vody je navrhnuť najefektívnejší systém, ktorý bude hodnotený tou najlepšou energetickou triedou, čím sa vytvoria predpoklady k tomu, že aj celá budova bude na konci výpočtu zaradená do energetickej triedy A0.

Tab. 4.13 Škála energetických tried pre potrebu energie na prípravu teplej vody

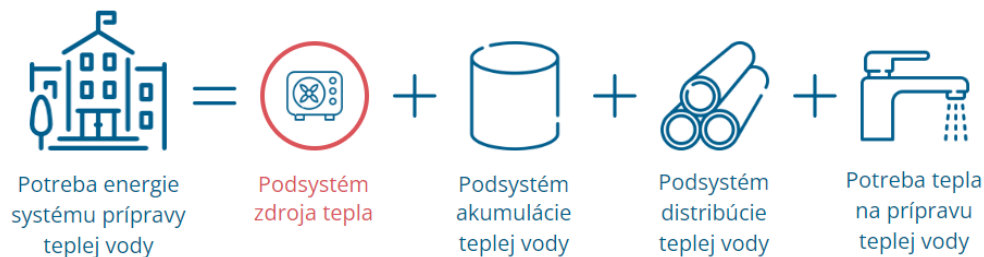
Miesto spotreby	Kategória budov	Trieda energetickej hospodárnosti budovy						
		A	B	C	D	E	F	G
	Školské budovy	≤ 6	7 - 12	13 - 18	19 - 24	25 - 30	31 - 36	> 36

Poznámka: Hodnoty uvedené v tabuľke sú vyjadrené v kWh/(m². a)

Zdroj: Vyhláška č. 35/2020 Z.z. Ministerstva dopravy a výstavby Slovenskej republiky

Pri stanovovaní potreby energie systému prípravy teplej vody je potrebné vyčísliť energetické požiadavky jeho jednotlivých podsystémov. Základom je tzv. potreba tepla na prípravu teplej vody, ktorá predstavuje množstvo energie (tepla) potrebného na ohriatie pitnej vody a to na požadovanú teplotu. Z toho vyplýva, že toto množstvo energie je paralelne možné znížiť nižšou spotrebou samotnej teplej vody alebo zabránením zbytočnému prehrievaniu teplej vody na vysokú teplotu. Ďalším v poradí je podsystém distribúcie teplej vody, kde sa počítajú tepelné straty z potrubných rozvodov teplej vody a množstvo elektrickej energie potrebnej na prevádzku cirkulačného čerpadla v prípade, že je v systéme použitý aj okruh cirkulácie teplej vody. Minimalizovať energetické požiadavky v tomto prípade je priamo možné použitím tepelných izolácií v dostatočnej hrúbke, minimalizovaním vzdialenosti odberných miest od zásobníka teplej vody, používaním moderných cirkulačných čerpadiel s nízkou spotrebou elektrickej energie a s časovačom resp. termostatom. V prípade, že sa v systéme nachádza zásobník teplej vody, je potrebné vypočítať energetické požiadavky tzv. podsystému akumulácie teplej vody, kde teda dochádza k tepelným stratám cez obal samotného zásobníka. Teplá voda v priebehu času chladne a je potrebné ju opätovne dohrievať na požadovanú teplotu. Minimalizovať energetické straty tohto podsystému je možné použitím dostatočne tepelne izolovaného zásobníka a nastavením optimálnej teploty teplej vody v zásobníku. Miera tepelných strát zásobníka je daná aj jeho veľkosťou, resp. veľkosťou teplovýmennnej plochy. Malý zásobník teplej vody bude vykazovať nižšie tepelné straty v porovnaní s veľkým zásobníkom. Avšak nedostatočná veľkosť objemu zásobníka v budove môže spôsobiť problémy s dodávkou teplej vody na odberných miestach, čo sa prejaví znížením komfortom užívateľov budovy, ktorí pri použití výtokovej armatúry nemusia vždy mať dostatočnú teplotu teplej vody. Na druhej strane príliš veľký zásobník alebo vyšší počet zásobníkov v budove navyšuje energetické požiadavky celého systému. Je preto nutné nájsť optimálne riešenie tohto podsystému. Posledným podsystémom je podsystém zdroja tepla, kde sa hodnotí efektívnosť jeho prevádzky.

Obr. 4.13 Grafické znázornenie postupu pre stanovenie potreby energie systému prípravy teplej vody

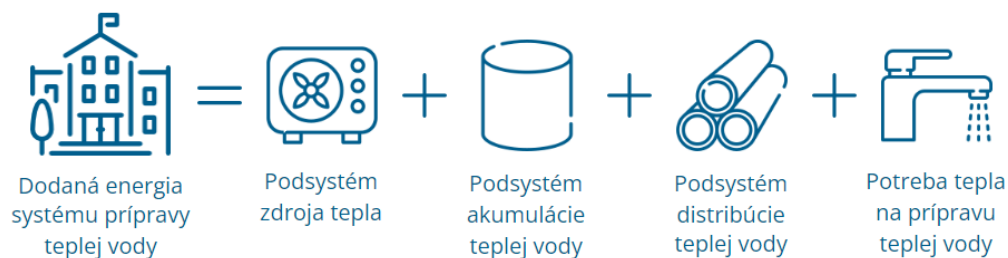


Poznámka: Efektívnosť prevádzky zdroja tepla sa nezohľadňuje v potrebe energie systému prípravy teplej vody a preto je tento podsystém zvýraznený červenou farbou na obrázku. Samotná prevádzka zdroja tepla a teda jeho efektívnosť sa započítava až do dodanej energie systému prípravy teplej vody.

Zdroj: M. Kováč

To, že sa efektívnosť prevádzky zdroja tepla nezohľadňuje v potrebe energie systému prípravy teplej vody je úplne v poriadku a vyplýva to aj z významu samotného slova „potreba“. Systém resp. jeho jednotlivé podsystemy majú určité energetické požiadavky, ktoré musia byť kryté energiou, aby na konci tohto reťazca, ktorým je výtoková armatúra, bola teplá voda o dostatočnom množstve, prietoku a teplote. Hovoríme preto o potrebe energie systému, v tomto prípade systému prípravy teplej vody. Aby použitý zdroj tepla v systéme mohol pokryť spomínané energetické požiadavky, musí spotrebovať určité množstvo energie (paliva), resp. inak povedané, musí mu byť dodaná energia (palivo). A preto sa efektívnosť prevádzky zdroja tepla počíta až do tzv. dodanej energie systému prípravy teplej vody. Jedná sa o efektívnosť transformácie energie viazanej v energetickom nosiči (palivo), ktorým môže byť elektrická energia, biomasa alebo zemný plyn na energiu tepelnú. To sú teda zásadné rozdiely medzi potrebou energie systému prípravy teplej vody a dodanou energiou systému prípravy teplej vody (terminológia).

Obr. 4.14 Grafické znázornenie postupu pre stanovenie dodanej energie systému prípravy teplej vody

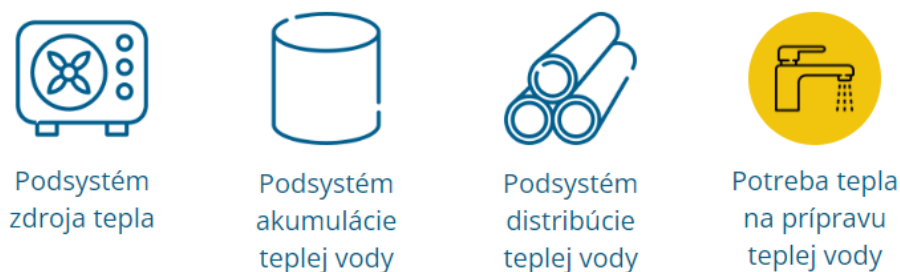


Poznámka: Efektívnosť prevádzky zdroja tepla sa zohľadňuje v dodanej energii systému prípravy teplej vody. Každý zdroj tepla je charakterizovaný svojou efektívnosťou transformácie použitého energetického nosiča (palivo) na tepelnú energiu.

Zdroj: M. Kováč

4.2.1 Potreba tepla na prípravu teplej vody

Obr. 4.15 Systém prípravy teplej vody – potreba tepla na prípravu teplej vody



Zdroj: M. Kováč

Koncové prvky systému prípravy teplej vody (zmiešavacie batérie) predstavujú odberné miesta teplej vody. Spotreba teplej vody je v prvom rade priamo závislá od samotného užívateľa, ktorý je zodpovedný za čas, počas ktorého teplá voda vyteká z armatúry a taktiež za intenzitu (sila prúdu), s akou teplá voda z vodovodnej batérie vyteká. Samotné množstvo teplej vody je teda možné znížiť racionálnym správaním sa samotných užívateľov budovy. Okrem toho, k redukcii spotreby teplej vody napomáhajú aj samotné výtokové armatúry a to svojou konštrukciou resp. typom perlátora, ktorý dokáže obmedziť množstvo vody na výtok a zachovať pritom požadovanú intenzitu prúdu vody. Používanie klasických 2 kohútikových zmiešavacích batérií je v súčasnosti veľmi nevhodné a to vzhľadom na fakt, že časový úsek, počas ktorého užívateľ nastavuje (otáča kohútikom) množstvo teplej a studenej vody, predstavuje zbytočnú stratu vody.

Samozrejme kvôli dizajnu sa takéto armatúry používajú aj v dnešnej dobe, avšak s konštrukčnými vylepšeniami. Jedná sa napr. o 2 kohútikové zmiešavacie termostatické batérie, kde teda jedným kohútikom užívateľ nastavuje (zmiešava studenú a teplú vodu) teplotu vody a druhým kohútikom určuje silu prúdu, s akou voda z batérie vyteká. To je úspora času a teda aj úspora vody, či už teplej alebo studenej. V súčasnosti najviac rozšírenými zmiešavacími batériami sú tzv. pákové zmiešavacie batérie, ktorých hlavnou výhodou je rýchlejšie a pre užívateľa jednoduchšie nastavenie požadovanej teploty a intenzity vody na výtoku z batérie. Ich malou nevýhodou je, že pokiaľ dochádza ku kolísaniu tlaku vody v rozvodoch teplej a studenej vody alebo keď užívateľ zmení intenzitu prúdu, prejaví sa to kolísaním teploty vody na výtoku z takejto batérie, čo predstavuje pre užívateľa určitý diskomfort. Z týchto vyššie uvedených hľadísk je možné za najhospodárnejšie výtokové armatúry označiť tzv. termostatické zmiešavacie batérie. Výhodou termostatického článku v zmiešavacej batérii je fakt, že batéria si udržuje teplotu vody nastavenú užívateľom a to aj v prípade, že užívateľ často mení silu prúdu vody. A v neposlednom rade zohráva dôležitú úlohu v spotrebe teplej vody (a nielen teplej, ale aj studenej vody) samotný perlátor. Veľkosť a počet otvorov v samotnom perlátore určuje množstvo spotrebovanej vody. Vo všetkých vyššie spomínaných prípadoch sa jedná o mechanicky ovládané vodovodné batérie. V školských budovách je z hľadiska hygienického vhodnejšie voliť vodovodné batérie ovládané senzorom pohybu rúk, čím sa minimalizuje fyzický kontakt osoby s povrchom samotnej batérie a redukuje prenos baktérií. Potreba tepla na prípravu teplej vody predstavuje množstvo tepla (energie), ktoré je potrebné dodať určitému množstvu vody za účelom dosiahnutia požadovanej teploty. Množstvo tepla na prípravu (ohrev) je teda priamo závislé od spotreby teplej vody v budove a aj od teploty, na ktorú sa ohrieva. Znížiť potrebu tepla je teda možné racionálnou spotrebou teplej vody (neponechávať pootvorenú výtokovú batériu, ak to nie je potrebné) a taktiež správnym nastavením požadovanej teploty teplej vody pri jej príprave napr. v zásobníku teplej vody (zbytočne neprehrievať – neudržiavať vysokú teplotu vody, netýka sa to pravidelnej termickej dezinfekcie zásobníka).

Tab. 4.22 Referenčné hodnoty ročnej potreby tepla na prípravu teplej vody

Kategória budovy	Potreba tepla na prípravu teplej vody [kWh/(m ² .rok)]
Školské budovy	10

Poznámka: Tabuľka uvádza referenčnú ročnú hodnotu potreby tepla na prípravu teplej vody, vyjadrenú na 1 m² podlahovej plochy školskej budovy.

Zdroj: Vyhláška č. 35/2020 Z.z. Ministerstva dopravy a výstavby Slovenskej republiky

4.2.2 Podsystem distribúcie teplej vody

Obr. 4.16 System prípravy teplej vody – podsystem distribúcie teplej vody



Podsystem zdroja tepla



Podsystem akumulácie teplej vody



Podsystem distribúcie teplej vody



Potreba tepla na prípravu teplej vody

Zdroj: M. Kováč

Podsystem distribúcie teplej vody tvoria potrubné rozvody medzi zásobníkom teplej vody a koncovými prvkami systému prípravy teplej vody, ktorými sú výtokové armatúry teplej vody (zmiešavacie batérie). Potrubnými rozvodmi prúdi teplá voda a keďže jej teplota je vyššia ako teplota okolitého prostredia, dochádza k tepelnému toku medzi dvoma prostrediami, ktoré od seba oddeľuje stena potrubia. Miera tepelného toku je priamo závislá od teplotného rozdielu vody v potrubí a okolitým prostredím, ďalej od tepelno technických vlastností samotného potrubia resp. tepelnej izolácie na potrubí, a aj od veľkosti potrubia (priemer a dĺžka). Potrubné rozvody teplej vody môžu byť vedené vykurovanými resp. nevykurovanými časťami budovy alebo aj mimo samotnú budovu (príprava teplej vody v susednej budove, kde sa nachádza centrálna kotolňa). Vyhnúť sa teda existencii tepelných strát nie je možné úplne, až na niektoré výnimky ako napr. použitie lokálnych elektrických prietokových ohrievačov priamo v mieste odberu teplej vody (ohrievač v mieste zmiešavacej batérie alebo v jej tesnej blízkosti). Snahou a v podstate aj úlohou projektanta zdravotníckej techniky je navrhnúť takú potrubnú sieť, ktorá bude vykazovať minimálne tepelné straty. Ako to dosiahnuť? Faktory ovplyvňujúce mieru tepelného toku sú známe a preto je nutné venovať zvýšenú pozornosť návrhu potrubnej trasy, čo sa týka dĺžky a miesta vedenia trasy. Súčasne je potrebné do projektu uviesť a pri realizácii stavby aj dodržať predpísaný typ a rozmer (hrúbka) tepelnej izolácie na potrubíach teplej vody a cirkulačných potrubíach teplej vody. Úlohou podsystemu distribúcie teplej vody je teda stanoviť energetické (tepelné) straty z potrubných rozvodov teplej vody.

4.2.3 Podsystem akumulácie teplej vody

Obr. 4.17 System prípravy teplej vody – podsystem akumulácie teplej vody

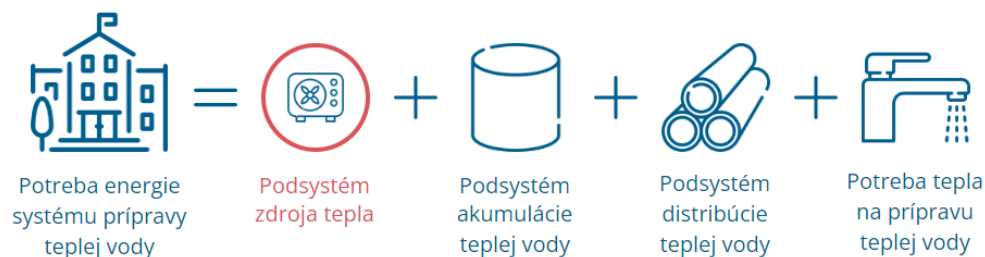


Zdroj: M. Kováč

Podsystem akumulácie teplej vody je predmetom hodnotenia v prípade, že sa jedná o tzv. zásobníkovú prípravu teplej vody. Či už ide o priamo ohrievaný alebo nepriamo ohrievaný zásobník teplej vody, tento akumuluje v sebe určité množstvo teplej vody, ktorej teplota je vyššia ako teplota okolia a z toho dôvodu je potrebné počítať s tepelnými stratami do okolia. Miera tepelného toku je podobne ako v prípade tepelných strát z potrubných rozvodov závislá od tepelno technických vlastností zásobníka, resp. od typu a hrúbky tepelnej izolácie, ďalej od objemu vody v nádrži resp. od veľkosti teplo výmennej plochy a od teplotného rozdielu medzi teplotou vody v nádrži a okolitým vzduchom. Úlohou podsystemu akumulácie tepla je teda stanoviť energetické (tepelné) straty zo zásobníka.

4.2.4 Potreba energie systému prípravy teplej vody


Obr. 4.18 Potreba energie systému prípravy teplej vody



Zdroj: M. Kováč

Výpočet potreby energie systému prípravy teplej vody zohľadňuje energetické straty (požiadavky) jednotlivých podsystémov okrem podsystému zdroja tepla. Ten sa zohľadňuje až pri výpočte dodanej energie systému prípravy teplej vody. Potreba energie vyjadruje vlastne množstvo energie, ktoré musí zdroj tepla vyprodukovať na výstupnej strane, aby bol schopný pokryť energetické požiadavky jednotlivých podsystémov systému prípravy teplej vody, ktoré nasledujú za samotným zdrojom tepla. V prípade, že súčasťou systému prípravy teplej vody je obnoviteľný zdroj energie (napr. slnečný teplovodný kolektor), je potrebné jeho energetický zisk taktiež započítať do potreby energie systému prípravy teplej vody. Výsledná hodnota potreby energie systému prípravy teplej vody sa následne prepočíta na 1 m² podlahovej plochy. Vypočítaný údaj sa porovná so škálou energetických tried pre potrebu energie na prípravu teplej vody (Tab. 4.23) a teda sa určí výsledná energetická trieda systému prípravy teplej vody.

Tab. 4.23 Škála energetických tried pre potrebu energie na prípravu teplej vody

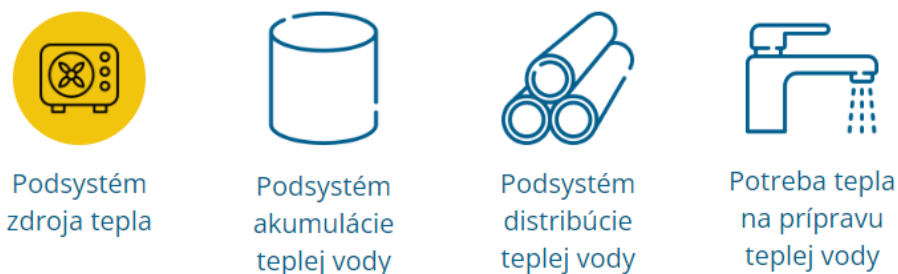
Miesto spotreby	Kategória budov	Trieda energetickej hospodárnosti budovy						
		A	B	C	D	E	F	G
	Školské budovy	≤ 6	7 - 12	13 - 18	19 - 24	25 - 30	31 - 36	> 36

Poznámka: Hodnoty uvedené v tabuľke sú vyjadrené v kWh/(m². a)

Zdroj: Vyhláška č. 35/2020 Z.z. Ministerstva dopravy a výstavby Slovenskej republiky

4.2.5 Podsystem zdroj tepla



Obr. 4.19 System prípravy teplej vody – podsystém zdroja tepla



Zdroj: M. Kováč

Produkcia tepla potrebného na prípravu (ohrev) teplej vody, prebieha v samotnom zdroji tepla, kde dochádza k transformácii energie viazanej v energetickom nosiči (elektrická energia, drevo, peletky a podobne) na teplo. Úlohou podsystemu zdroja tepla je teda stanoviť energetické straty, ktoré vznikajú prevádzkou zdroja tepla na prípravu teplej vody – hovoríme o efektívnosti prevádzky zdroja tepla. Zaujímavú skupinu tvoria elektrické tepelné čerpadlá, ktoré vďaka kompresorovému procesu dosahujú hodnoty koeficientu hospodárnosti tzv. COP vyššie ako 100 %. Ich výhodou je nízka spotreba elektrickej energie, čiže množstvo dodanej energie do tepelného čerpadla je nižšie ako množstvo energie v podobe tepla na výstupe z tepelného čerpadla. Je to dané vlastnosťami chladiva v kompresorovom okruhu, ktoré sa dokáže odparovať aj pri nízkych teplotách. Energiu k tomu využíva tepelné čerpadlo napr. z okolitého vzduchu, alebo zo studňovej vody alebo využíva energetický potenciál zo zeme (pôda, vrty). V podstate elektrická energia je potrebné iba na chod kompresora, a samozrejme ďalšej regulačnej a riadiacej techniky. V prípade zdrojov tepla, akými sú kotle, ktoré spaľujú tuhé alebo plyné palivá, či už sa jedná o biomasu alebo zemný plyn, hovoríme o tzv. účinnosti zdroja tepla. Účinnosť zariadenia sa počas prevádzky pohybuje pod hodnotou 100 %. Znamená to, že v podsysteme zdroja tepla vznikajú energetické straty pri transformácii vstupného paliva a je teda potrebné množstvo energie na vstupe do zdroja tepla navýšiť, aby bolo možné pokryť energetické požiadavky ostatných podsystemov systému prípravy teplej vody, ktoré nasledujú za samotným zdrojom tepla.

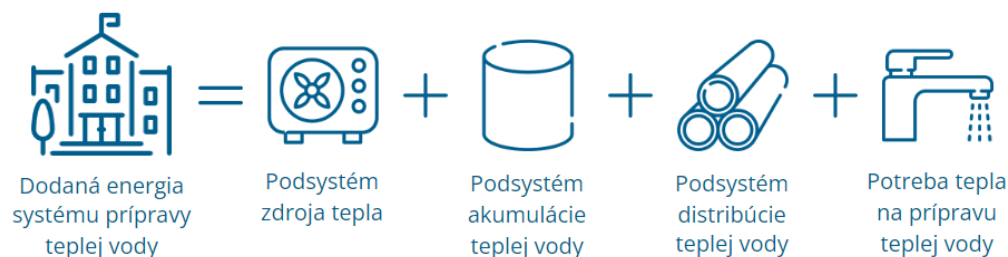
Tab. 4.24 Faktory využitia energie pre rôzne zdroje tepla a energetické nosiče

Energetický nosič	Spôsob transformácie	Faktor využitia energie
		f_{gn}
Elektrina	Elektrické vykurovanie	99%
	Elektrický ohrev pitnej vody	99%
	Tepelné čerpadlo vzduch-voda / radiátorové vykurovanie	260%
	Tepelné čerpadlo vzduch-voda / nízkoteplotné vykurovanie	290%
	Tepelné čerpadlo vzduch-vzduch / (vzduch sa ohrieva do 35°C)	290%
	Tepelné čerpadlo zem-voda / radiátorové vykurovanie	290%
	Tepelné čerpadlo zem-voda / nízkoteplotné vykurovanie	340%
	Tepelné čerpadlo voda-voda / radiátorové vykurovanie	340%
	Tepelné čerpadlo voda-voda / nízkoteplotné vykurovanie	390%
	Tepelné čerpadlo voda od 18°C-voda / radiátorové vykurovanie	400%
Tepelné čerpadlo voda od 18°C-voda / nízkoteplotné vykurovanie	440%	
Drevené peletky	Kotol na biomasu	86%
Drevná štiepka	Kotol na biomasu	78%
Kusové drevo	Kotol na biomasu	70%
	Kotol na biomasu so splyňovaním	83%
Zemný plyn	Štandardný kotol - starý	83-89%
	Štandardný kotol - nový	89-90%
	Nízkoteplotný kotol	90-93%
	Kondenzačný kotol	97-105%
	Plynové tepelné čerpadlo vzduch-voda / radiátorové vykurovanie	140%
	Plynové tepelné čerpadlo vzduch-voda / nízkoteplotné vykurovanie	150%

Zdroj: Vyhláška č. 324/2016 Z.z. Ministerstva dopravy, výstavby a regionálneho rozvoja Slovenskej republiky

4.2.6 Dodaná energia systému prípravy teplej vody

Obr. 4.20 Dodaná energia systému prípravy teplej vody



Zdroj: M. Kováč

Pri výpočte dodanej energie systému prípravy teplej vody sa zohľadňujú energetické požiadavky všetkých podsystemov systému prípravy teplej vody, a teda aj podsystem zdroja tepla. Dodaná energia vyjadruje vlastne množstvo energie, ktoré musí byť do zdroja tepla dodané na vstupe, aby zdroj tepla bol schopný pokryť energetické požiadavky jednotlivých podsystemov systému prípravy teplej vody, ktoré nasledujú za ním. Hodnota dodanej energie sa použije na výpočet primárnej energie, ktorá sa stanoví na základe konverzných faktorov primárnej energie pre jednotlivé energetické nosiče a v závislosti od použitého zdroja tepla.

4.3 Systém vykurovania

Úlohou systému vykurovania v budove je zabezpečenie dostatočného množstva tepelnej energie na dosiahnutie a udržanie požadovanej teploty vo vykurovaných priestoroch počas zimných mesiacov. Jedná sa teda o prenos tepelnej energie zo zdroja tepla cez potrubné rozvody až ku koncovým prvkom, zabezpečujúcim prenos tepla do okolitého priestoru. Z hľadiska lokalizácie zdroja tepla vo vzťahu k vykurovaným priestorom môžeme hovoriť o:

- **Lokálnom vykurovaní** – kde zdroj tepla určený na vykurovanie sa nachádza priamo vo vykurovanom priestore,
- **Centrálom vykurovaní** – kedy je v objekte použitý jeden alebo viacero zdrojov tepla (napr. tepelné čerpadlo), ktoré sú umiestnené v centrálnej miestnosti (technická miestnosť) a tepelná energia z nich je distribuovaná potrubnými rozvodmi vykurovacej vody do koncových prvkov (radiátor, podlahové vykurovanie a iné) umiestnených vo vykurovaných miestnostiach,
- **Centralizovanom vykurovaní** – kde sa vykurovacia voda upravuje na požadovanú teplotu v tzv. kompaktnej odovzdávacej stanici tepla (KOST) napojenej na teplovodné rozvody či už mestskej teplárne alebo kotolne, určenej pre zásobovanie menšieho počtu objektov v danej lokalite.


Tepelná pohoda resp. komfort užívateľov vo vykurovanej miestnosti počas zimného obdobia je daná operatívnou teplotou priestoru, ktorá zohľadňuje teplotu vzduchu a povrchovú teplotu okolitých vnútorných povrchov miestnosti. To, aká je teplota vzduchu resp. teplota jednotlivých vnútorných povrchov je priamo závislé od veľkosti transparentných plôch (okná) a ich tepelno technických parametrov, ďalej od súčiniteľa prechodu tepla resp. tepelného odporu netransparentných konštrukcií (stena a podobne), a od tesnosti resp. vzduchotesnosti budovy. Z pohľadu technických zariadení budov ovplyvňuje vnútornú teplotu vzduchu a teplotu povrchov zvolený systém odovzdávania tepla do vykurovaného priestoru.

Z tohto hľadiska môžeme potom hovoriť o:

- **Prevažne konvekčnom vykurovaní** – kde sa používajú koncové prvky (radiátor), ktoré prevažnú časť tepelnej energie odovzdávajú konvekciou (prúdením). Samozrejme prenos tepla sa uskutočňuje stále aj radiáciou. V tomto prípade je však úroveň teploty vnútorného vzduchu vyššia ako teplota vnútorných povrchov. Je to spôsobené tým, že vykurovacie teleso primárne ohrieva okolitý vzduch, od ktorého sa následne ohrievajú okolité povrchy. Vyššia teplota vzduchu však spôsobuje vysušovanie vzduchu (zníženie relatívnej vlhkosti),
- **Prevažne radiačnom vykurovaní** - kedy sa prevažná časť tepelnej energie odovzdáva do miestnosti radiáciou. Zostávajúce spôsoby prenosu tepla sú aj naďalej prítomné, avšak v menšom rozsahu. Do tejto skupiny patrí veľkoplošné podlahové, stropné a stenové vykurovanie. V tomto prípade má daná teplovýmenná plocha výrazne vyššiu povrchovú teplotu ako je okolitý vzduch a ostatné vnútorné povrchy miestnosti sú osálané, čím dochádza k zvýšeniu ich povrchovej teploty. Nižšia teplota vzduchu zabraňuje nadmernému vysušovaniu sliznice a znižuje tepelné straty objektu prechodom tepla keďže teplotný rozdiel medzi interiérom a exteriérom je nižší v porovnaní s prevažne konvekčným systémom vykurovania.

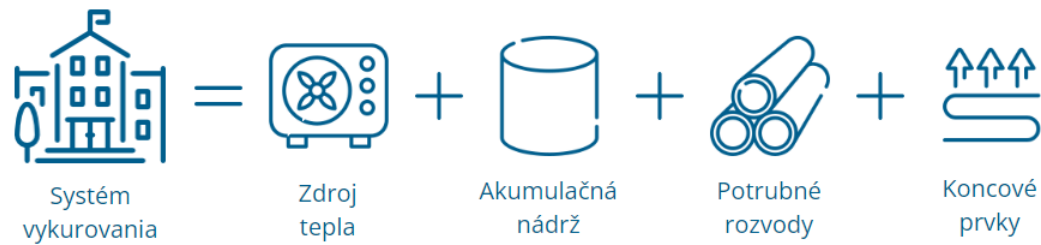
Energetické požiadavky systému vykurovania spoločne s ostatnými miestami spotreby energie (príprava teplej vody, nútené vetranie a chladenie, osvetlenie) priamo ovplyvňujú celkovú potrebu energie budovy, následne dodanú energiu a na konci primárnu energiu budovy. Tá je ukazovateľom energetickej hospodárnosti celej budovy. Už od 1. januára 2021 máme povinnosť projektovať budovy s takmer nulovou potrebou energie a teda budovy v energetickej triede A0. Okrem stanovenia energetickej triedy budovy sa určuje aj energetická trieda hodnoteného systému a teda v tomto prípade systému vykurovania, ktorá sa môže pohybovať na škále od A po G. Úroveň energetickej triedy tak vypovedá o kvalite navrhnutého systému vykurovania a to z hľadiska energetickeho. Úlohou projektanta je navrhnúť najefektívnejší systém, ktorý bude hodnotený tou najlepšou energetickou triedou, čím sa vytvoria predpoklady k tomu, že aj celá budova bude na konci výpočtu zaradená do energetickej triedy A0.

Tab. 4.22 Škála energetickej tried pre potrebu energie na vykurovanie

Miesto spotreby	Kategória budov	Trieda energetickej hospodárnosti budovy						
		A	B	C	D	E	F	G
	Školské budovy	≤ 28	29 - 56	57 - 84	85 - 112	113 - 140	141 - 168	> 168

Poznámka: Hodnoty uvedené v tabuľke sú vyjadrené v kWh/(m². a)

Zdroj: Vyhláška č. 35/2020 Z.z. Ministerstva dopravy a výstavby Slovenskej republiky



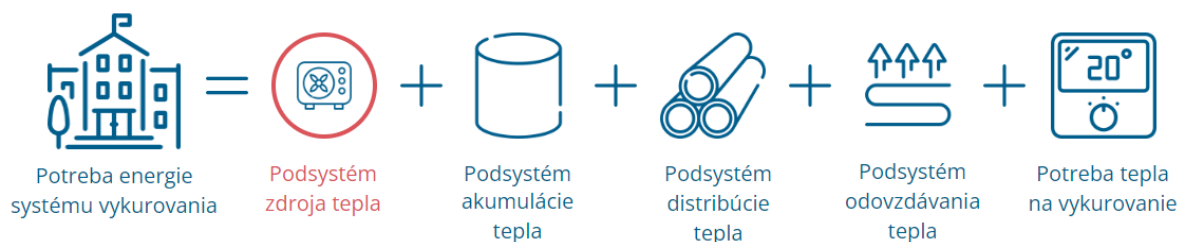
Poznámka: Každý systém pozostáva z niekoľkých základných prvkov, ktoré v závislosti od zvoleného spôsobu vykurovania sú alebo nie sú jeho súčasťou. V tomto prípade je zvolený spôsob centrálného vykurovania budovy. Dodávku tepelnej energie pre vykurovanie miestností zabezpečuje zdroj tepla (napr. elektrické tepelné čerpadlo). Vykurovacia voda pripravená zdrojom tepla môže byť v určitých prípadoch akumulovaná v nádrži (tepelné čerpadlo, kotol na drevo a podobne) a následne distribuovaná potrubnými rozvodmi až ku koncovým prvkom, ktoré zabezpečujú prenos tepla do miestnosti (radiátor, podlahové vykurovanie a podobne).

Zdroj: M. Kováč

Pri stanovovaní potreby energie systému vykurovania je potrebné vyčíslit' energetické požiadavky jeho jednotlivých podsystémov. Základom výpočtu je tzv. potreba tepla na vykurovanie, ktorá predstavuje množstvo energie (tepla) potrebného na dosiahnutie a udržanie požadovanej teploty vo vykurovanom priestore. Toto množstvo tepla je závislé predovšetkým od súčiniteľa prechodu tepla resp. tepelného odporu stavebných konštrukcií, ktoré oddeľujú vykurovaný priestor od exteriéru, ďalej od spôsobu vetrania interiéru, potom od geometrického tvaru budovy, ktorý definuje veľkosť teplovýmennej plochy vo vzťahu k objemu budovy a v neposlednom rade od teploty vzduchu v interiéru. Neopodstatnené prekurovanie miestnosti má za následok zvýšenú spotrebu energie a zhoršenie kvality vnútorného prostredia pre jeho užívateľov, nakoľko dochádza k zníženiu relatívnej vlhkosti vzduchu, čo môže spôsobiť vysušovanie sliznice, prípadné iné zdravotné problémy. Minimalizovať potrebu tepla na vykurovanie je teda možné optimálnym architektonickým návrhom geometrie budovy a návrhom obalových konštrukcií s nízkou hodnotou súčiniteľa prechodu tepla, ďalej pozitívnym systémom núteného vetrania so spätným získavaním tepla (rekuperácia) a úroveň teploty vzduchu v interiéru zabezpečujú koncové prvky, akými sú vykurovacie telesá alebo sálavé systémy (podlahové vykurovanie, stenové vykurovanie a podobne), ktoré z hľadiska metodiky výpočtu energetickej hospodárnosti spadajú do podsystému odovzdávania (emisie) tepla. Každý z týchto koncových prvkov prenáša tepelnú energiu do okolitého priestoru všetkými spôsobmi prenosu tepla, pričom niektorá z týchto zložiek je vždy prevažujúca. Napríklad konvekčný (radiátorový) systém odovzdáva prevažnú časť tepla do okolia konvekciou. Naopak podlahové vykurovanie odovzdáva tepelnú energiu do okolia hlavne radiáciou. To samozrejme ovplyvňuje samotnú teplotu vzduchu a teplotu okolitých vnútorných povrchov v rámci vykurovaného priestoru. Každý z týchto koncových prvkov je doplnený o riadiace prvky, ktoré snímajú okolitú teplotu vzduchu a regulujú resp. otvárajú/zatvárajú regulačné armatúry na koncových prvkoch. To všetko s cieľom, aby bola energia do priestoru dodávaná iba v tom čase, keď je to potrebné. V rámci podsystému odovzdávania (emisie) tepla sa teda počítajú energetické požiadavky, ktoré súvisia s použitým spôsobom vykurovania (radiátorové, podlahové, stropné vykurovanie a podobne). Tieto systémy sú charakteristické svojim teplotným gradientom vzduchu (stratifikácia=vrstvenie teplôt po výške miestnosti), ďalej teplotou použitej vykurovacej vody v systéme a použitým systémom regulácie teploty vzduchu vo vykurovanej miestnosti. To všetko priamo ovplyvňuje (navyšuje) potrebu energie systému vykurovania. Je preto nutné aj z hľadiska projektovania systému vykurovania venovať pozornosť nielen návrhu dostatočného tepelného výkonu vykurovacej sústavy, ale aj prvkom, ktoré majú teplotu riadiť/udržiavať a teda v konečnom dôsledku šetriť energiou a zabezpečiť pre užívateľov maximálny komfort. Príkladom sú moderné elektronické termostatické hlavice pre vykurovacie telesá alebo elektronické nástenné termostaty pre podlahové vykurovanie, ktoré umožňujú nastaviť v jednotlivých miestnostiach rôznu teplotu počas pracovných dní a víkendov. V dnešnej dobe sú tieto zariadenia vybavené aj prvkami inteligencie, kedy sa merané údaje zaznamenávajú, vyhodnocujú a následne sa na základe toho

upravuje režim vykurovania. Ďalším v poradí je podsystem distribúcie tepla, kde sa počítajú tepelné straty z potrubných rozvodov vykurovacej vody a potreba elektrickej energie na prevádzku obehových čerpadiel. Minimalizovať energetické požiadavky v tomto prípade je možné použitím tepelných izolácií v dostatočnej hrúbke, ďalej používaním nízkoteplotných systémov, čím sa znižuje teplotný rozdiel medzi teplotou vody v potrubí a teplotou vzduchu v okolí, a používaním moderných obehových čerpadiel s nízkou spotrebou elektrickej energie. V prípade, že sa v systéme vykurovania nachádza akumulácia nádrž, je potrebné vypočítať energetické požiadavky tzv. podsystemu akumulácie tepla, kde teda dochádza k tepelným stratám cez obal samotnej nádrže. Vykurovacia voda akumulovaná v nádrži má svoj energetický potenciál a v priebehu času sa znižuje v dôsledku tepelného toku do okolia. Minimalizovať energetické straty tohto podsystemu je možné hlavne použitím dostatočne tepelne izolovanej nádrže, ale aj teplotou vykurovacej vody v nádrži. Avšak tá je priamo závislá od použitého zdroja tepla (kotol na drevo, elektrické tepelné čerpadlo) resp. od teplotného spádu vykurovacej sústavy. Dôležitým faktorom je aj objem nádrže, resp. teplovýmenná plocha nádrže. Malá akumulácia nádrž bude síce vykazovať nižšie tepelné straty v porovnaní s veľkou nádržou, avšak nedostatočná veľkosť nádrže môže spôsobovať problémy v prevádzke vykurovacieho systému. Príkladom môže byť elektrické tepelné čerpadlo s poddimenzovanou akumuláciou nádržou, v ktorej akumulovaná energia nie je schopná pokryť energetické požiadavky vykurovacej sústavy v dobe odpojenia tepelného čerpadla od prívodu elektrickej energie zo strany dodávateľa (1-2 hodinová odstávka) kvôli energetickým špičkám v elektrických rozvodoch. V takom prípade môže dôjsť k situáciám, kedy nebude dodávaná tepelná energia do koncových prvkov vykurovania (napr. podlahové vykurovanie) alebo nebude možné ohriať pitnú vodu v zásobníku teplej vody. Posledným podsystemom je podsystem zdroja tepla, ktorého efektívnosť prevádzky sa ale do potreby energie systému vykurovania nezahrňuje.

Obr. 4.22 Grafické znázornenie postupu pre stanovenie potreby energie systému vykurovania



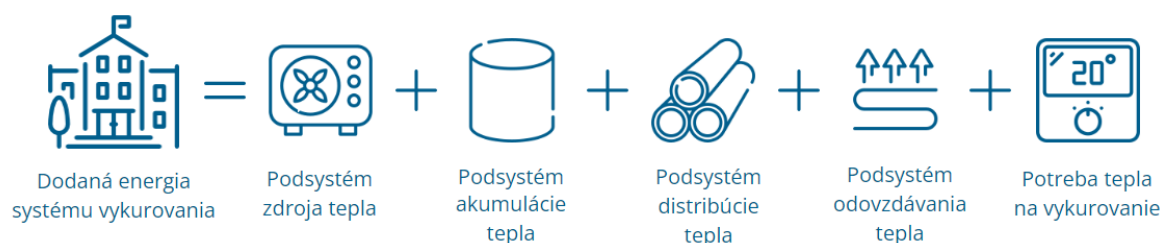
Poznámka: Efektívnosť prevádzky zdroja tepla (červenou zvýraznený podsystem) sa nezohľadňuje v potrebe energie systému vykurovania.

Zdroj: M. Kováč

Skutočnosť, že sa efektívnosť prevádzky zdroja tepla nezohľadňuje v potrebe energie systému vykurovania je úplne v poriadku a vyplýva to aj z významu samotného slova „potreba“. System resp. jeho jednotlivé podsystemy majú určité energetické požiadavky, ktoré musia byť kryté energiou, aby na konci tohto reťazca, ktorým je vykurovacie teleso alebo plocha, bol dostatok tepla pre dosiahnutie požadovanej teploty vo vykurovanej miestnosti. Hovoríme preto o potrebe energie systému, v tomto prípade systému vykurovania.

Aby použitý zdroj tepla v systéme mohol pokryť spomínané energetické požiadavky, musí spotrebovať určité množstvo energie (paliva), resp. inak povedané, musí mu byť dodaná energia (palivo). A preto sa efektívnosť prevádzky zdroja tepla počíta až do tzv. dodanej energie systému vykurovania.

Obr. 4.23 Grafické znázornenie postupu pre stanovenie dodanej energie systému vykurovania



Poznámka: Efektívnosť prevádzky zdroja tepla sa zohľadňuje v dodanej energii systému vykurovania. Každý zdroj tepla je charakterizovaný svojou efektívnosťou transformácie použitého energetického nosiča (palivo) na tepelnú energiu.

Zdroj: M. Kováč

4.3.1 Potreba tepla na vykurovanie

Obr. 4.24 Systém vykurovania – potreba tepla na vykurovanie



Zdroj: M. Kováč

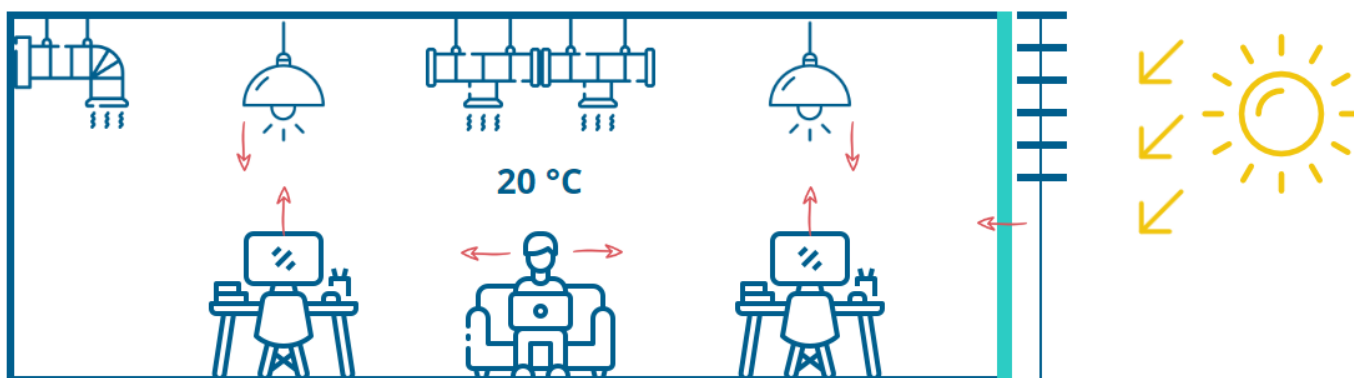
Aby bolo možné vyčíslíť množstvo energie potrebnej na prevádzku vykurovacieho systému, je nutné začať od jeho koncových prvkov a teda stanoviť potrebu tepla na vykurovanie. Táto predstavuje množstvo tepla potrebného na dosiahnutie a udržanie požadovanej teploty vnútorného vzduchu vo vykurovanej miestnosti resp. v budove. Výpočet zohľadňuje energetické straty a energetické zisky. Energetické straty vznikajú v dôsledku teplotného rozdielu medzi vykurovaným priestorom budovy a exteriérom počas zimných mesiacov. Medzi tieto straty patrí tzv. tepelná strata prechodom tepla cez obvodové konštrukcie oddelujúce vykurovaný priestor od exteriéru, ale aj stavebné konštrukcie, ktoré oddelujú vykurovaný priestor od nevykurovaného priestoru v samotnej budove. V tomto prípade je miera tepelného toku priamo závislá od tepelno technických parametrov stavebnej konštrukcie, vyjadrených cez súčiniteľ prechodu tepla. Čím je jeho hodnota nižšia, tým je aj tepelný tok nižší. Aby bolo vnútorné prostredie budov vhodné pre pobyt a prácu jeho užívateľov, je potrebné zabezpečiť jeho vetranie, čím sa reguluje vnútorná vlhkosť vzduchu a koncentrácia oxidu uhličitého v budove. V tomto prípade sa však jedná o tzv. tepelnú stratu vetraním pre budovu. Najjednoduchšou formou výmeny vzduchu je prirodzené vetranie, t.j. pravidelné otváranie okien. Avšak tento spôsob vetrania počas zimných mesiacov je veľmi energeticky náročný, a nie je ani komfortný vzhľadom na skutočnosť, že pootvorením okna vstupuje do miestnosti vonkajší chladný vzduch, ktorý spôsobuje výrazné teplotné diferencie interiérového vzduchu a vyvoláva u užívateľov budovy tepelnú nepohodu. Nakoniec to teda končí zanedbaním pravidelného vetrania priestorov budovy, čo vedie k vzostupu relatívnej vlhkosti vzduchu a koncentrácie oxidu uhličitého.

Riešením je teda použitie núteného vetrania s rekuperáciou, kde prívod čerstvého vzduchu do miestnosti a odvod opotrebovaného vzduchu z miestnosti zabezpečuje vzduchotechnická jednotka. Rekuperačné zariadenie integrované vo vzduchotechnickej jednotke predhrieva privádzaný čerstvý vzduch do miestnosti, pričom energiu na predohrev získava z opotrebovaného vzduchu odvádzaného z miestnosti do exteriéru. K prenosu tepla dochádza cez tzv.

teplýmenné plochy, z ktorých je samotný rekuperátor vyrobený. Je to efektívne riešenie, ktoré výrazne znižuje energetické straty vetraním, keďže účinnosť rekuperačných zariadení sa pohybuje od 70 % smerom nahor. Pokiaľ je to potrebné, je možné vzduchotechnickú jednotku vybaviť predohrevom resp. dohrevom privádzaného čerstvého vzduchu. Aký je v tom rozdiel? Predohrev vzduchu sa využíva na zvýšenie teploty privádzaného chladného vzduchu pred vstupom do rekuperátora, aby sa zabránilo jeho zamrznutiu. A dohrev vzduchu sa potom používa až za samotným rekuperátorom a to v prípadoch, kedy je požiadavka privádzať do miestnosti resp. do budovy nielen čerstvý predohriaty vzduch, ale vzduch s konkrétnou teplotou. Výhodou systému núteného vetrania s rekuperáciou je kontinuálna výmena vzduchu v čase prítomnosti osôb, pričom sa minimalizuje tepelná strata vetraním. Súčasne je regulovaná relatívna vlhkosť a koncentrácia oxidu uhličitého v interiérovom vzduchu. Výmena vzduchu prebieha pri stanovenom objemovom prietoku vzduchu, ktorý sa môže aj meniť napr. v závislosti od počtu osôb v miestnosti resp. v budove, čo v prípade administratívnych budov je v dnešnej dobe veľmi dôležité.

Počas prevádzky budovy v zimných mesiacoch nevznikajú len tepelné straty, ale sú prítomné aj tepelné zisky. Tieto rozdeľujeme na vonkajšie a vnútorné. Slnéčné žiarenie, ktorého síce počas zimných mesiacov je výrazne menej ako je tomu v čase letných mesiacov, radíme práve medzi tzv. vonkajšie tepelné zisky. Slnéčné lúče prechádzajú cez transparentné konštrukcie (okná) do miestnosti a zahrievajú jej vnútorné povrchy, v dôsledku čoho dochádza z vzostupu teploty interiérového vzduchu. Jedná sa o energetický zisk pre vykurovaný priestor, čím sa znižuje potreba tepla dodávaná z vykurovacieho telesa (plochy) do miestnosti. Okrem slnečného žiarenia sa vo výpočte zohľadňujú aj tepelné zisky od vnútorných zdrojov tepla, ktorými sú samotní užívatelia budovy, ďalej elektrické a svetelné zariadenia, ktoré pri svojej prevádzke vždy emitujú určité množstvo tepelnej energie do okolitého priestoru. Toto množstvo tepla je potrebné zohľadniť v energetickej bilancii budovy.

Obr. 4.25 Grafická schéma výpočtu potreby tepla na vykurovanie



Poznámka: Obrázok znázorňuje energetické straty a energetické zisky v budove počas vykurovacej sezóny. Energetickými stratami sú v tomto prípade tepelné straty prechodom tepla cez stavebné konštrukcie, či už netransparentné alebo transparentné, ďalej tepelné straty vetraním v dôsledku nútenej výmeny vzduchu prostredníctvom vzduchotechnického systému. Súčasne je potrebné zohľadniť vo výpočte energetické zisky, medzi ktoré patrí jednak tepelný zisk zo slnečného žiarenia, ktoré prestupuje do interiéru budovy cez transparentné konštrukcie, a ďalej vnútorné tepelné zisky, ktorými sú samotní užívatelia budovy, ďalej osvetlenie a iné elektrické zariadenia, ktoré pri svojej prevádzke emitujú určité množstvo tepelnej energie do okolitého priestoru.

Zdroj: M. Kováč

4.3.2 Podsystem odovzdávania (emisie) tepla

Obr. 4.26 Systém vykurovania – podsystem odovzdávania (emisie) tepla



Podsystem zdroja tepla



Podsystem akumulácie tepla



Podsystem distribúcie tepla



Podsystem odovzdávania tepla



Potreba tepla na vykurovanie

Zdroj: M. Kováč

Do tohto podsystemu patria všetky koncové prvky vykurovacieho systému, prostredníctvom ktorých dochádza k prenosu tepla do vykurovaného priestoru. Jedná sa o vykurovacie telesá (doskový radiátor, podlahový konvektor) a vykurovacie plochy (podlahové, stenové, stropné vykurovanie). Výber koncového prvku ovplyvňuje teplotu vzduchu a teplotu vnútorných povrchov miestnosti. K prenosu tepelnej energie dochádza vedením, prúdením a sálaním, avšak pri niektorých typoch koncových prvkov prevláda prenos tepla prúdením (podlahový konvektor, doskový radiátor), alebo sálaním (podlahové, stenové a stropné vykurovanie). Teplota vzduchu a teplota okolitých povrchov ovplyvňuje výslednú tzv. operatívnu teplotu. Táto by mala byť na úrovni, ktorú stanovuje norma STN EN 12 831-1 pre jednotlivé typy vykurovaných miestnosti. Napríklad pre obytné miestnosti akými sú obývacia izba, spálňa alebo detská izba je požadovaná teplota 20 °C. Ak porovnáваме konvekčný systém vykurovania (napr. doskový radiátor) a sálavý systém vykurovania (napr. podlahové vykurovanie), je potrebné si uvedomiť, že pri sálavom systéme bude priemerná teplota okolitých povrchov (steny, stropy) vyššia ako v prípade použitia konvekčného vykurovania. A naopak teplota vzduchu pri použití sálavého systému vykurovania môže byť reálne nižšia ako v prípade konvekčného vykurovania. Toto porovnanie vychádza z faktu, že výsledná operatívna teplota je 20 °C v prípade sálavého vykurovania aj v prípade konvekčného vykurovania. Spomínané rozdiely v teplotách vzduchu alebo vnútorných povrchoch v kombinácii s výškou miestnosti a veľkosťou okenných konštrukcií majú vplyv na stratifikáciu vzduchu, t.j. teplotný gradient alebo inými slovami povedané, rozloženie teploty vzduchu po výške miestnosti. Ak sa vrátíme k porovnaniu konvekčného a sálavého vykurovania, tak väčší teplotný rozdiel po výške miestnosti bude práve pri použití konvekčného systému vykurovania – teplejšie bude pod stropom. Tieto skutočnosti, ktoré vyplývajú z prírodných zákonitostí však majú dopad na energetickú náročnosť vykurovacieho systému. Aby bolo možné udržiavať operatívnu teplotu 20 °C v miestnosti pri použití konvekčného vykurovania, je potrebné zvýšiť teplotu vzduchu nad 20 °C, pretože priemerná teplota okolitých povrchov bude prevažne nižšia ako 20 °C. Čím väčšie presklené plochy, tým bude klesať priemerná povrchová teplota na vnútorných povrchoch. To má však za následok zvýšenú potrebu energie. Podobne je to aj s teplotným gradientom. Ak si predstavíme radiátorové vykurovanie, kde teplota vzduchu nad podlahovou je výrazne nižšia ako teplota pod stropom v dôsledku cirkulácie vzduchu, tak potom sme opäť nútený reálne zvýšiť teplotu vzduchu na termostate, aby bol dosiahnutý komfort pre užívateľov miestnosti v tzv. pobytovej zóne (cca. do výšky 1,8-2,0 m). Zvýšenie teploty znamená navýšenie potreby energie. Samozrejme aj pri podlahovom vykurovaní máme teplotný gradient, avšak s menšou diferenciou a preto v tomto prípade bude navýšenie potreby energie menšie v porovnaní s konvekčným systémom vykurovania.

Ďalším faktorom, ktorý ovplyvňuje energetickú náročnosť podsystemu odovzdávania tepla je použitý spôsob regulácie teploty. Ak by sme porovnali radiátorové vykurovanie v rodinnom dome s centrálnym termostatom a to isté vykurovanie v dome, kde by každé vykurovacie teleso bolo osadené termostatickou hlavicoú, tak je zrejmé, že vyššia energetická náročnosť bude v prípade systému s centrálnym termostatom. Prečo? Centrálny termostat je umiestnený v referenčnej miestnosti a ovláda prevádzku zdroja tepla.

Vykurovacie telesá nemajú termostatické hlavice, a tak nevedia efektívne reagovať na zvyšujúce sa tepelné zisky v miestnostiach napr. od slnečného žiarenia alebo od prítomnosti osôb a tak naďalej dodávajú vykurovacie telesá teplo do miestností. Riešenie užívateľov takýchto priestorov? Jednoduché, otvorením okna regulujú teplotu v miestnostiach. Príklad neefektívneho nakladenia s teplom. Stačí pritom málo a to inštalovať termostatické hlavice na všetky vykurovacie telesá a pomocou nich regulovať dodávku tepla do miestnosti. Samozrejme v dnešnej dobe sú na trhu k dispozícii rôzne typy termostatických hlavíc alebo iných regulátorov (nástenné termostaty) a to nielen z hľadiska ich dizajnu, ale aj z hľadiska možností nastavenia programov vykurovania (napr. denný/nočný režim), alebo z hľadiska snímania a vyhodnocovania teploty vzduchu v miestnosti (mechanické alebo elektronické termostaty). Niektoré z nich majú v sebe integrované aj prvky inteligencie.

Obr. 4.27 Inteligentné termostatické hlavice ovládané prostredníctvom mobilného telefónu



Poznámka: Príklad inteligentnej termostatickej hlavice, ktorú možno nastavovať a ovládať pomocou mobilného telefónu. Aplikácia v telefóne umožňuje nastaviť denný a nočný režim vykurovania s požadovanou teplotou v miestnosti.

Zdroj: www.danfoss.com

4.3.3 Podsystem distribúcie tepla

Obr. 4.28 Systém vykurovania – podsystem distribúcie tepla



Zdroj: M. Kováč

Podsystem distribúcie tepla tvoria potrubné rozvody medzi zdrojom tepla a koncovými prvkami vykurovania resp. medzi akumulačnou nádržou vykurovania a koncovými prvkami vykurovacieho systému. Potrubnými rozvodmi prúdi vykurovacia voda o rôznej teplote. Keďže jej teplota je však vyššia ako teplota okolitého prostredia, vzniká tepelný tok medzi dvoma prostrediami, ktoré od seba oddeľuje stena potrubia. Miera tepelného toku je priamo závislá od teplotného rozdielu vody v potrubí a okolitým prostredím, ďalej od tepelno technických vlastností samotného potrubia resp. tepelnej izolácie na potrubí a samozrejme od veľkosti potrubia (priemer a dĺžka). Je potrebné si uvedomiť, že pokiaľ dochádza k tepelnému toku z potrubných rozvodov, ktoré sú vedené v rámci vykurovanej časti budovy, predstavuje tento tepelný tok v konečnom dôsledku tzv. tepelný zisk pre vykurovaný priestor. Ak sa však jedná o potrubné rozvody vedené mimo vykurované priestory budovy, potom predstavuje tepelný tok z potrubia tepelnú stratu pre vykurovací systém. Tieto straty potom zhoršujú celkovú energetickú efektívnosť vykurovacieho systému. Vyhnúť sa existencii tepelných strát nie je úplne možné, až na niektoré výnimky (priamo výhrevné elektrické konvektory). Obeh vykurovacej vody v potrubiach systému vykurovania zabezpečuje obehové čerpadlo, ktoré na svoju prevádzku potrebuje určité množstvo elektrickej energie. Okrem výpočtu tepelných strát z potrubných rozvodov sa v rámci podsystemu distribúcie tepla počíta aj tzv. prídavná energia, t.j. elektrická energia pre obehové čerpadlo.

4.3.4 Podsystem akumulácie tepla

Obr. 4.29 Systém vykurovania – podsystem akumulácie tepla



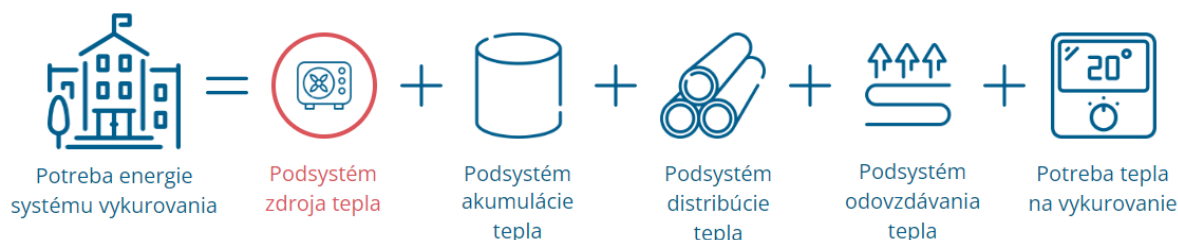
Zdroj: M. Kováč

V prípade použitia zdrojov tepla, akými sú kotol na drevo, na peletky, alebo elektrické tepelné čerpadlo, je súčasťou vykurovacieho systému akumulačná nádrž. V prípade elektrického tepelného čerpadla je úlohou akumulačnej nádrže uchovávať dostatočné množstvo tepla, potrebného na pokrytie energetickej potreby systému vykurovania v čase odpojenia samotného tepelného čerpadla od elektrickej siete. K odpájaniu od siete dochádza prostredníctvom HDO (hromadné diaľkové ovládanie) zo strany dodávateľa elektrickej energie a to kvôli regulácii napätia v distribučnej sieti

(špičkové odbery a podobne). Význam inštalácie akumuláčnej nádrže pri použití kotlov na kusové drevo alebo peletky je ten, aby bol zdroj prevádzkovaný pri konštantných podmienkach, aby dosahoval maximálnu účinnosť výroby tepla, aby bola maximalizovaná efektívnosť procesu spaľovania a podobne. Keďže nádrž akumuluje v sebe vykurovaciu vodu, ktorej teplota je vyššia ako teplota okolia, je potrebné počítať s tepelnými stratami do okolia. Miera tepelného toku je podobne ako v prípade tepelných strát z potrubných rozvodov závislá od tepelno technických vlastností nádrže, resp. od typu a hrúbky tepelnej izolácie, ďalej od veľkosti teplo výmennej plochy a od teplotného rozdielu medzi teplotou vody v nádrži a okolitým vzduchom. Úlohou podsystemu akumulácie tepla je teda stanoviť energetické (tepelné) straty z akumuláčnej nádrže.

4.3.5 Potreba energie systému vykurovania

Obr. 4.30 Potreba energie systému vykurovania



Zdroj: M. Kováč

Výpočet potreby energie systému vykurovania zohľadňuje energetické straty (požiadavky) jednotlivých podsystemov okrem podsystemu zdroja tepla. Ten sa zohľadňuje až pri výpočte dodanej energie systému vykurovania. Potreba energie vyjadruje vlastne množstvo energie, ktoré musí zdroj tepla vyprodukovať na výstupnej strane, aby bol schopný pokryť energetické požiadavky jednotlivých podsystemov systému vykurovania, ktoré nasledujú za samotným zdrojom tepla. V prípade, že súčasťou systému vykurovania je obnoviteľný zdroj energie, je potrebné jeho energetický zisk taktiež započítať do potreby energie systému vykurovania. Príkladom môžu byť teplovodné solárne kolektory, ktoré sa využívajú ako podpora systému vykurovania najmä v prechodných obdobiach, resp. na začiatku a konci vykurovacej sezóny. Dostupnosť slnečného žiarenia je síce v tomto období dosť malá v porovnaní s dostupnosťou v letných mesiacoch, ale na druhej strane dnešné budovy potrebujú veľmi malé množstvo energie. Pokiaľ sú efektívne navrhnuté akumuláčnej nádrže pre solárne kolektory, je možné veľkú časť tepla zo slnečných lúčov uskladniť v čase slnečných dní prechodného obdobia a následne neskôr využiť na temperovanie/vykurovanie miestností začiatkom a možno aj koncom zimného obdobia.

Výsledná hodnota potreby energie systému vykurovania sa následne prepočíta na 1 m² podlahovej plochy. Vypočítaný údaj sa porovná so škálou energetických tried pre potrebu energie na vykurovanie Tab. 4.26 a teda sa určí výsledná energetická trieda systému vykurovania.

Tab. 4.26 Škála energetických tried pre potrebu energie na vykurovanie

Miesto spotreby	Kategória budov	Trieda energetickej hospodárnosti budovy						
		A	B	C	D	E	F	G
	Školské budovy	≤ 28	29 - 56	57 - 84	85 - 112	113 - 140	141 - 168	> 168

Poznámka: Hodnoty uvedené v tabuľke sú vyjadrené v kWh/(m². a)

4.3.6 Podsystem zdroj tepla

Obr. 4.31 Systém vykurovania – podsystem zdroj tepla



Podsystem zdroj tepla



Podsystem akumulácie tepla



Podsystem distribúcie tepla



Podsystem odovzdávania tepla





Potreba tepla na vykurovanie

Zdroj: M. Kováč

Produkcia tepelnej energie prebieha v samotnom zdroji tepla, kde dochádza k transformácii energie viazanej v energetickom nosiči (elektrická energia, drevo, peletky a podobne) na teplo. Zaujímavú skupinu tvoria elektrické tepelné čerpadlá, ktoré vďaka kompresorovému procesu dosahujú hodnoty koeficientu hospodárnosti tzv. COP vyššie ako 100 %. Ich výhodou je nízka spotreba elektrickej energie, čiže množstvo dodanej energie do tepelného čerpadla je nižšie ako množstvo energie v podobe tepla na výstupe z tepelného čerpadla. Je to dané vlastnosťami chladiva v kompresorovom okruhu, ktoré sa dokáže odparovať aj pri nízkych teplotách. Energiu k tomu využíva tepelné čerpadlo napr. z okolitého vzduchu, alebo zo studňovej vody alebo využíva energetický potenciál zo zeme (pôda, vrty). V podstate elektrická energia je potrebná iba na chod kompresora, a samozrejme ďalšej regulačnej a riadiacej techniky. V prípade zdrojov tepla, akými sú kotle, ktoré spaľujú plynné alebo tuhé palivá, či už sa jedná o zemný plyn alebo biomasu, hovoríme o tzv. účinnosti zdroja tepla. Účinnosť zariadenia sa počas prevádzky pohybuje pod hodnotou 100 %. Znamená to, že v podsysteme zdroj tepla vznikajú energetické straty pri transformácii vstupného paliva a je teda potrebné množstvo energie na vstupe do zdroja tepla navýšiť, aby bolo možné pokryť energetické požiadavky ostatných podsystemov systému vykurovania, ktoré nasledujú za samotným zdrojom tepla. V prípade kotlov na zemný plyn môže byť účinnosť vyššia ako 100 % a v takom prípade sa používa miesto slova účinnosť už termín stupeň využitia. Je s ním možné počítať pre systémy vykurovania s nízkym teplotným spádom pod 50 °C, kedy je možné využiť kondenzačné teplo v spalinách. Jedná sa o teplo, ktoré je viazané v podobe vodnej pary v spalinách odchádzajúcich do komína. Kondenzáciou týchto pár sa získava dodatočná energia, pričom sa znižuje teplota spalín na výstupe z kotla do komína. Využitie tejto viazanej energie zvyšuje energetickú hospodárnosť samotného zdroja tepla a teda aj systému vykurovania ako celku. Pokiaľ však prechádza kotol do prípravy teplej vody, kde je nútený pracovať s vyššou teplotou vykurovacej vody, ide jeho účinnosť smerom dole a dostáva na hranicu, resp. pod hranicu 100 %. Úlohou podsystemu zdroj tepla je teda stanoviť energetické straty, ktoré vznikajú prevádzkou zdroja tepla.

Tab. 4.27 Faktory využitia energie pre rôzne zdroje tepla a energetické nosiče

Energetický nosič	Spôsob transformácie	Faktor využitia energie
		f_{gn}
Elektrina	Elektrické vykurovanie	99%
	Elektrický ohrev pitnej vody	99%
	Tepelné čerpadlo vzduch-voda / radiátorové vykurovanie	260%
	Tepelné čerpadlo vzduch-voda / nízko-teplotné vykurovanie	290%
	Tepelné čerpadlo vzduch-vzduch / (vzduch sa ohrieva do 35°C)	290%
	Tepelné čerpadlo zem-voda / radiátorové vykurovanie	290%
	Tepelné čerpadlo zem-voda / nízko-teplotné vykurovanie	340%
	Tepelné čerpadlo voda-voda / radiátorové vykurovanie	340%
	Tepelné čerpadlo voda-voda / nízko-teplotné vykurovanie	390%
	Tepelné čerpadlo voda od 18°C-voda / radiátorové vykurovanie	400%
	Tepelné čerpadlo voda od 18°C-voda / nízko-teplotné vykurovanie	440%
Drevené peletky	Kotol na biomasu	86%
Drevná štiepka	Kotol na biomasu	78%
Kusové drevo	Kotol na biomasu	70%
	Kotol na biomasu so splyňovaním	83%
LPG	Štandardný kotol - nový	89-90%
	Nízko-teplotný kotol	90-93%
	Kondenzačný kotol	97-105%
Lahký vykurovací olej	Štandardný kotol - starý	82%
	Štandardný kotol - nový	85%
	Nízko-teplotný kotol - starý	87%
	Nízko-teplotný kotol - nový	91%
Zemný plyn	Štandardný kotol - starý	83-89%
	Štandardný kotol - nový	89-90%
	Nízko-teplotný kotol	90-93%
	Kondenzačný kotol	97-105%
	Plynové tepelné čerpadlo vzduch-voda / radiátorové vykurovanie	140%
	Plynové tepelné čerpadlo vzduch-voda / nízko-teplotné vykurovanie	150%

Zdroj: Vyhláška č. 324/2016 Z.z. Ministerstva dopravy, výstavby a regionálneho rozvoja Slovenskej republiky

4.3.7 Dodaná energia systému vykurovania

Pri výpočte dodanej energie systému vykurovania sa zohľadňujú energetické požiadavky všetkých podsystémov systému vykurovania, a teda aj podsystém zdroja tepla. Dodaná energia vyjadruje vlastne množstvo energie, ktoré musí byť do zdroja tepla dodané na vstupe, aby zdroj tepla bol schopný pokryť energetické požiadavky jednotlivých podsystémov systému vykurovania, ktoré nasledujú za ním. Hodnota dodanej energie sa použije na výpočet primárnej energie, ktorá sa stanoví na základe konverzných faktorov primárnej energie pre jednotlivé energetické nosiče a v závislosti od použitého zdroja tepla.

Obr. 4.32 Dodaná energia systému vykurovania



Zdroj: M. Kováč

4.4 Systém núteného vetrania a chladenia

Obr. 4.33 Všeobecná schéma základných prvkov systému núteného vetrania a chladenia



Poznámka: Každý systém pozostáva z niekoľkých základných prvkov, ktoré v závislosti od zvoleného spôsobu núteného vetrania a chladenia sú alebo nie sú jeho súčasťou. V tomto prípade je zvolený samostatný spôsob núteného vetrania a samostatný systém chladenia budovy.

Zdroj: M. Kováč

Úlohou systému núteného vetrania a chladenia v školských budovách je celoročné zabezpečenie dostatočného množstva čerstvého vzduchu a energie na chladenie vnútorných priestorov počas letných mesiacov. Pri systéme núteného vetrania je z hľadiska energetického veľmi dôležitá rekuperácia vzduchu, pri ktorej sa hlavne v zimných mesiacoch a v prechodnom období roka využíva tepelná energia viazaná vo vzduchu, ktorý je odvádzaný z budovy smerom do exteriéru. Prenos energie z odpadového vzduchu do privádzaného vzduchu z exteriéru do budovy je realizovaný prostredníctvom rekuperačných zariadení, či už doskovej alebo rotačnej konštrukcie, ktoré sa nachádzajú vo vzduchotechnických jednotkách systému núteného vetrania. Doprava vzduchu cez vzduchotechnické potrubné rozvody predstavuje spotrebu elektrickej energie na pohon ventilátorov, čo v konečnom dôsledku ovplyvňuje energetickú hospodárnosť celého systému vetrania. Dôležité je preto optimálne voliť veľkosť potrubných rozvodov (dimenzia potrubia), ale aj trasu (rozsah, tvar a podobne). Prívod čerstvého vzduchu do pobytovej oblasti užívateľov budovy nesmie spôsobovať diskomfort, napr. v podobe zvýšenej hladiny hluku, alebo rýchlosti prúdenia vzduchu. Z toho dôvodu je dôležité venovať pozornosť vhodnému návrhu distribúcie vzduchu, vhodnému použitiu koncových prvkov pre distribúciu vzduchu a to s ohľadom aj na geometriu priestoru a zónu pobytu samotných zamestnancov.

Vhodnou distribúciou vzduchu je možné znížiť objemový prietok vzduchu, čím sa redukuje aj energetická hospodárnosť systému núteného vetrania a to je našim cieľom. Z hľadiska distribúcie vzduchu v miestnosti delíme systémy núteného vetrania na:

- **Zmiešavacie systémy** – v tomto prípade je vzduch privádzaný zhora alebo zo strany takou rýchlosťou, aby došlo k celkovému premiešaniu vzduchu v miestnosti. Tento spôsob si principiálne vyžaduje väčšie objemové prietoky vzduchu a z hľadiska hygienického môže potenciálne spôsobovať šírenie baktérií a vírusov, nakoľko dochádza k intenzívnemu premiešaniu vzduchu v priestore.
- **Záplavové systémy** – v tomto prípade je vzduch privádzaný zdola, či už z podlahy alebo od steny, pričom jeho rýchlosť je nízka, aby negatívne neovplyvňovala pohodu užívateľov priestoru. Jeho výhodou je, že v zásade je možné priviesť menšie množstvo vzduchu, ktoré primárne vstupuje priamo do pobytovej oblasti a následne je tento stúpajúci vzduch odvádzaný sacím potrubím, ktoré býva zväčša umiestnené pod stropom miestnosti. Nie je tak potrebné premiešavať vzduch v miestnosti, ako v prípade zmiešavacieho vetrania. Napomáha to súčasne aj hygienickému hľadisku takejto distribúcie vzduchu, keďže opotrebovaný vzduch je v zásade vytlačovaný z pobytovej oblasti smerom k odvodným výustkám a potrubiu.

V prípade systému chladenia sa jedná o prenos energie (chladu) zo zdroja chladu cez potrubné rozvody až ku koncovým prvkom, zabezpečujúcim chladenie daného priestoru. Tepelná pohoda resp. komfort užívateľov v chladenej miestnosti počas letných mesiacov je daná operatívnou teplotou priestoru, ktorá zohľadňuje teplotu vzduchu a povrchovú teplotu okolitých vnútorných povrchov miestnosti. Z tohto hľadiska rozlišujeme systémy chladenia, ktoré primárne upravujú (znižujú) teplotu vzduchu a naopak systémy, ktoré primárne znižujú povrchové teploty stavebných konštrukcií. Každý zo systémov má svoje výhody resp. nevýhody.


Z tohto hľadiska môžeme teda hovoriť o:

- **konvekčnom chladení** – jedná sa o systém chladenia, kde koncové prvky chladiaceho systému ochladzujú vzduch v miestnosti tým, že ho nasávajú do zariadenia, v ktorom sa nachádza výmenník energie (chladu), od ktorého sa vzduch ochladzuje a následne vyfukuje do priestoru. Medzi takéto systémy patria napr. SPLIT jednotky alebo vodné systémy chladenia FANCOILY. Ich výhodou je, že veľmi efektívne dokážu v krátkom časovom úseku upraviť teplotu interiéru na požadovanú hodnotu. Nevýhodou môže byť zvýšená rýchlosť prúdenia vzduchu v pobytovej oblasti zamestnancov, ak je ventilátor nastavený na vyššie otáčky. Pri prevádzke zariadenia dochádza k vzniku kondenzátu (vyzrážanie vzdušnej vlhkosti na povrchu chladiaceho výmenníka), čo môže mať za následok šírenie zápachu resp. baktérií do priestoru,
- **radiačnom (sálavom) chladení** - tento spôsob pristupuje k chladeniu miestnosti iným spôsobom a to tým, že primárne ochladzuje stavebné konštrukcie (strop, stena, podlaha), od ktorých sa následne ochladzuje aj vzduch v miestnosti. To je však druhoradý efekt. Ten najdôležitejší prínos tohto systému chladenia spočíva v tom, že užívateľ pociťuje tepelnú pohodu v miestnosti, ktorej povrchové teploty sú nižšie, čím dochádza k odvádzaniu tepla z povrchu tela práve radiáciou resp. sálaním. Tieto systémy sa vyznačujú hlavne absolútnou tichosťou, keďže ich súčasťou nie sú žiadne ventilátory. Možnou nevýhodou je ich tepelná zotrvačnosť, resp. rýchlosť odozvy na zmeny podmienok v miestnosti. Nie sú schopné v krátkom čase znížiť teplotu v miestnosti na požadovanú úroveň ako je tomu v prípade konvekčného chladenia. Tieto nedostatky sú však riešiteľné a to vhodným spôsobom prevádzkovania samotného systému chladenia.

Energetické požiadavky systému núteného vetrania a chladenia spoločne s ostatnými miestami spotreby energie (príprava teplej vody, vykurovanie, osvetlenie) priamo ovplyvňujú celkovú potrebu energie budovy, následne dodanú energiu a na konci primárnu energiu budovy. Tá je ukazovateľom energetickej hospodárnosti celej budovy. Už od 1. januára 2021 máme povinnosť projektovať budovy s takmer nulovou potrebou energie a teda budovy v energetickej triede A0. Okrem stanovenia energetickej triedy budovy sa určuje aj energetická trieda hodnoteného systému a teda v tomto prípade systému núteného vetrania a chladenia, ktorá sa môže pohybovať na škále od A po G. Úroveň

energetickej triedy tak vypovedá o kvalite navrhnutého systému núteného vetrania a chladenia a to z hľadiska energetického.

Tab. 4.28 Škála energetických tried pre potrebu energie systému núteného vetrania a chladenia

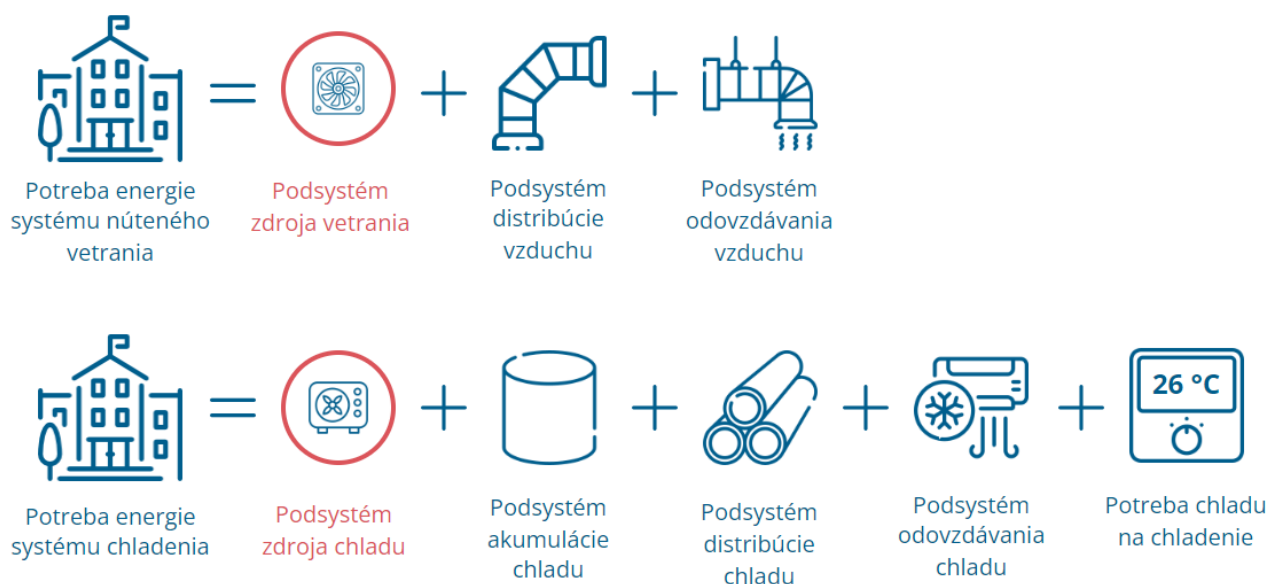
Miesto spotreby	Kategória budov	Trieda energetickej hospodárnosti budovy						
		A	B	C	D	E	F	G
	Administratívne budovy	≤ 15	16 - 30	31 - 45	46 - 59	60 - 74	75 - 89	> 89

Poznámka: Hodnoty uvedené v tabuľke sú vyjadrené v kWh/(m². a)

Zdroj: Vyhláška č. 35/2020 Z.z. Ministerstva dopravy a výstavby Slovenskej republiky

Cieľom je určiť tzv. potrebu energie systému núteného vetrania a chladenia, t. j. určiť energetické požiadavky jednotlivých podsystémov, pričom je potrebné si uvedomiť, že podsystém zdroja vetrania a zdroja chladu sa nezohľadňuje vo výpočte potreby energie, ale až vo výpočte dodanej energie systému núteného vetrania a chladenia.

Obr. 4.34 Grafické znázornenie postupu pre stanovenie potreby energie systému núteného vetrania a chladenia



Poznámka: Efektívnosť prevádzky zdroja vetrania a chladu (červenou zvýraznený podsystém) sa nezohľadňuje v potrebe energie systému núteného vetrania a chladenia.

Zdroj: M. Kováč

Skutočnosť, že sa efektívnosť prevádzky zdroja vetrania a chladenia nezohľadňuje v potrebe energie systému núteného vetrania a chladenia je úplne v poriadku a vyplýva to aj z významu samotného slova „potreba“. Systém resp. jeho jednotlivé podsystémy majú určité energetické požiadavky, ktoré musia byť kryté energiou, aby na konci tohto reťazca, ktorými sú vzduchotechnické výustky alebo koncové prvky chladenia (SPLIT, FANCOIL, chladiaci strop) mali dostatok energie na zabezpečenie požadovanej teploty vo vetranej, chladenej miestnosti. Hovoríme preto o potrebe energie systému, v tomto prípade systému núteného vetrania a chladenia.

Aby použitý zdroj vetrania a chladu mohol pokryť spomínané energetické požiadavky, musí spotrebovať určité množstvo energie (paliva), resp. inak povedané, musí mu byť dodaná energia (palivo). A preto sa efektívnosť prevádzky zdroja vetrania a chladu počíta až do tzv. dodanej energie systému núteného vetrania a chladenia.

Obr. 4.35 Grafické znázornenie postupu pre stanovenie dodanej energie systému núteného vetrania a chladenia



Poznámka: Efektívnosť prevádzky zdroja vetrania a chladu sa zohľadňuje v dodanej energii systému núteného vetrania a chladenia.

Zdroj: M. Kováč

4.4.1 Potreba chladu na chladenie

Obr. 4.36 Systém núteného vetrania a chladenia – potreba chladu na chladenie

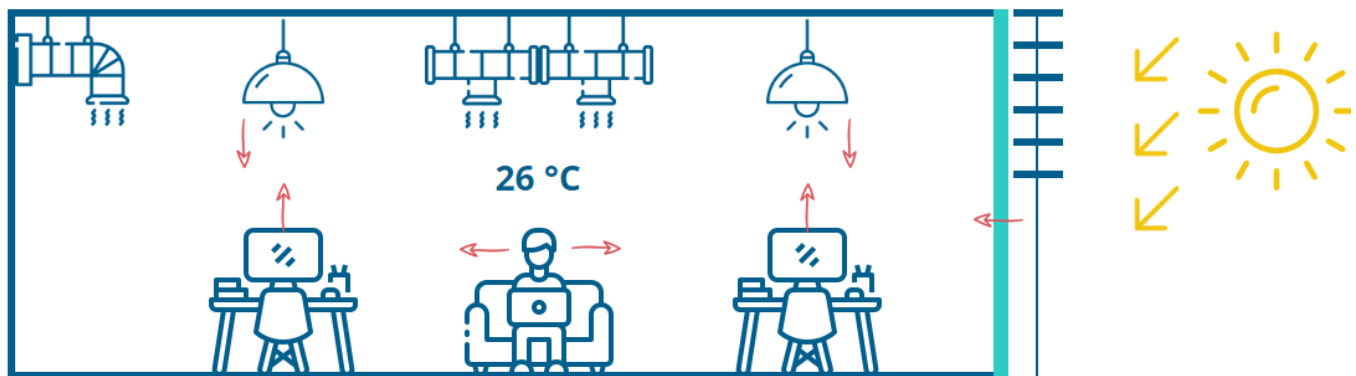


Zdroj: M. Kováč

Potreba energie (chladu) na chladenie predstavuje množstvo energie potrebného na dosiahnutie a udržanie požadovanej teploty vnútorného vzduchu v chladenej miestnosti resp. v budove. Výpočet zohľadňuje tepelnú záťaž

priestoru, ktorá vzniká v dôsledku prítomnosti vonkajších a vnútorných tepelných ziskov. Medzi vonkajšie tepelné zisky radíme slnečné žiarenie a samozrejme vonkajší vzduch, resp. teplotný stav exteriéru, ktorého teplota je vyššia ako požadovaná teplota chladenej miestnosti resp. budovy. Slnečné žiarenie dopadajúce na fasádu budovy spôsobuje vzostup povrchovej teploty netransparentných aj transparentných konštrukcií, v dôsledku čoho dochádza k prenosu tepla (tepelná záťaž) kondukciou do interiéru budovy. Veľký podiel tepelných ziskov vnútorných priestorov budovy spôsobuje prechod slnečného žiarenia (priame slnečné žiarenie) práve cez transparentné konštrukcie. V tomto prípade je možné ich redukovať vhodným systémom zasklenia otvorových konštrukcií. O miere prestupu slnečného žiarenia cez sklený systém hovorí tzv. koeficient slnečnej priepustnosti (SHGC). Čím je jeho hodnota nižšia, tým sa minimalizuje aj tepelná záťaž interiéru. Okrem zamerania sa termooptické vlastnosti skla fasády s cieľom redukovať tepelnú záťaž priestoru budovy, je ďalším riešením použitie napr. pasívnych alebo aktívnych tieniacich prvkov na fasáde budovy. V prípade letných dní, kedy je vonkajšia teplota vzduchu vyššia ako teplota interiéru, dochádza k tepelnej záťaži interiéru budovy aj vplyvom vetrania, ktorého primárnou úlohou je zabezpečiť výmenu vzduchu, resp. prívod čerstvého vzduchu do budovy. Naopak, počas nočných hodín, kedy býva zväčša teplota vonkajšieho vzduchu nižšia ako teplota interiéru, je možné systémom vetrania (prirodzené alebo nútené vetranie) odviešť tepelnú záťaž z miestnosti, inými slovami „predchladiť“ budovu, jej stavebné konštrukcie (možné v prípade ťažkých/hmotných stavebných konštrukcií, nie v prípade ľahkých drevostavieb bez akumulačných stavebných prvkov – stena, strop a podobne) a tak vytvorí podmienky pre nasledovný deň, kedy bude časť tepelnej záťaže miestnosti absorbovaná stavebnou konštrukciou budovy a znížia sa tak nároky na chladenie (potreba energie na chladenie). Okrem vonkajších tepelných ziskov je potrebné počítať aj s vnútornými tepelnými ziskami, medzi ktoré patria samotný užívatelia budovy, elektrické zariadenia (PC a podobne) a umelé osvetlenie. Práve tieto tepelné zisky predstavujú významnú tepelnú záťaž miestnosti v prípade školských budov.

Obr. 4.37 Grafická schéma výpočtu potreby chladu na chladenie



Poznámka: Obrázok znázorňuje tepelnú záťaž budovy počas letných dní. Slnečné žiarenie, ktoré prestupuje do interiéru budovy cez transparentné konštrukcie, a ďalej vnútorné tepelné zisky, ktorými sú samotní užívatelia budovy, ďalej osvetlenie a iné elektrické zariadenia, ktoré pri svojej prevádzke emitujú určité množstvo tepelnej energie do okolitého priestoru.

Zdroj: M. Kováč

4.4.2 Podsystem odovzdavania vzduchu a chladu

Obr. 4.38 System núteného vetrania a chladenia – podsystem odovzdavania vzduchu a chladu



Zdroj: M. Kováč

Do tohto podsystemu patria všetky koncové prvky vetracieho systému, ktoré zabezpečujú spôsob distribúcie vzduchu v danej miestnosti, a koncové prvky chladenia, prostredníctvom ktorých dochádza k prenosu energie (chladu) do chladeného priestoru. V prípade vzduchotechniky hovoríme o výstkách rôznej geometrie, umiestnenia, veľkosti a počtu a to aj vo väzbe na zvolený spôsob vetrania budovy, či už sa jedná o zmiešavacie alebo záplavové vetranie. V prípade chladiaceho systému radíme medzi koncové prvky napr. vnútorné jednotky systému SPLIT, alebo vnútorné jednotky vodných systémov FANCOIL. Tieto predstavujú skupinu tzv. konvekčného chladenia. Druhú skupinu tvoria tzv. systémy radiačného (sálavého) chladenia a tu patria chladiace stropy, steny, podlahy a ich kombinácie. Výber koncového prvku, či už sa jedná o systém núteného vetrania alebo chladenia, ovplyvňuje teplotu vzduchu a teplotu vnútorných povrchov miestnosti, čo v konečnom dôsledku vplyva na výslednú tzv. operatívnu teplotu, ktorá určuje tepelnú pohodu užívateľov miestnosti. Významným faktorom, ktorý ovplyvňuje energetické požiadavky podsystemu odovzdavania vzduchu a odovzdavania chladu je geometria miestnosti, resp. jej výška, typ koncových prvkov pre chladenie a regulácia týchto zariadení, resp. regulácia teploty v miestnosti. Snahou efektívneho návrhu podsystemu odovzdavania vzduchu do miestnosti, je voliť také distribučné prvky, ktoré zabezpečia prívod čerstvého vzduchu priamo k užívateľovi, bez zbytočnej potreby premiešavať celý objem vzduchu v miestnosti resp. navyšovať objemový prítok vzduchu, aby došlo k už spomínanému dostatočnému zmiešaniu privádzaného čerstvého vzduchu so vzduchom v miestnosti. Výber koncových prvkov chladenia nie je len vecou dizajnu alebo chladiaceho výkonu, čo je potrebné si uvedomiť hlavne v prípadoch použitia konvekčného chladenia. Tieto systémy sú veľmi pružné, s dostatočným chladiacim výkonom, avšak môžu spôsobovať nadmerný hluk alebo zvýšenú rýchlosť prúdenia vzduchu v pobytovej oblasti. Okrem iného tieto systémy sú nútené chladiť priestory na nižšiu teplotu vzduchu s cieľom dosiahnuť požadovanú operatívnu teplotu a teda aj tepelnú pohodu zamestnancov administratívnej budovy. Chladenie na nižšiu teplotu vzduchu má za následok vyššie energetické požiadavky a teda aj náklady na chladenie alebo produkciu skleníkových plynov. Z tohto hľadiska sa sálavé (radiačné) systémy chladenia budov radia medzi energeticky efektívnejšie, avšak je potrebné pri ich projektovaní pristupovať oveľa obozretnejšie k návrhu, spôsobu regulácie a prevádzkovaniu koncových prvkov chladenia.

4.4.3 Podsystem distribúcie vzduchu a chladu

Obr. 4.39 Systém núteného vetrania a chladenia – podsystem distribúcie vzduchu a chladu



Zdroj: M. Kováč

Podsystem distribúcie chladu tvoria potrebné rozvody medzi zdrojom chladu resp. akumulačnou nádržou na chlad a koncovými prvkami systému chladenia. Potrubnými rozvodmi prúdi chladiaca voda v závislosti od toho, či sa jedná o nízko teplotné (6/12 °C - fancoily) alebo vysoko teplotné chladenie (19/21 °C – stropné chladenie). Druhú skupinu tvoria chladičové okruhy, ako napr. systémy SPLIT alebo VRV systémy, kde v potrubných rozvodoch neprúdi voda, ale chladiaca zmes. Keďže je teplota chladiacej vody v potrubí nižšia ako teplota okolitého prostredia v čase chladenia, vzniká tepelný tok medzi dvoma prostrediami, ktoré od seba oddeľuje stena potrubia. Miera tepelného toku je priamo závislá od teplotného rozdielu vody v potrubí a okolitým prostredím, ďalej od tepelno technických vlastností samotného potrubia resp. tepelnej izolácie na potrubí a samozrejme od veľkosti potrubia (priemer a dĺžka). Je potrebné si uvedomiť, že pokiaľ dochádza k tomuto tepelnému toku z okolitého (chladeného) prostredia do potrubných rozvodov, ktoré sú vedené v rámci teplotne upravovanej (chladenej) časti budovy, predstavuje tento tepelný tok v konečnom dôsledku tzv. tepelnú záťaž pre systém chladenia a teda energiu navyše, ktorú je potrebné vykryť celkovou dodávkou chladu do miestností. Obeh chladiacej vody v potrubíach systému chladenia zabezpečujú obehové čerpadlá, ktoré na svoju prevádzku potrebujú elektrickú energiu. Okrem výpočtu tepelnej záťaže potrubných rozvodov chladu sa v rámci podsystemu distribúcie chladu počíta aj tzv. prídavná energia, t.j. elektrická energia pre obehové čerpadlá.

Podsystem distribúcie vzduchu tvoria vzduchotechnické potrubia, ktoré môžu byť vedené vykurovanými/chladenými časťami budovami alebo aj priestormi bez úpravy teploty vzduchu, resp. sú vedené v exteriéri. Vzduch dopravovaný v prívodnom potrubí, ktorý má upravované teplotné podmienky tak môže byť ovplyvnený teplotným stavom okolia (teplota vzduchu v miestnostiach) a to buď zvýšením alebo znížením jeho teploty. Cez stenu vzduchotechnického potrubia dochádza k prenosu energie, ktorá tak môže znamenať tepelnú záťaž (vyššia teplota vzduchu okolia ako teplota vzduchu v potrubí), resp. tepelnú stratu (nižšia teplota vzduchu okolia ako teplota vzduchu v potrubí). To samozrejme predstavuje navýšenie energetických požiadaviek celého systému núteného vetrania a teda v tomto prípade podsystemu distribúcie vzduchu.

4.4.4 Podsystem akumulácie chladu

Obr. 4.40 Systém núteného vetrania a chladenia – podsystem akumulácie chladu



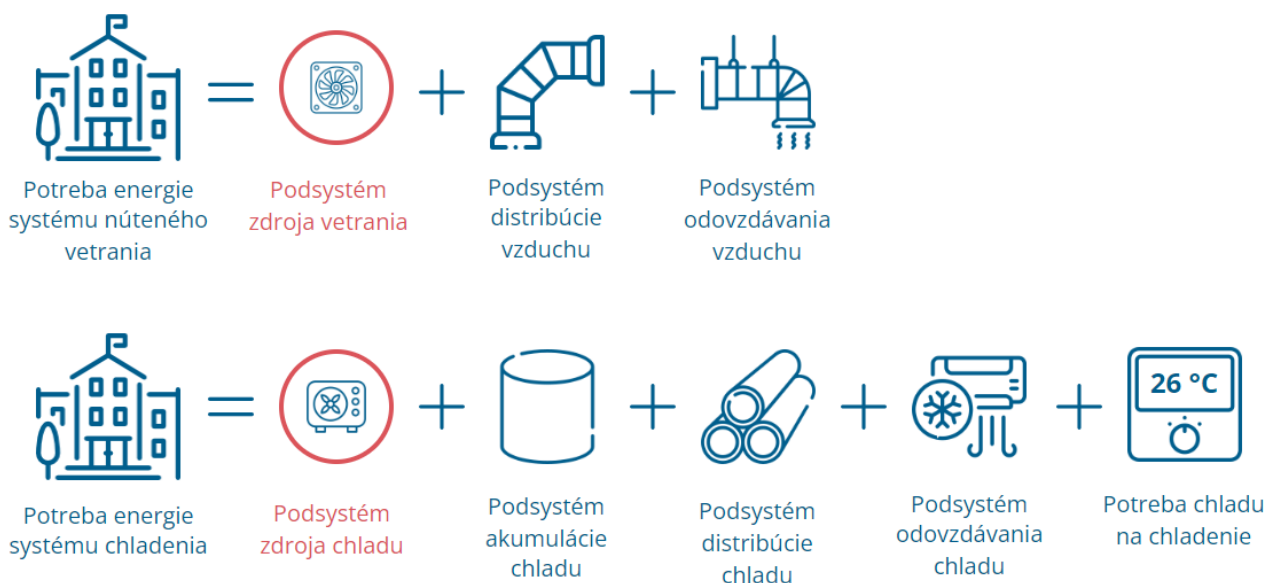
Zdroj: M. Kováč

V mnohých prípadoch sú súčasťou vodných chladiacich systémov tzv. akumulčné nádrže, ktoré majú za úlohu udržiavať určité množstvo chladu (napr. chladiaca voda), a to napr. za účelom minimalizovania častého spínania/vypínania napr. tepelného čerpadla pracujúceho v tzv. reverznom chode, t. j. v prípade chladenia. Energia uložená v akumulčnej nádrži je tak koncovými prvkami systému chladenia odoberaná prostredníctvom potrubných rozvodov a to napr. v čase, keď je tepelné čerpadlo (v režime chladenia – letný režim) vypnuté. Keďže nádrže akumulujú v sebe chladiacu vodu, ktorej teplota je nižšia ako teplota okolia, je potrebné počítať s tepelným tokom smerom do nádrže a teda s tepelnou záťažou. Miera tepelného toku je závislá od tepelno technických vlastností nádrže, resp. od typu a hrúbky tepelnej izolácie, ďalej od veľkosti teplo výmennej plochy a od teplotného rozdielu medzi teplotou vody v nádrži a okolitým vzduchom. Úlohou podsystemu akumulácie chladu je teda stanoviť energetické požiadavky na udržanie teploty v akumulčnej nádrži.

4.4.5 Potreba energie systému núteného vetrania a chladenia

Výpočet potreby energie systému núteného vetrania a chladenia zohľadňuje energetické požiadavky jednotlivých podsystemov okrem podsystemu zdroja vetrania a zdroja chladu. Tieto sa zohľadňujú až pri výpočte dodanej energie systému núteného vetrania a chladenia. Potreba energie vyjadruje vlastne množstvo energie, ktoré musí zdroj vetrania a zdroj chladenia vyprodukovať na výstupnej strane, aby bol schopný pokryť energetické požiadavky jednotlivých podsystemov systému núteného vetrania a chladenia, ktoré nasledujú za samotnými zdrojmi. V prípade, že súčasťou systému núteného vetrania a chladenia je obnoviteľný zdroj energie, je potrebné jeho energetický zisk taktiež započítať do potreby energie systému núteného vetrania a chladenia.


Obr. 4.41 Potreba energie systému núteného vetrania a chladenia



Zdroj: M. Kováč

Výsledná hodnota potreby energie systému núteného vetrania a chladenia sa následne prepočíta na 1 m² podlahovej plochy a porovná sa so škálou energetických tried, čím sa určí výsledná energetická trieda systému.

Tab. 4.29 Škála energetických tried pre potrebu energie systému núteného vetrania a chladenia

Miesto spotreby	Kategória budov	Trieda energetickej hospodárnosti budovy						
		A	B	C	D	E	F	G
	Administratívne budovy	≤ 15	16 - 30	31 - 45	46 - 59	60 - 74	75 - 89	> 89

Poznámka: Hodnoty uvedené v tabuľke sú vyjadrené v kWh/(m². a)

4.4.6 Podsystem zdroj vetrania a zdroj chladu

Produkcia chladu prebieha v samotnom zdroji chladu, kde dochádza k transformácii energie viazanej v energetickom nosiči (elektrická energia) na chlad. Zaujímavú skupinu tvoria elektrické tepelné čerpadlá, ktoré vedia pracovať aj v reverznom chode, t. z., že dokážu chladiť. Vďaka kompresorovému procesu dosahujú hodnoty koeficientu hospodárnosti pre chladenie tzv. EER vyššie ako 100 %. Ich výhodou je nízka spotreba elektrickej energie, čiže množstvo dodanej energie do tepelného čerpadla je nižšie ako množstvo energie v podobe chladu na výstupe z tepelného čerpadla. Je to dané vlastnosťami chladiva v kompresorovom okruhu. Energiu k tomu využíva tepelné čerpadlo napr. z okolitého vzduchu, alebo zo studňovej vody alebo využíva energetický potenciál zo zeme (pôda, vrty). V podstate elektrická energia je potrebná iba na chod kompresora, a samozrejme ďalšej regulačnej a riadiacej techniky. V rámci podsystemu zdroj vetrania sa stanovuje prídavná energia, t. j. elektrická energia na pohon ventilátorov, ktoré zabezpečujú dopravu vzduchu od vzduchotechnickej jednotky ku koncovým prvkom systému a naopak (od koncových prvkov ku vzduchotechnickej jednotke). Súčasťou vzduchotechnickej jednotky s rekuperáciou môže byť napr. predohrev vzduchu, ohrev resp. chladenie vzduchu, privádzaného do miestností s upravovanými

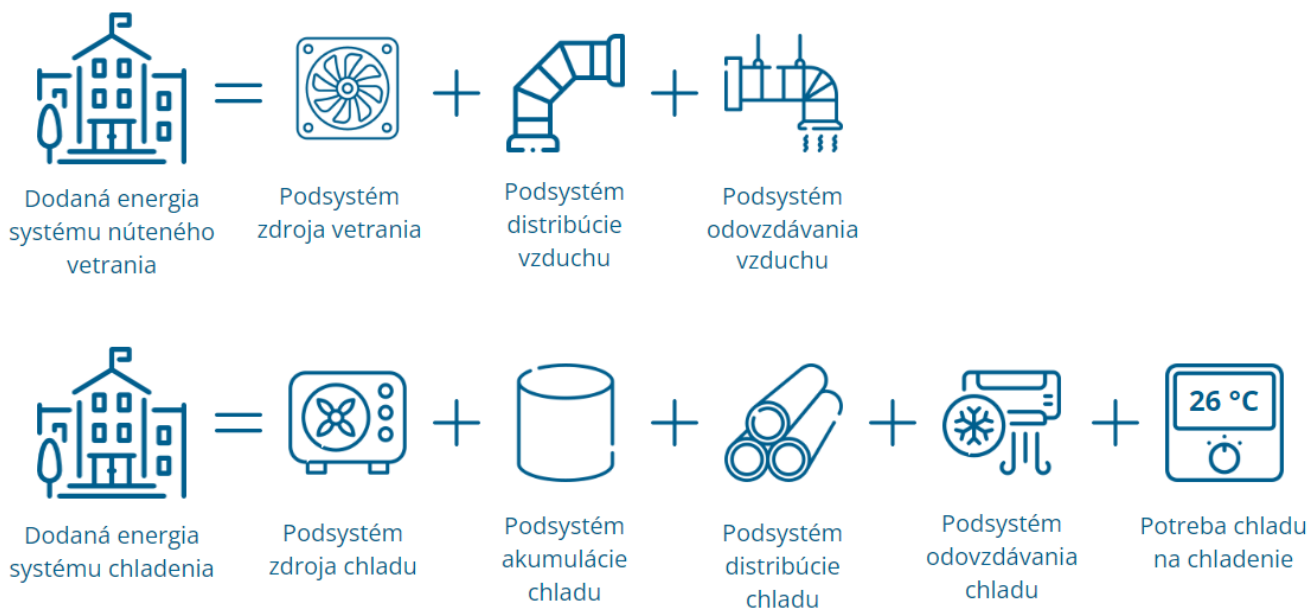
vnútornými podmienkami. Či už sa jedná o elektrické ohrievače, alebo vodné ohrievače/chladiče, resp. chladivové okruhy s tepelnými čerpadlami (chladenie/ohrev vzduchu vo vzduchotechnickej jednotke), je potrebné v rámci podsystému zdroja vetrania tieto energetické požiadavky vypočítať a do energetickej bilancie zahrnúť.

Obr. 4.42 Systém núteného vetrania a chladenia – podsystém zdroja vetrania a zdroja chladu



4.4.7 Dodaná energia systému núteného vetrania a chladenia

Obr. 4.43 Dodaná energia systému núteného vetrania a chladenia

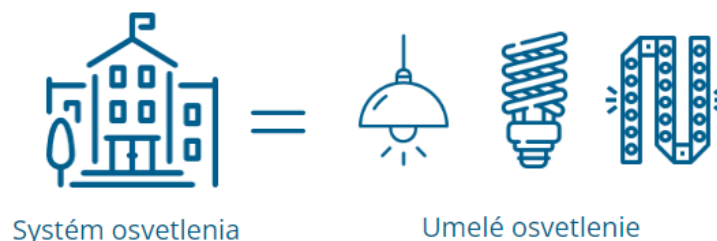


Zdroj: M. Kováč

Pri výpočte dodanej energie systému núteného vetrania a chladenia sa zohľadňujú energetické požiadavky všetkých podsystémov systému, a teda aj podsystém zdroja vetrania a zdroja chladu. Dodaná energia vyjadruje vlastne množstvo energie, ktoré musí byť do zdrojov dodané na vstupe, aby tieto boli schopný pokryť energetické požiadavky jednotlivých podsystémov systému núteného vetrania a chladenia, ktoré nasledujú za nimi. Hodnota dodanej energie sa použije na výpočet primárnej energie, ktorá sa stanoví na základe konverzných faktorov primárnej energie pre jednotlivé energetické nosiče a v závislosti od použitého zdroja chladu.

4.5 Systém osvetlenia / potreba energie / dodaná energia

Obr. 4.44 Systém umelého osvetlenia v budove



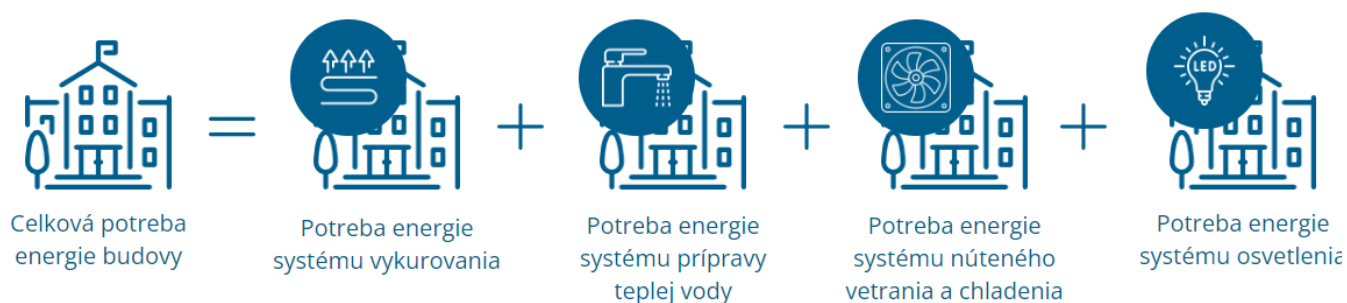
Zdroj: M. Kováč

Úlohou systému umelého osvetlenia je zabezpečiť dostatočnú úroveň osvetlenia pracovnej roviny v závislosti od druhu vykonávanej zrakovej činnosti a od druhu priestoru. V dnešnej dobe sú na trhu rôzne typy svietidiel s rôznou energetickou spotrebou elektrickej energie. V minulosti predstavovali kompaktné žiarivky energeticky úspornú alternatívu k vtedy používaným žiarovkám s edisonovou päticou. Ich nevýhodou (žiarovky) bola predovšetkým spotreba elektrickej energie (vysoký príkon), pričom malá časť tejto energie bola využívaná na svetlo a dominantná časť energie bola transformovaná na teplo, čo v konečnom dôsledku predstavovalo tepelnú záťaž priestoru a to najmä v kancelárskych budovách počas letných dní. Kompaktné žiarivky priniesli rovnakú úroveň osvetlenia, ale výrazne nižšiu spotrebu elektrickej energie. V súčasnosti sú vo veľkej miere používané LED svietidlá, ktorá oproti kompaktným žiarivkám ešte viac znížili spotrebu elektrickej energie pri zachovaní rovnakej úrovne osvetlenia pracovnej roviny. Z hľadiska energetického sú veľmi často žiadané a používané práve v školských budovách LED svietidlá so stmievaním, čím dochádza k ďalšej úspore elektrickej energie pri ich prevádzke. Najmä v hlbokých priestoroch je vhodné tzv. zónovanie umelého osvetlenia, kde okrajové zóny (v blízkosti fasády budovy) môžu byť stmievané, resp. úplne vypnuté a to za predpokladu dobrých svetelných podmienok (dostatok denného svetla). Celý systém disponuje snímačmi osvetlenia a regulátormi, ktoré upravujú intenzitu svietenia. Úlohou je teda stanoviť potrebu energie umelého osvetlenia a následne dodanú energiu, ktorá bude vstupovať do výpočtu tzv. primárnej energie budovy, a práve táto hodnota je ukazovateľom energetickej hospodárnosti celej budovy.

4.6 Celková potreba energie budovy


V prípade školských budov sú predmetom hodnotenia energetickej hospodárnosti štyri miesta spotreby energie, ktorými sú systém vykurovania, systém prípravy teplej vody, systém núteného vetrania a chladenia, a nakoniec systém osvetlenia. Pre každý z týchto systémov sa určuje tzv. potreba energie systému, ktorej odpovedá príslušná energetická trieda v rozsahu A – G. Súčet potreby energie všetkých hodnotených systémov predstavuje tzv. celkovú potrebu energie budovy. Táto číselná hodnota následne prepočítaná na 1 m² podlahovej plochy budovy sa porovnáva so škálou energetických tried celkovej potreby energie budovy. Na základe toho sa budova zatriedi do príslušnej energetickej triedy v rozsahu A – G.

Obr. 4.45 Celková potreba energie budovy



Zdroj: M. Kováč

Tab. 4.30 Škála energetických tried celkovej potreby energie budovy

Miesto spotreby	Kategória budov	Trieda energetickej hospodárnosti budovy						
		A	B	C	D	E	F	G
	Školské budovy	≤ 43	44 - 86	87 - 129	130 - 172	173 - 215	216 - 258	> 258

Poznámka: Hodnoty uvedené v tabuľke sú vyjadrené v kWh/(m². a)

Zdroj: Vyhláška č. 35/2020 Z.z. Ministerstva dopravy a výstavby Slovenskej republiky

4.7 Primárna energia


Obr. 4.46 Primárna energia v závislosti od energetického nosiča



Zdroj: M. Kováč

Primárna energia je globálnym ukazovateľom energetickej hospodárnosti budovy. Pri jej stanovení sa vychádza z dodanej energie jednotlivým systémom, ktoré sú predmetom hodnotenia energetickej hospodárnosti budovy. V prípade školských budov sa teda jedná o systém vykurovania, systém prípravy teplej vody, systém núteného vetrania a chladenia a nakoniec systém osvetlenia. Dodaná energia sa prepočíta na primárnu energiu použitím prepočítavacích faktorov primárnej energie, ktoré sú závislé od druhu použitého energetického nosiča (paliva). Výsledná hodnota primárnej energie sa následne prepočíta na 1 m² podlahovej plochy. Vypočítaný údaj sa porovná so škálou energetických tried pre primárnu energiu Tab. 4.31 a teda sa určí výsledná energetická trieda budovy.

Tab. 4.31 Škála energetických tried globálneho ukazovateľa – primárna energia

Kategória budov	Trieda energetickej hospodárnosti budovy							
	A0	A1	B	C	D	E	F	G
 Školské budovy	≤ 34	35 - 68	69 - 136	137 - 204	205 - 272	273 - 340	341 - 408	>408

Poznámka: Hodnoty uvedené v tabuľke sú vyjadrené v kWh/(m².a).

Zdroj: Vyhláška č. 35/2020 Z.z. Ministerstva dopravy a výstavby Slovenskej republiky

4.8 Emisie CO₂



Obr. 4.47 Emisie CO₂ v závislosti od energetického nosiča



Zdroj: M. Kováč



V prípade výpočtu emisií oxidu uhličitého (CO₂) je postup identický s postupom stanovenia primárnej energie. To znamená, že sa vychádza z dodanej energie jednotlivým systémom, ktoré sú predmetom hodnotenia energetickej hospodárnosti budovy. Dodaná energia sa prepočíta na emisie CO₂ použitím prepočítavacieho faktora emisie CO₂, ktorý je závislý od druhu použitého energetického nosiča (paliva).

Tab. 4.32 Prepočítavacie faktory primárnej energie

Energetický nosič	Spôsob transformácie	Faktor primárnej energie
		f_{PRIMEN} [-]
Elektrina	Elektrické vykurovanie	2,2
	Elektrický ohrev pitnej vody	
	Tepelné čerpadlo vzduch-voda / radiátorové vykurovanie	
	Tepelné čerpadlo vzduch-voda / nízko teplotné vykurovanie	
	Tepelné čerpadlo vzduch-vzduch / (vzduch sa ohrieva do 35°C)	
	Tepelné čerpadlo zem-voda / radiátorové vykurovanie	
	Tepelné čerpadlo zem-voda / nízko teplotné vykurovanie	
	Tepelné čerpadlo voda-voda / radiátorové vykurovanie	
	Tepelné čerpadlo voda-voda / nízko teplotné vykurovanie	
	Tepelné čerpadlo voda od 18°C-voda / radiátorové vykurovanie	
Tepelné čerpadlo voda od 18°C-voda / nízko teplotné vykurovanie		
Drevené peletky	Kotol na biomasu	0,2
Drevná štiepka	Kotol na biomasu	0,15
Kusové drevo	Kotol na biomasu	0,1
	Kotol na biomasu so splyňovaním	
LPG	Štandardný kotol - nový	1,35
	Nízko teplotný kotol	
	Kondenzačný kotol	
Lahký vykurovací olej	Štandardný kotol - starý	1,1
	Štandardný kotol - nový	
	Nízko teplotný kotol - starý	
	Nízko teplotný kotol - nový	
Zemný plyn	Štandardný kotol - starý	1,1
	Štandardný kotol - nový	
	Nízko teplotný kotol	
	Kondenzačný kotol	
	Plynové tepelné čerpadlo vzduch-voda / radiátorové vykurovanie	
	Plynové tepelné čerpadlo vzduch-voda / nízko teplotné vykurovanie	

Zdroj: Vyhláška č. 324/2016 Z.z. Ministerstva dopravy, výstavby a regionálneho rozvoja Slovenskej republiky

Tab. 4.33 Prepočítavacie faktory emisií CO₂

Energetický nosič	Spôsob transformácie	Faktor emisií CO ₂
		f_{CO_2} [kg/kWh]
Elektrina	Elektrické vykurovanie	0,167
	Elektrický ohrev pitnej vody	
	Tepelné čerpadlo vzduch-voda / radiátorové vykurovanie	
	Tepelné čerpadlo vzduch-voda / nízko teplotné vykurovanie	
	Tepelné čerpadlo vzduch-vzduch / (vzduch sa ohrieva do 35°C)	
	Tepelné čerpadlo zem-voda / radiátorové vykurovanie	
	Tepelné čerpadlo zem-voda / nízko teplotné vykurovanie	
	Tepelné čerpadlo voda-voda / radiátorové vykurovanie	
	Tepelné čerpadlo voda-voda / nízko teplotné vykurovanie	
	Tepelné čerpadlo voda od 18°C-voda / radiátorové vykurovanie	
	Tepelné čerpadlo voda od 18°C-voda / nízko teplotné vykurovanie	
Drevené peletky	Kotol na biomasu	0,02
Drevná štiepka	Kotol na biomasu	
Kusové drevo	Kotol na biomasu	
LPG	Kotol na biomasu so splyňovaním	0,2484
	Štandardný kotol - nový	
	Nízko teplotný kotol	
Ľahký vykurovací olej	Kondenzačný kotol	0,29
	Štandardný kotol - starý	
	Štandardný kotol - nový	
	Nízko teplotný kotol - starý	
Zemný plyn	Nízko teplotný kotol - nový	0,22
	Štandardný kotol - starý	
	Štandardný kotol - nový	
	Nízko teplotný kotol	
	Kondenzačný kotol	
Plynové tepelné čerpadlo vzduch-voda / radiátorové vykurovanie		
Plynové tepelné čerpadlo vzduch-voda / nízko teplotné vykurovanie		

Zdroj: Vyhláška č. 324/2016 Z.z. Ministerstva dopravy, výstavby a regionálneho rozvoja Slovenskej republiky

Zoznam tabuliek

- Tab. 4.1 Hodnoty $Q_{H,nd,N}$
- Tab. 4.2 Preukázanie predpokladu splnenia energetickej hospodárnosti budovy
- Tab. 4.3 Návrhová vnútorná teplota a relatívna vlhkosť vnútorného vzduchu v zimnom období
- Tab. 4.4 Počet dní vykurovacieho obdobia, priemerná vonkajšia teplota
- Tab. 4.5 Teplotné redukčné faktory $b_{ztl;k;m}$ v závislosti od deliacej konštrukcie
- Tab. 4.6 Hodnoty súčiniteľov škárovej prievzdušnosti
- Tab. 4.7 Harmonogramy obsadenosti pre energetické výpočty
- Tab. 4.8 Celková priepustnosť slnečnej energie dopadajúcej kolmo na plochu transparentnej stavebnej konštrukcie $g_{gl,n}$
- Tab. 4.9 Celková energia slnečného žiarenia na jednotku plochy pre zimné mesiace
- Tab. 4.10 Parametre mesačného tienenia slnečného žiarenia prekážkami alebo vystupujúcimi konštrukciami; podrobnejšia metóda. Podľa tabuľky B.48a normy STN EN ISO 52016-1:2021
- Tab. 4.11 Mesačná stredná slnečná deklinácia δ_m (°)
- Tab. 4.12 Parametre mesačného tienenia slnečného žiarenia vplyvom vystupujúcich konštrukcií podľa Tabuľky B.46 normy STN EN ISO 52016-1:2021
- Tab. 4.13 Šírka tieňa vrhnutého každou bočnou stenou
- Tab. 4.14 Parametre mesačného tienenia slnečného žiarenia vplyvom bočných stien podľa Tabuľky B.47 normy STN EN ISO 52016-1:2021
- Tab. 4.15 Súčiniteľ pohltivosti slnečného žiarenia vonkajšími nepriesvitnými povrchmi podľa Tabuľky B.29 normy STN EN ISO 52016-1:2021
- Tab. 4.16 Súčinitele prestupu tepla na povrchu (podľa STN EN ISO 13789)
- Tab. 4.17 Faktor zobrazenia oblohy podľa Tabuľky B.30 normy STN EN ISO 52016-1:2021
- Tab. 4.18 Predvoľby hodnôt vnútornej efektívnej tepelnej kapacity
- Tab. 4.19 Typy budov podľa stavebných konštrukcií - kategórie na určenie vnútornej tepelnej kapacity podľa STN 73 0540-2+Z1+Z2:2019
- Tab. 4.20 Hodnoty referenčného číselného parametra $\alpha_{H;0}$ a referenčnej časovej konštanty $\tau_{H;0}$ pre výpočet faktora využitia tepelných ziskov podľa Tabuľky B.34 normy STN EN ISO 52016-1:2021
- Tab. 4.21 Škála energetických tried pre potrebu energie na prípravu teplej vody
- Tab. 4.22 Referenčné hodnoty ročnej potreby tepla na prípravu teplej vody
- Tab. 4.23 Škála energetických tried pre potrebu energie na prípravu teplej vody
- Tab. 4.24 Faktory využitia energie pre rôzne zdroje tepla a energetické nosiče
- Tab. 4.25 Škála energetických tried pre potrebu energie na vykurovanie
- Tab. 4.26 Škála energetických tried pre potrebu energie na vykurovanie
- Tab. 4.27 Faktory využitia energie pre rôzne zdroje tepla a energetické nosiče
- Tab. 4.28 Škála energetických tried pre potrebu energie systému núteného vetrania a chladenia
- Tab. 4.29 Škála energetických tried pre potrebu energie systému núteného vetrania a chladenia
- Tab. 4.30 Škála energetických tried celkovej potreby energie budovy
- Tab. 4.31 Škála energetických tried globálneho ukazovateľa – primárna energia
- Tab. 4.32 Prepočítavacie faktory primárnej energie
- Tab. 4.33 Prepočítavacie faktory emisií CO₂

Zoznam obrázkov

- Obr. 4.1 Budova – Projektová miestnosť
- Obr. 4.2 Podiel energetických tried školských budov na Slovensku za obdobie rokov 2016 – 2021
- Obr. 4.3 Trend vybraných energetických tried nových školských budov od roku 2016 do 2021 na Slovensku

- Obr. 4.4 Trend vybraných energetických tried obnovovaných školských budov od roku 2016 do 2021 na Slovensku
- Obr. 4.5 Budovanie infraštruktúry pre elektromobily v rámci výstavby nových a obnovovaných školských budov
- Obr. 4.6 Miesta spotreby energie v školskej budove
- Obr. 4.7 Vzťah medzi ISO 52016-1 a ISO 52017-1
- Obr. 4.8 Vzťah medzi ISO 52016-1 a inými normami EHB
- Obr. 4.9 Geometria jednoduchých vystupujúcich konštrukcií alebo bočných stien
- Obr. 4.10 Tienenie priameho slnečného lúča vplyvom objektov tienenia
- Obr. 4.11 Mesačné výpočtové postupy: rozdelenie oblohy do 8 segmentov, so 4 segmentami vzhľadom na tienený objekt
- Obr. 4.12 Všeobecná schéma základných prvkov systému prípravy teplej vody
- Obr. 4.13 Grafické znázornenie postupu pre stanovenie potreby energie systému prípravy teplej vody
- Obr. 4.14 Grafické znázornenie postupu pre stanovenie dodanej energie systému prípravy teplej vody
- Obr. 4.15 Systém prípravy teplej vody – potreba tepla na prípravu teplej vody
- Obr. 4.16 Systém prípravy teplej vody – podsystem distribúcie teplej vody
- Obr. 4.17 Systém prípravy teplej vody – podsystem akumulácie teplej vody
- Obr. 4.18 Potreba energie systému prípravy teplej vody
- Obr. 4.19 Systém prípravy teplej vody – podsystem zdroja tepla
- Obr. 4.20 Dodaná energia systému prípravy teplej vody
- Obr. 4.21 Všeobecná schéma základných prvkov systému vykurovania
- Obr. 4.22 Grafické znázornenie postupu pre stanovenie potreby energie systému vykurovania
- Obr. 4.23 Grafické znázornenie postupu pre stanovenie dodanej energie systému vykurovania
- Obr. 4.24 Systém vykurovania – potreba tepla na vykurovanie
- Obr. 4.25 Grafická schéma výpočtu potreby tepla na vykurovanie
- Obr. 4.26 Systém vykurovania – podsystem odovzdávania (emisie) tepla
- Obr. 4.27 Inteligentné termostatické hlavice ovládané prostredníctvom mobilného telefónu
- Obr. 4.28 Systém vykurovania – podsystem distribúcie tepla
- Obr. 4.29 Systém vykurovania – podsystem akumulácie tepla
- Obr. 4.30 Potreba energie systému vykurovania
- Obr. 4.31 Systém vykurovania – podsystem zdroja tepla
- Obr. 4.32 Dodaná energia systému vykurovania
- Obr. 4.33 Všeobecná schéma základných prvkov systému núteného vetrania a chladenia
- Obr. 4.34 Grafické znázornenie postupu pre stanovenie potreby energie systému núteného vetrania a chladenia
- Obr. 4.35 Grafické znázornenie postupu pre stanovenie dodanej energie systému núteného vetrania a chladenia
- Obr. 4.36 Systém núteného vetrania a chladenia – potreba chladu na chladenie
- Obr. 4.37 Grafická schéma výpočtu potreby chladu na chladenie
- Obr. 4.38 Systém núteného vetrania a chladenia – podsystem odovzdávania vzduchu a chladu
- Obr. 4.39 Systém núteného vetrania a chladenia – podsystem distribúcie vzduchu a chladu
- Obr. 4.40 Systém núteného vetrania a chladenia – podsystem akumulácie chladu
- Obr. 4.41 Potreba energie systému núteného vetrania a chladenia
- Obr. 4.42 Systém núteného vetrania a chladenia – podsystem zdroja vetrania a zdroja chladu
- Obr. 4.43 Dodaná energia systému núteného vetrania a chladenia
- Obr. 4.44 Systém umelého osvetlenia v budove
- Obr. 4.45 Celková potreba energie budovy
- Obr. 4.46 Primárna energia v závislosti od energetického nosiča
- Obr. 4.47 Emisie CO₂ v závislosti od energetického nosiča

Zoznam literatúry

Vyhláška č. 324/2016 Z.z. Ministerstva dopravy, výstavby a regionálneho rozvoja Slovenskej republiky

Zákon č. 555/2005 Z. z. o energetickej hospodárnosti budov a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov

Zákon č. 321/2014 Z. z. o energetickej efektívnosti a o zmene a o doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov

Vyhláška MDVRR SR č. 364/2012 Z. z., ktorou sa vykonáva zákon č. 555/2005 Z. z. o energetickej hospodárnosti budov a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov

Vyhláška č. 35/2020 Z. z. MDVRR SR z 11. februára 2020, ktorou sa mení a dopĺňa vyhláška Ministerstva dopravy, výstavby a regionálneho rozvoja Slovenskej republiky č. 364/2012 Z. z., ktorou sa vykonáva zákon č. 555/2005 Z. z. o energetickej hospodárnosti budov a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov v znení vyhlášky č. 324/2016 Z. z.

Nehnuteľnosti a Bývanie ISSN 1336-944X, 01/2012 strana 42

Andrej Adamuščin: Plánovanie dispozičného riešenia, Štandardy priestorov a charakteristika vybraných kancelárskych priestorov, Nehnuteľnosti a Bývanie ISSN 1336-944X

STN 73 0540-2+Z1+Z2:2019 Tepelná ochrana budov. Tepelnotechnické vlastnosti stavebných konštrukcií a budov. Časť 2: Funkčné požiadavky. Konsolidované znenie (73 0540)

STN EN 16798-1:2019 Energetická hospodárnosť budov. Vetranie budov. Časť 1: Vstupné údaje o vnútornom prostredí budov na navrhovanie a hodnotenie energetickej hospodárnosti budov – kvalita vzduchu, tepelný stav prostredia, osvetlenie a akustika. Modul M1-6

STN EN 16798-7:2017 Energetická hospodárnosť budov. Vetranie budov. Časť 7: Metódy výpočtu na stanovenie prietokov vzduchu v budovách vrátane infiltrácie. (Modul M5-5)

STN EN ISO 10077-1:2020 Tepelnotechnické vlastnosti okien, dverí a okeníc. Výpočet súčiniteľa prechodu tepla. Časť 1: Všeobecne (ISO 10077-1: 2017, opravená verzia 2020-02)

STN EN ISO 10211:2019 Tepelné mosty v stavebných konštrukciách. Tepelné toky a povrchové teploty. Podrobné výpočty (ISO 10211: 2017)

STN EN ISO 12631:2018 Tepelnotechnické vlastnosti závesných stien. Výpočet súčiniteľa prechodu tepla (ISO 12631: 2017)

STN EN ISO 13789:2019 Tepelnotechnické vlastnosti budov. Merný tepelný tok prechodom tepla a vetraním. Výpočtová metóda (ISO 13789: 2017)

STN EN ISO 52000-1:2019 Energetická hospodárnosť budov. Zastrešujúce posúdenie energetickej hospodárnosti budov (EHB). Časť 1: Všeobecný rámec a postupy (ISO 52000-1: 2017)

STN EN ISO 52010-1:2021 Energetická hospodárnosť budov. Podmienky vonkajšieho prostredia. Časť 1: Konverzia klimatických údajov na energetické výpočty (ISO 52010-1: 2017)

STN EN ISO 52016-1:2021 Energetická hospodárnosť budov. Výpočet potreby tepla na vykurovanie a chladenie, vnútorné teploty a citeľné a latentné tepelné zaťaženie. Časť 1: Výpočtové postupy (ISO 52016-1: 2017)

STN EN ISO 52017-1:2018 Energetická hospodárnosť budov. Citeľné a latentné tepelné zaťaženie a vnútorné teploty. Časť 1: Všeobecné výpočtové postupy (ISO 52017-1: 2017)

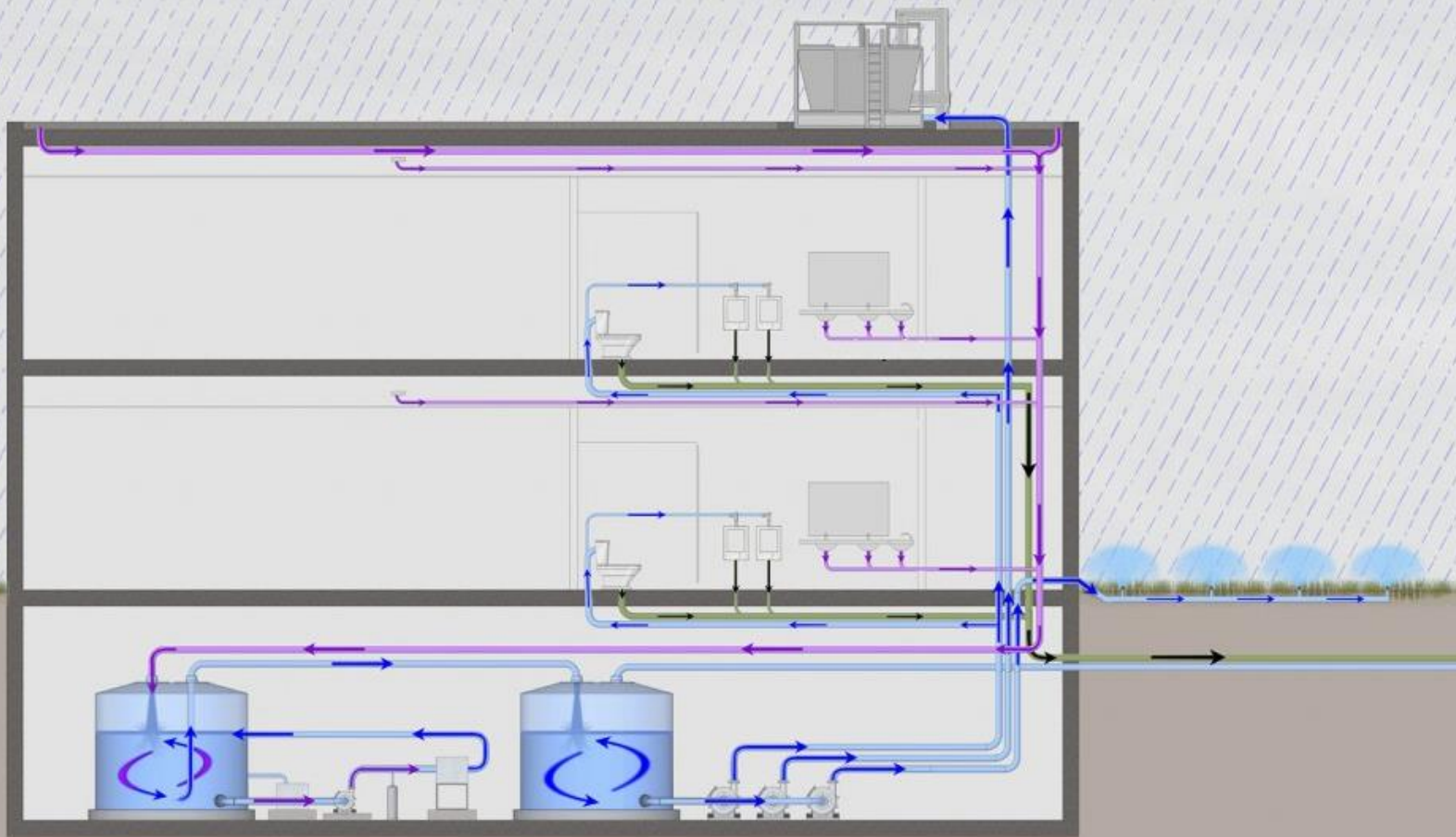
TNI CEN ISO/TR 52016-2:2021 Energetická hospodárnosť budov. Výpočet potreby tepla na vykurovanie a chladenie, vnútorné teploty a citeľné a latentné tepelné zaťaženie. Časť 2: Vysvetlenie a zdôvodnenie ISO 52016-1 a ISO 52017-1 (ISO/TR 52016-2: 2017)

<https://www.ecopoint.sk>

https://www.stuba.sk/buxus/docs/stu/ustavy/ustav_manazmentu/NAB2012-2/clanok4.pdf

<https://www.inforeg.sk/ec/>

www.danfoss.com



VYUŽÍVANIE DAŽĎOVEJ VODY

Z. Vranayová

5

VYUŽÍVANIE DAŽĎOVEJ VODY

Celkovou zmenou klímy a predovšetkým zvýšením globálnej teploty sa v mnohých oblastiach sveta - a Slovensko nie je výnimkou - stretávame so zníženou kvantitou a kvalitou podzemných zásob vody. I preto sa v západnej Európe a hlavne ostrovných krajinách rozšírilo využívanie dažďovej vody. V našich zemepisných šírkach dopadne ročne na 100 m² strechy v priemere 55 m³ dažďovej vody. Táto voda je samozrejme iba úžitkovou vodou. Zaujímavosťou však je, že sa ňou dá nahradiť až 60 % spotrebovanej vody v Európe. „Rainwater harvesting“ - manažment využívania dažďových vôd - je technológia zachytávania, odvádzania a akumulácie dažďovej vody pre jej ďalšie použitie z rôznych povrchov, ako sú strechy budov, okolité urbanizované plochy a zatravnené plochy. Vo všeobecnosti dažďovú vodu buď zachytávame pre jej ďalšie použitie alebo ju pomocou infiltračných systémov necháme vsakovať do podzemnej vody, čo zohráva dôležitú úlohu v udržiavaní stálej hladiny podzemnej vody. Tento prístup je možné využívať ako u nových, tak aj u rekonštruovaných budov pre školstvo.

Skúsenosti a mnohé výskumy dokázali, že o kvalitu dažďovej vody nie je potrebné mať obavy. Minimálne množstvo organických živín, ktoré obsahuje prefiltrovaná dažďová voda, sa rýchlo rozloží pomocou mikroflóry žijúcej na vnútornom povrchu zásobníka. Na základe chemických rozborov sa zistilo, že čerstvá dažďová voda má často lepšie chemické zloženie ako miestna pramenitá voda. Jej vysokú kvalitu zabezpečuje uloženie zásobníkov pod povrchom zeme bez prístupu slnečného svetla pri teplote zeme 9 až 12 °C. Zásobníky sa zhotovujú v objeme, aby vedeli zadržať asi trojtýždňovú zásobu úžitkovej vody od jednej zrážkovej udalosti po nasledujúcu. Ak ide o budovu s intenzívnou zeleňou na nej alebo jej okolí, objem zásobníka sa zväčšuje, a každých 25 m² strechy môže zásobovať asi 1m³ zásobníka. Zrážkovou vodou možno dokonca aj vykurovať, a to na princípe tepelného čerpadla.

5.1 Zásobovanie školských budov vodou

Stratégia udržateľného hospodárenia s vodou je založená jednak na vedomom šetrení vodou a ochrane vodných zdrojov, tak aj na využití vody s rozličnou kvalitou na zodpovedajúce použitie, respektíve decentralizovanom čistení vody a jej opätovnom začlenení do prírodného kolobehu. Alternatívne bežne dostupné zdroje vody a ich kolobeh pre školské budovy je zrejmy z Obr. 5.1.

5.1.1 Typy vôd používaných v školských budovách

Pitná voda - je voda v pôvodnom stave alebo po úprave, určená na pitie, varenie, prípravu potravín alebo iné účely, bez ohľadu na pôvod a na to, či bola dodaná z verejnej siete, cisterny alebo ako voda balená. Je to voda sladká, tvoriaca nevyhnutnú zložku ľudskej potravy. Jej najčastejším zdrojom je voda zrážková, podzemná voda alebo s obmedzením voda povrchová z riek a jazier.

Podzemná voda - je najrozšírenejším druhom vodárensky využívaných vôd u nás, predstavuje 86 % podiel zásobovania obyvateľstva. Jej kvalita závisí od filtračnej schopnosti vodonosných vrstiev a od blízkosti zdrojov znečistenia. Základnými prieskumnými objektmi sú hydrogeologické vrty, ktorými sa najčastejšie určujú charakteristiky podzemnej vody. Jej zdrojom pre školské budovy sú studne.

Odpadová voda - je voda použitá v budovách, ktorá má zmenenú kvalitu (predovšetkým zloženie alebo teplotu). Zákon č. 184/2002 Z. z. v § 2 ods. 10 charakterizuje vodu splaškovú ako vodu, ktorá pochádza z budov, predovšetkým z ľudského metabolizmu a činností.

Splašková voda – ako tekutý odpad produkovaný činnosťami ľudí v školskej budove, má dve hlavné zložky:

- Voda sivá – z používania zariadení na umývanie,
- Voda čierna - zo záchodov a výleviek.

Bežne sú tieto dva typy vôd zlúčené a vypúšťané do jednotného systému kanalizácie ako „splašky“.

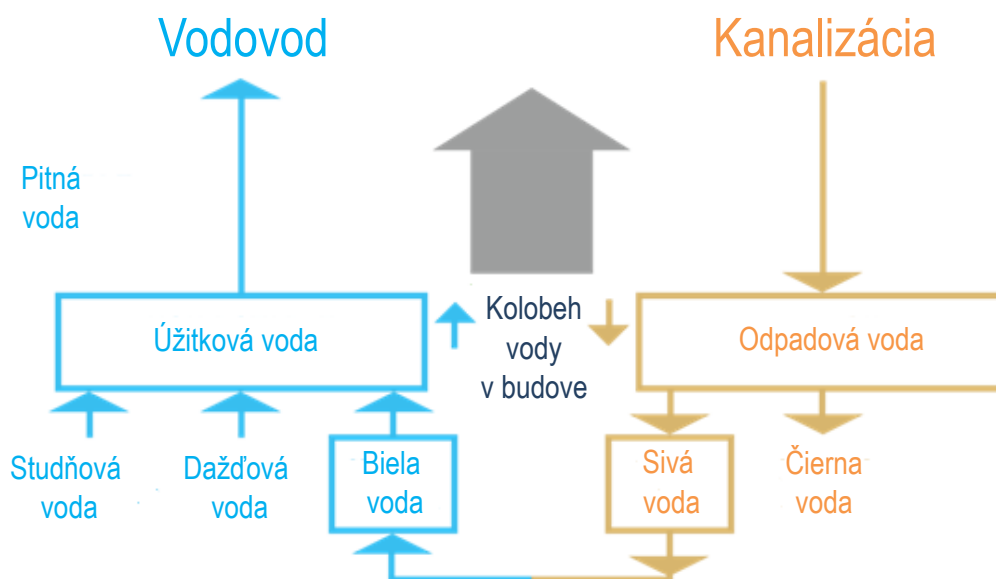
Sivá voda - obsahuje málo tuhých znečisťujúcich častíc a za vhodných okolností môže byť recyklovaná. Ak systém inštalácií umožňuje rozdelenie týchto zložiek, môže byť v období sucha použitá napríklad na zavlažovanie zelene. Jeden človek vyprodukuje za rok okolo 500 litrov moču (s vodou tvoriaci tzv. žltú vodu), 50 litrov fekálií (s vodou tzv. hnedá voda) a asi 25 000 litrov ostatných odpadových vôd okrem odpadovej vody z toaliet (sivá voda). V prípade, že sa žltá a hnedá voda vedú spoločne, hovoríme o čiernych vodách. Ak sa nakladá a hospodári s jednotlivými druhmi odpadových vôd oddelene, možno ich jednoduchšie opätovne využívať (recyklovať), napr. premeniť na prírodné hnojivo.

Dažďová voda - pôsobením chladu vyparená voda kondenzuje a padá na zem vo forme mrholenia, dažďa, krupobitia alebo snehu. Tejto forme hovoríme aj atmosférické zrážky.

Zrážková voda z povrchového odtoku - pôvodne čistá destilovaná voda prechodom cez atmosféru príberie jemné prachové častice a aerosóly. Nasýti sa vzdušným CO₂, čím získa mierne kyslý charakter. Tento svoj názov dostáva po dopade na spevnené plochy na budove a v jej okolí. Problémom je, že z väčšiny zastavaných oblastí sa dnes nedostáva prirodzenou cestou naspäť do kolobehu vody v prírode, čo chceme našim prístupom zmeniť (viac v kapitole 5.4).

Úžitková voda - je voda vyrábaná z pitnej vody buď jej ohrevom (teplá voda), resp. prečistením sivej odpadovej vody alebo zrážkovej vody z povrchového odtoku. Prečistením sa tieto vody menia na úžitkovú - tzv. bielu vodu.

Obr. 5.1 Udržateľné vodné hospodárstvo školskej budovy



5.1.2 Spotreba vody v školských budovách

Na Slovensku žijeme vo vzácnom pásme, kde k nám bola príroda v oblasti podzemných zdrojov vôd pomerne štedrá a ani doterajšie zmeny klimatických podmienok nespôsobujú u nás tragické scenáre s vodným stresom a hroziacimi dňami nula, ako je tomu v iných oblastiach sveta. Na druhej strane, v dôsledku pretrvávajúceho sucha a tepla, ako aj nedisciplínou pri odkanalizovaní mnohých budov, museli byť už v niektorých regiónoch Slovenska vyhlásené opatrenia na regulované využívanie pitnej vody (napr. zákaz polievania záhrad, napúšťania bazénov, nevyužívanie vody ako zdroja pitnej vody). Celosvetová zmena klímy má negatívny vplyv predovšetkým na zdroje vody s menšou výdatnosťou. V roku 2017 sa ako prvá metropola bez vody neslávne preslávilo Kapské mesto. Aj iné mestá začínajú v ďalších teplotne nadpriemerných rokoch pociťovať podobný problém (Londýn, Tokio, Rím). Budovy sa počas posledných rokov vybavujú úspornými sofistikovanejšími zariadeniami, ktoré umožňujú regulovať spotrebu vody, ako sú dvojité splachovače na WC, senzorové splachovače, resp. výtoky vody a iné. Takto vďaka technickému pokroku vodou výrazne ušetríme. Svoj podiel na znížení špecifickej spotreby vody pre školské budovy má aj cena pitnej vody dodávaná verejnými vodovodmi a platba za konkrétne odobrané množstvo vody.

Pri úvahe o alternatívnych zdrojoch vôd pre školskú budovu, je potrebné v prvom rade riešiť uvedomelé znižovanie spotreby vody nasledovnými opatreniami:

- aktívnymi - zníženie odberu vody bez zmenšenia užívateľského komfortu (technické inovácie),
- pasívnymi - na základe finančného zainteresovania užívateľa, na úkor užívateľského komfortu (meraním vody).

Aktívne opatrenia

Najúčinnejšie je zavedenie technicky a ekonomicky opodstatnených vylepšení priamo na odberných miestach v spotrebisku vody (v školskej budove) všade tam, kde sa voda využíva na hygienu, upratovanie či varenie. Pri použití novodobých technických prostriedkov za účelom úspory vody v školských budovách je možné ušetriť ročne od 29 % do 44 % pitnej vody.

Obr. 5.2 Príklady úsporných zariadení na redukciu prietoku vody v školských budovách



Úsporná miešacia batéria

Senzorová batéria

Dvojité splachovanie WC

Zdroj: www.ecoproduct.sk

Na obrázku 5.2 sú ilustratívne uvedené typy zariadení, ktoré je možné v školských budovách použiť na významné šetrenie pitnej vody:

- pákové batérie - dokážu ušetriť až 40 % vody voči klasickým ventilovým výtokom. Vyšší stupeň predstavujú batérie s eco-click systémom. Zdvihnutie páky pustí prietok iba po istú hranicu, pre vyšší prietok je potrebné prekonať mierny odpor a zatlačiť tlačidlo,
- perlátory - koncovka pri výtoku armatúry premiešavajúca vodu so vzduchom, čím sa zníži spotreba vody až o 50 % bez ujmy na komforte umývania,
- termostatické batérie - automaticky miešajú teplú a studenú vodu podľa nastavenej požadovanej teploty na výtoku, môžu ušetriť až 50 % vody,
- senzorové batérie - vodu ovláda infračervený senzor, ktorý ju spustí iba vtedy, keď zamestnanec má pod batériou ruky. Voda neodteká zbytočne pred ani po umývaní rúk. Ušporia 70 % z celkovej ročnej spotreby vody a zároveň je zabezpečené bezdotykové hygienické ovládanie, ktoré oceníme najmä v čase pandémie typu COVID-19,
- duálne splachovače WC - pri ktorých systém pracuje s dvomi rôznymi množstvami vody. Spotreba vody je štandardne 3 l na malé spláchnutie (menšie tlačidlo) a 6 l na veľké spláchnutie (veľké tlačidlo). Duálny systém splachovania ušetrí až 40 % ročnej spotreby vody,
- systém štart / stop - pri ktorom stlačenie tlačidla splachovanie aktivuje a opätovné stlačenie ho zastaví. Maximálne do odpadového systému tak záchod spláchnu 6 l vody,
- umývadlo prepojené s WC alebo pisoárom - voda z umývadla sa zhromaždí v nádržke, zbaví sa väčších nečistôt a následne slúži na splachovanie toalety či pisoáru. Ročne sa tak ušetrí až 83 % vody určenej na spotrebu pri splachovaní (Obr. 5.5 a 5.6),
- bidety - spotreba toaletného papiera u nás výrazne prevyšuje používanie bidetov. Problém nedostatku miesta riešia bidetové sedadlá, ktoré ponúkajú viac funkcií ako len klasické umytie prúdom vody,
- splaškové podtlakové systémy (vákuové) – na spláchnutie WC využívajú iba 0,8 až 1,2 l vody; pre pisoár 0,6 l. Na Slovensku sa ale ešte podľa platnej legislatívy nemôžu použiť (5.3).

Obr. 5.3 Vákuové šetriace toalety



Zdroj: <https://evac.com/products/evacelogatedvacuuntoilet/>

5.2 Využitie odpadových vôd v školských budovách

V Európe, a pomaly už aj na Slovensku, je bežné využívať zrážkovú a studňovú vodu ako vodu úžitkovú. Začlenenie studňovej vody a menej znečistenej odpadovej vody do vodného hospodárstva školských budov je zrejmé zo schémy na Obrázku 5.1. Recyklovaná sivá voda ešte nie je v našich podmienkach veľmi rozšírená, hlavne kvôli nedôvere užívateľov, nízkej ochote schvaľovacích orgánov, či chýbajúcej podpore pre projektantov a príkladov dobrej praxe s návodmi. Medzi hlavné výhody využitia upravených zrážkových a sivých vôd radíme zníženie spotreby pitnej vody a tým zníženie poplatkov za vodné. Je potrebné si však uvedomiť, že prínosy musíme merať v celkovom kontexte, môže vzniknúť síce finančná úspora ušetrením vody, zvýšené ale môžu byť náklady investičné a za údržbu týchto systémov.

Prednostne sa upravená sivá voda v školských budovách používa na:

- splachovanie WC;
- polievanie zelene;
- upratovanie.

Vylúčené je jej použitie ako pitnej vody a na prípravu jedla, na účely osobnej hygieny, resp. v systémoch priameho použitia bez úpravy. Odpadové vody z drezov, prípadne aj drvičov väčšinou vyradujeme zo zdrojov sivej vody, pretože obsahujú mikrobiálne znečistenie, oleje a tuky, ktoré sťažujú čistenie vody a môžu mať negatívny vplyv na životné prostredie. Sivá voda sa podľa zdroja odlišuje objemom a zložením, čo si vyžaduje rôzne úrovne čistenia v závislosti od zamýšľaného použitia. Najvhodnejšie sa javí použitie ľahkej sivej odpadovej vody z umývadiel. Systémy sivej vody sa líšia zložitosťou a veľkosťou, delíme ich do skupín (pozri Tab. 5.1). Sivá voda sa môže tiež využívať na spätné získavanie tepla alebo na chladenie. Princípy a návrh týchto aplikácií ale nie je obsahom tejto kapitoly.

Tab. 5.1 Systémy pre využitie sivej vody podľa zložitosti, veľkosti a spôsobu úpravy podľa STN EN 16941 -2

Systém priameho využitia sivej vody bez úpravy

- využíva jednoduché zariadenie pre zachytávanie sivej vody zo zariadení predmetov a rozvod priamo do miesta odberu
- bez úpravy, s minimálnou akumuláciou

Sivú vodu je možné využívať bez úpravy ak nie je potrebná jej dlhšia akumulácia. Kvalita neupravenej sivej vody sa rýchlo zhoršuje, preto musí byť zachytená sivá voda využitá čo najskôr. Príklad: podpovrchové zavlažovanie a využitie bez postreku.

Systém s krátkou dobou zdržania

- využíva iba jednoduchú úpravu, napr. odstraňovanie nečistôt z hladiny zachytenej vody, usadzovanie na dne nádrže
 - cieľom je zabrániť problémom so zápachom a zhoršenou kvalitou - upravená sivá voda nie je akumulovaná na dlhší čas.
-

Systém so základným mechanickým/ chemickým čistením

- využíva filter na odstraňovanie nečistôt zo zachytenej sivej vody pred akumuláciou a na zamedzenie rastu baktérií počas akumulácie chemické dezinfekčné činidlá.
-

Biologický systém

- využíva baktérie na rozklad všetkých nežiadúcich organických látok v zachytenej sivej vode
 - pri aeróbnom čistení sa môžu používať technické zariadenia alebo vodné rastliny, ktoré vodu prevzdušňujú.
-

Bio-mechanický systém

- kombinuje biologické a mechanické čistenie, napr. odstraňovanie organických látok mikrobiálnymi kultúrami a separáciu pevných látok - bakteriálna aktivita je podporovaná prevzdušňovaním.
-

Upravená sivá voda môže prispieť k šetreniu vody hlavne pri školských budovách, kde:

- chýba napojenie na vodovod a kanalizáciu,
- sú vysoké ceny za vodne a stočné,
- majiteľ/ správca chce znížiť spotrebu vody alebo byť nezávislý od verejného zdroja vody,
- je udržateľnosť a ochrana životného prostredia životným štýlom majiteľa budovy.

5.3.1 Separácia odpadových vôd

Ľudské výkaly tvoria odpad, ktorého sa snažíme zbaviť čo najskôr a bez priameho kontaktu. Pre ľudí bol vynález splachovacieho záchodu veľkou úľavou a významným krokom v oblasti hygieny. Na druhej strane vďaka nemu zároveň dochádza k znečisťovaniu pôdy, povrchových aj podzemných vôd fekáliami. Exkrementy pritom obsahujú tiež množstvo živín, ktoré sa spláchnutím do vody nenávratne strácajú. Príkladom využitia odpadovej vody ako zdroja surovín, je oddelené zhromažďovanie moču a jeho následné spracovanie, s cieľom využiť z neho niektoré významné látky (predovšetkým fosfor a dusík). Separácia moču je pri opätovnom využití odpadových vôd len jedným z krokov, prináša však niekoľko výhod, napr. úsporu pitnej vody, odľahčenie čistiarní odpadových vôd (ČOV), aj zberných nádrží.

Bezvodné pisoáre- už boli aj v podmienkach Slovenska úspešne overené. Pisoárová misa je močovo odpudivá a moč, ktorý je 99 % tekutina, sa odvádza bez pomoci splachovacej vody (Obr. 5.4).

Rozdiely suchého pisoáru oproti klasickému sú:

- Klasické vodou plnené zápachové uzávery sú nahradené eko-sifónom na jedno použitie,
- Na povrchu je vrstva nemiešateľnej tekutiny plávajúcej na vrchu vrstvy moču, ktorá bráni vstupu kanalizačných plynov a chráni pred únikom odérov,
- Dávka modrej tekutiny postačuje na viac ako 1 500 použití, pričom nahradí najmenej 5 500 l splachovacej vody. Podlieha rozkladu a taktiež eko-sifón je recyklovateľný,
- Nevyžadujú špeciálnu periodickú údržbu, či pravidelné čistenie odlišné od klasických pisoárov. Využíva sa čistič v spreji, špongia, mop na utretie,
- 2x mesačne je potrebné doplniť 90 ml tesniacej tekutiny, eko-sifón vymieňať 2 až 4x ročne, v týždňových intervaloch skontrolovať, ak je potrebné, vymeniť,
- Pri výmene náplne sifónu je potrebné kontrolovať silikónové tesnenie, resp. vymeniť ho po troch rokoch, kvôli skrytým nečistotám alebo baktériám,

Obr. 5.4 Bezvodý pisoár



Zdroj: www.zoro.com/resourcehub/guide-to-waterless-urinals/

5.3.2 Opätovné použitie vôd a recyklácia

Opätovné používanie vody a recyklácia je spôsob šetrenia vodou, ak sa táto v školskej budove či na jej príslušnom pozemku využije viackrát. Viacnásobné opätovné používanie vody je užitočné využitie vody pre iné aplikácie, ako bola pôvodne použitá, zatiaľ čo recyklácia vody je prospešné využitie vody pre rovnakú aplikáciu, na akú bola už použitá.

Zariadenia na recykláciu

Úspešná aplikácia stratégie opätovného použitia vody si vyžaduje posúdenie stupňa čistoty potrebného pre každý druh vody (voda pitná, úžitková). Systém opätovného používania vody zahŕňa integráciu odpadových vôd jedného typu ako zdroja pre iný systém. Úspech spočíva vo vyvážení stupňa kvality vody vstupujúcej pre jedno použitie, s kvalitou vody opúšťajúcej nasledovné využitie. Opätovné použitie odpadovej vody môže byť hospodárnou a efektívnou stratégiou pre zníženie spotreby vody v „zelenej“ školskej budove. Stratégia opätovného použitia vody môže mať vplyv aj na estetiku budovy. Príkladom recyklácie odpadových vôd (OV) môžu byť aj špeciálne zariadenia predmety dva v jednom (Obr. 5.5, 5.6). Pri využití odlišných druhov OV v budovách je možné kombinované riešenie podľa schémy (Obr. 5.7). Vhodne sa dajú pritom využiť aj zelené strechy, resp. fasády školskej budovy (Obr. 5.8).

Obr. 5.5 Šetriaca toaleta s umývadlom



Zdroj: www.ecoproduct.sk

Obr. 5.6 Šetriaci pisoár s umývadlom pre použitie na toaletách v školských budovách



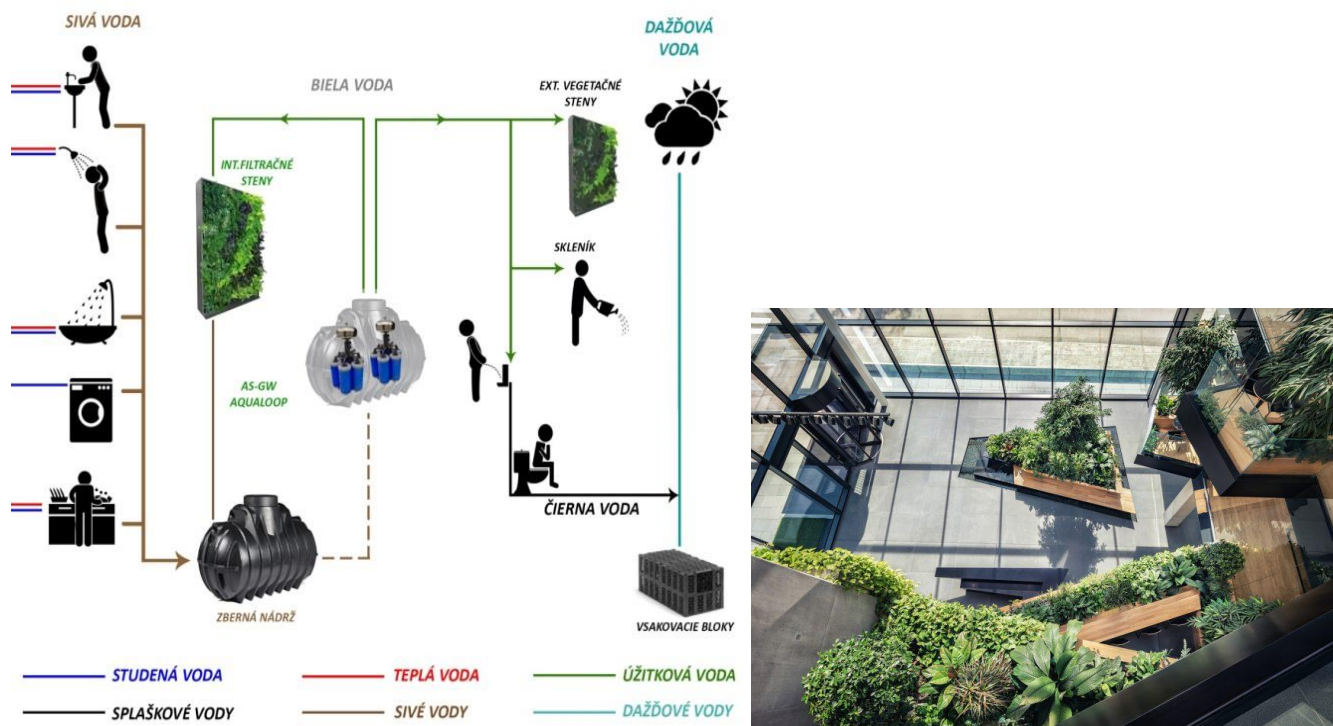
Zdroj: www.npr.org/sections/alltechconsidered/2013/07/09/200367795/the-sink-urinal-saves-water-encourages-men-to-wash-hands ; <https://laughingsquid.com/eco-urinal-a-combination-urinal-sink/>

Obr. 5.7 Schéma využitia rôznych druhov odpadových vôd v školskej budove a v jej okolí



Zdroj: <https://www.dotacedestovka.cz>

Obr. 5.8 Využitie rôznych druhov odpadových vôd v kombinácii so zelenými infraštruktúrami v školskej budove



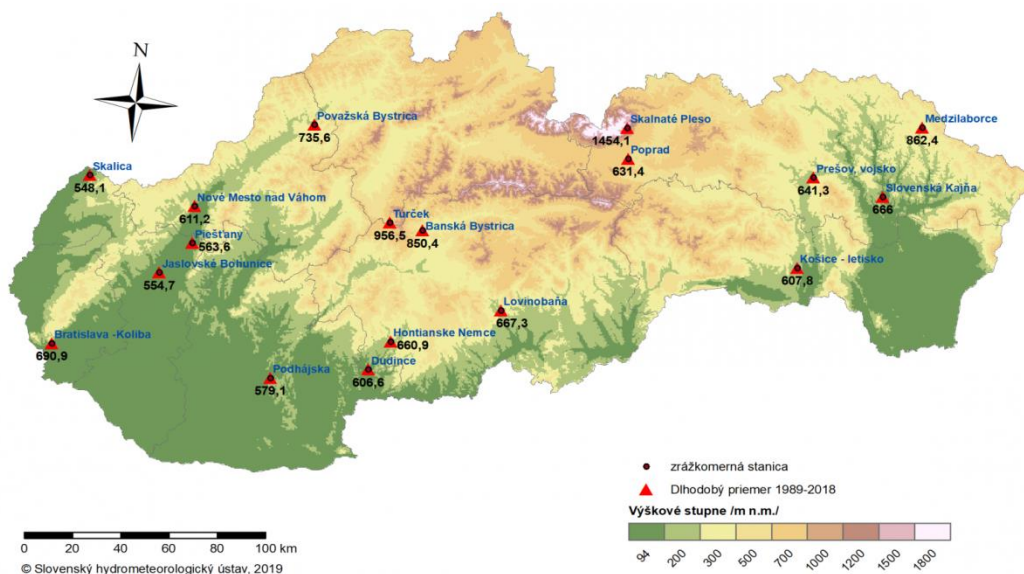
Zdroj: Káposztásová, D., Vranayová, Z.: Vodný manažment pre budovy 3. milénia. In: Eurostav. Roč. 24, č. 1-2 (2018), s. 18-21. - ISSN 1335-1249

<https://retaildesignblog.net/2021/02/12/desizo-monni-administrative-building-by-aa-architects/>

5.4 Využitie zrážkových vôd

Akumulácia dažďových vôd môže zapríčiniť zmeny v pôde a vo vodnom režime, čo vedie k zhoršeniu prirodzenej obnovy podpovrchových vôd a má negatívny vplyv na chemické a biologické pomery nad i pod terénom. Navyše sa aj napriek technickým opatreniam pri extrémnych zrážkach nemusí podariť odvieť všetku vodu a môže dôjsť k povodňam alebo väčšiemu znečisteniu malých tokov v našich mestách. Situáciu môže zlepšiť včlenenie zrážkových vôd z povrchového odtoku späť do prírody, a to čo najbližšie k miestu ich dopadu. Dôležité je pritom znížiť povrchový odtok a zvýšiť vsakovanie vody na danom mieste, až potom nastupuje odvedenie do stokovej siete. Využívanie dažďových vôd prispieva k ochrane zdrojov pitnej vody, pomáha tiež znížiť náklady na zásobovanie vodou a chrániť ľudské životy a majetok pred záplavami, pretože časť z nich sa pri výdatných zrážkach zachytí. Zachytávanie zrážkovej vody z povrchového odtoku znamená poznať a využiť jednoduchú techniku so značnými výhodami. Racionálne využívanie vodných zdrojov by malo byť neoddeliteľnou súčasťou environmentálnej tvorby administratívnych budov tretieho tisícročia. Táto stratégia môže byť použitá na zníženie spotreby vody pre také aplikácie, kde zdroje pitnej vody sú ekonomicky neúnosné (napr. na polievanie zelene a splachovanie toaliet). Vody z atmosférických zrážok uložené v cisternách môžu poskytovať pohotovostné zdroje vody v čase núdze, alebo dodatočné zdroje vody v čase zvýšenej spotreby. A už spomenuté zachytávanie a zhromažďovanie dažďovej vody zo striech a nepriepustných povrchov znižuje prietok riečnych tokov a priaznivo vplyva na nežiaduce záplavy. Ekonomicky môžu zrážkové vodné systémy viesť k zníženiu nákladov na dodávku vody. Zrážková voda je k dispozícii zadarmo, nemusí sa nákladne upravovať a cez dlhé trasy transportovať, pri jej využívaní je nižšia energetická náročnosť, zatiaľ čo ceny za odber, prípravu a dopravu pitnej vody rastú súbežne so znehodnocovaním podzemnej vody. Čerpadlá, ktoré prepravujú pitnú vodu dlhým potrubím potrebujú na prekonanie hydraulického odporu a vodného tlaku elektrickú energiu. Rozumné využitie zrážkových vôd z povrchového odtoku znamená zníženie potreby retenčných nádrží a ochranu pred povodňami, zníženie množstva odpadovej vody – v lokalite môžu byť budované menšie splaškové kanalizácie a čistiarne. Slovensko má celkovú rozlohu cez 49 000 km² a ročný priemer zrážok od 400 po 1000 mm (Obr. 5.9). Z týchto zrážok sa však iba 30 až 50 % sa presakovaním dostáva do podzemnej vody.

Obr. 5.9 Dlhodobý priemer úhrnu atmosférických zrážok (mm) na vybraných zrážkomerných staniciach Slovenska za obdobie 1989 - 2018



Zdroj: <https://www.shmu.sk>

Rozhodnutie o využití zrážkovej vody z povrchového odtoku v školskej budove by malo vychádzať z miestnych podmienok pre odvádzanie dažďovej vody do kanalizácie. Ďalším kritériom by mal byť pomer medzi možným využitím zrážkovej vody v objekte a nepravidelnosťou zrážok. Rozhodujúcu úlohu môže predstavovať nedostatok pitnej vody v danej lokalite ako aj cena vody.

5.4.1 Vlastnosti zrážkových vôd

Zrážková voda z povrchového odtoku má rozdielnu kvalitu v závislosti od podmienok pri spadnutí (Tab. 5.2 a 5.3). Má zásadne hodnotu pH v kyslej oblasti pod hodnotou 6. V závislosti od znečistenia ovzdušia klesá hodnota pH v extrémnych prípadoch na 3,5 až 4,5. Pri celkovom znečisťovaní prijíma zrážková voda jemne rozptýlené látky zo vzduchu - prach z priemyslu a pôdy. V oblastiach s intenzívnym poľnohospodárstvom sa môžu objaviť aj pesticídy a fungicídy. V blízkosti frekventovaných ulíc s výfukovými plynmi zasa aromatické uhľovodíky a ťažké kovy.

Tab. 5.2 Výhody a nevýhody využitia zrážkovej vody z povrchového odtoku

VÝHODY	NEVÝHODY
Mäkká voda, neobsahuje chlór a minerálne látky	Mierne zakalenie vody
Veľmi dobré rozpúšťacie účely - vynikajúca na umývanie dlážok, čistenie, zavlažovanie	Nespolahlivosť v dodávke vody v obdobiach sucha
Zadarmo - relatívne čistý zdroj vody, v mieste spotreby	Odporúča sa na nepitné účely
Zníženie prevádzkových nákladov	Správny návrh zásobníka, umiestnenie pre udržanie kvality vody
Šetrí vodné zdroje, trvalo udržateľný prístup	Vyššie vstupné náklady - rekonštrukcia
Využívanie nevyžaduje zložité technológie, zabezpečí vodu aj pri výpadku, poruchách siete	

Tab. 5.3 Zloženie zrážkovej vody z povrchového odtoku a požiadavky na použitie

ZLOŽENIE	ZAVLAŽOVANIE	UPRATOVANIE	TOALETY
Nerozpustné látky (NL)	Inertné NL sú neškodné	Pri vyšších koncentráciách nevhodné	
Organické látky	Inertné a ľahko odbúrateľné látky sú neškodné		Spravidla bez významného vplyvu
Ťažké kovy	Nebezpečenstvo akumulácie v pôdnej vrstve		
Pesticídy	Ohrozenie rastlín a pôdnych organizmov	Spravidla bez významného vplyvu	
Mikroorganizmy	Spravidla bez významného vplyvu		Spravidla bez významného vplyvu
Farba			
Zápach			Spravidla bez významného vplyvu
Agresivita vody			
Celkové posúdenie	Zrážková voda je vhodnejšia ako pitná	Použitie spravidla bez obmedzenia	Použitie spravidla bez obmedzenia

Zdroj: <https://voda.tzb-info.cz/vlastnosti-a-zdroje-vody/7024-potencial-vyuzivania-zraskovej-vody-z-povrchoveho-odtoku>

Zrážková voda neobsahuje vápnik, je to mäkká, minimálne znečistená destilovaná voda, ktorá je na viaceré účely vhodnejšia ako tvrdá pitná voda. Je vhodná na umývanie okien a podlahovín. Keďže neobsahuje chlór, hodí sa aj na polievanie zelene. Na kvetináčoch sa tak nevyskytne vápenatý povlak ako u zálievky používajúcej tvrdú vodu.

Zrážkovú vodu z povrchového odtoku je samozrejme možné používať i na splachovanie WC, čistenie, chladenie, ako požiarnu vodu a na dopĺňanie systémov centrálného zásobovania teplom.

5.4.2 Použitie upravených zrážkových vôd v školských budovách

Splachovanie

Splachovaním sa v školských budovách denne minie značné množstvo vody. Tomu sa dá v praxi vyhnúť využitím vody inej kvality ako vody pitnej. Prejavuje sa tu už spomínaná výhoda mäkkosti zrážkovej vody, vďaka čomu nedochádza k upchaniu WC vodným kameňom. Výrazne sa obmedzí i používanie silných čistiacich prostriedkov.

Upratovanie, čistenie

Zachytená zrážková voda z povrchového odtoku je mimoriadne vhodná na upratovanie, keďže má veľmi dobré rozpúšťacie účinky. Vhodná je najmä v oblastiach, kde je iná dostupná voda (podzemná, upravená) príliš tvrdá alebo obsahuje vyšší podiel železa, mangánu a pod.. Zrážkovú vodu môžeme využívať aj pri umývaní áut, upratovaní a čistení v tých miestach, kde nie je nevyhnutná hygienicky nezávadná pitná voda. Vo všetkých prípadoch sa využíva značne vysoké množstvo vody, a práve táto alternatíva je ekologicky aj ekonomicky prospešná. Voda zo zrážok má slabo kyslú reakciu od absorbovaného CO₂, a má tak aj prirodzenú odmasťovaciu schopnosť. Keďže sa vyznačuje takmer nulovou tvrdosťou, ušetrí sa pri použití prípravkov na zmäkčenie tvrdej pitnej vody a látok pôsobiacich proti vzniku vodného kameňa. Tiež pri jej využívaní je potrebné menšie čistiacich prostriedkov. Z dlhodobého hľadiska sa dá významne odbremeniť vodné toky a domové čistiarne od fosfátov a iných, pre prírodu cudzích látok.

Zavlažovanie

Celková mineralizácia atmosférickej vody sa spravidla pohybuje v rozmedzí od 10 do 100 mg/l. Táto voda nie je slaná, čím nedochádza k zasolovaniu pôdy. Okrem toho neobsahuje ani chlór. Pri polievaní zrážkovou vodou sa rastliny zároveň hnoja dusíkom. Vzdušný dusík sa rozpustí v kvapkách zrážkovej vody pri jej prechode cez atmosféru. Polievaním na listy sa dodáva dusíkaté hnojivo v jeho najprirodzenejšej forme, čo rastlinám prospieva, a to ako exteriérovým, tak aj interiérovým. Hospodárenie so zrážkovou vodou je v Belgicku, Nemecku či v Japonsku úplnou samozrejmosťou. Mnohé školské budovy, aj staršie, sú vybavené systémom na zadržiavanie takejto vody. Najväčší finančný efekt má využitie dažďovej vody pri vykurovaní a chladení, to ale nie je predmetom tejto kapitoly.

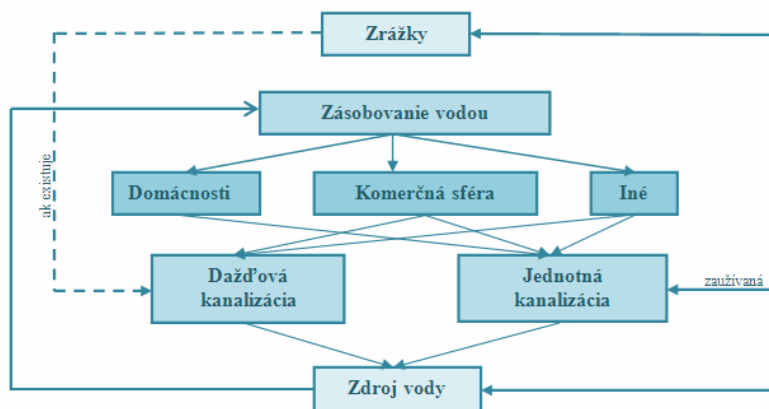
5.4.3 Systémy na využitie upravenej zrážkovej vody

V mnohých krajinách existuje bez vážnejších problémov už niekoľko tisíc zariadení pre školské budovy, ktoré využívajú zachytávanú zrážkovú vodu z povrchového odtoku. Môžu to byť systémy veľmi jednoduché a pritom estetické ale i sofistikované priemyselne vyrábané zariadenia, ktoré zaisťujú, že zrážková voda sa najprv kvalitne prefiltruje, následne vhodne uskladní a na záver spoľahlivo dodá na miesto spotreby. S používaním systémov, ktoré sú vyrobené z recyklovateľných a ekologicky neškodných materiálov je možné ušetriť stovky eur. Nezanedbateľným bonusom je nezávislosť na dodávke pitnej vody – v prípade jej výpadku totiž tento systém zabezpečí v budove minimálne funkčnosť WC. Ak zohľadníme prístupy trvalo udržateľného manažmentu, využívané v EÚ a uvedomíme si možné environmentálne dopady pri zlom hospodárení so zrážkovými vodami môžeme zmeniť náš klasický prístup hospodárenia so zrážkovými vodami (Obr. 5.10) na trvalo udržateľný prístup (Obr. 5.11). Zavedením princípov, ktoré reagujú na výzvy EÚ o cieľoch udržateľného rozvoja, resp. v súlade s Európskou zelenou dohodou zaradíme Slovensko medzi rýchlo sa rozvíjajúce štáty podporujúce princípy zeleného manažmentu a ekonomiky.

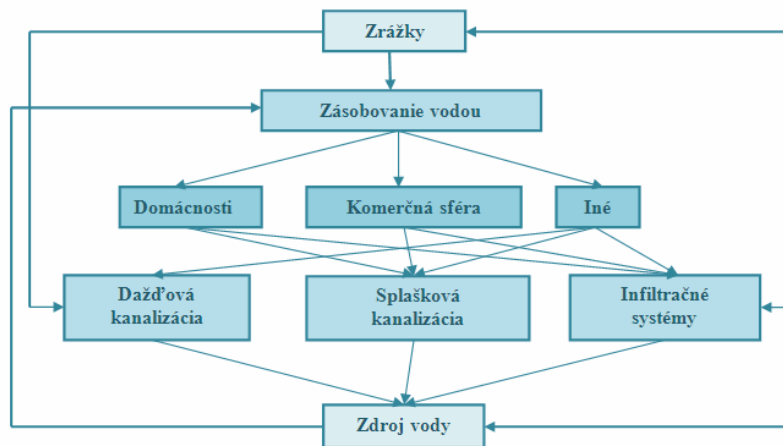
Všeobecne poznáme nasledovné systémy zachytávania a využívania zrážkových vôd:

- pasívne – využívajúce napr. priepustné povrchy, umožnia zrážkovej vode vsiaknuť na mieste, kde vznikla (viac v kap. 5.6),
- aktívne - ktoré nielen odklonia zrážkovú vodu z povrchového odtoku od verejného kanalizačného systému ale ju akumulujú a umožnia využívať neskôr. Tie sú hlavným obsahom tohto celého modulu.

Obr. 5.10 Klasický prístup pri hospodárení so zrážkovými vodami



Obr. 5.11 Udržateľný prístup pri hospodárení so zrážkovými vodami



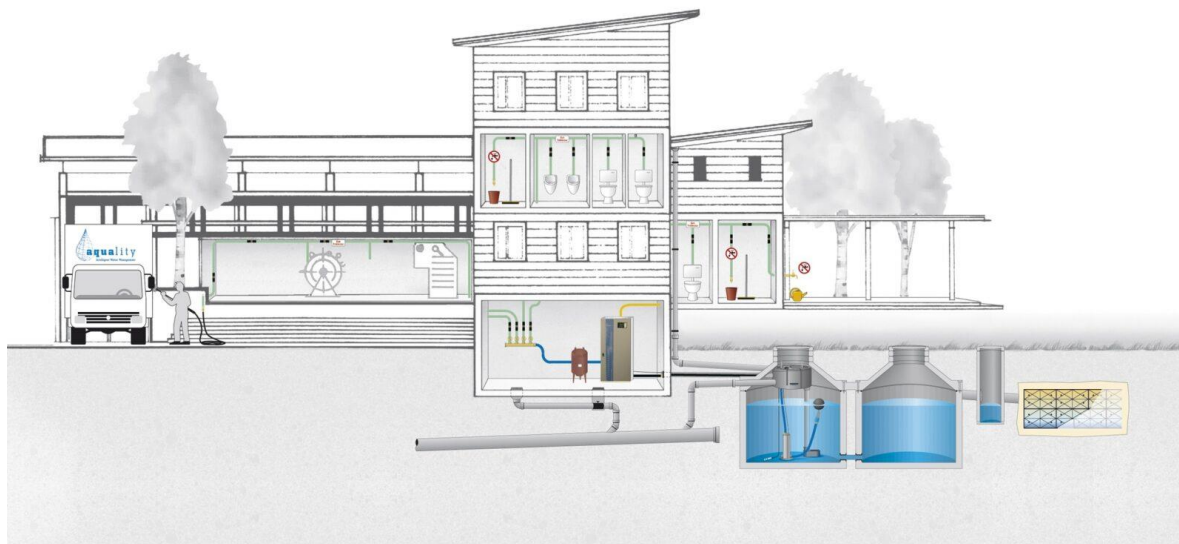
Zdroj: <https://voda.tzb-info.cz/vlastnosti-a-zdroje-vody/7024-potencial-vyuzivania-zraskovej-vody-z-povrchoveho-odtoku>

Pre školské budovy existujú z hľadiska dôležitosti dva systémy zrážkových vôd zameraných na ich zber a skladovanie (z hľadiska veľkosti akumulačnej nádrže):

- menšie, ktoré zbierajú zrážkovú vodu zo striech pre použitie iba v budove,
- väčšie, ktoré zbierajú zrážkovú vodu z pozemku a spádovej oblasti (napr. parkoviská), poskytujúce doplnkové zásobovanie pre zavlažovanie.

Na Obr. 5.12 sú ukážky ako tento systém môže využívať budova.

Obr. 5.12 Systémy využitia zrážkovej vody v budove



Zdroj: <https://www.architectsjournal.co.uk/archive/rain-water-harvesting>



Zdroj: <https://www.stormsaver.com/>

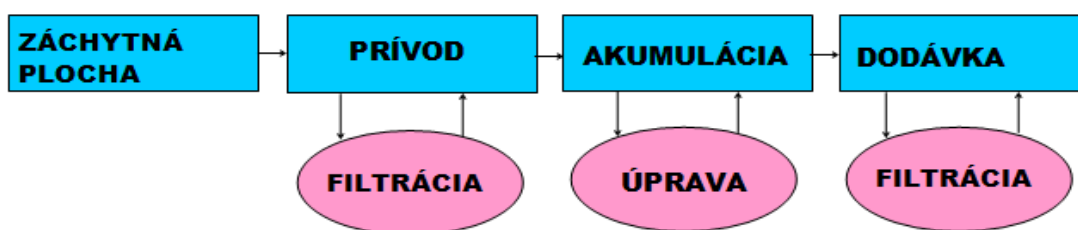
Najčastejšou otázkou investora je, ktorý zo systémov využívania zrážkovej vody je najvhodnejší pre tú jeho konkrétnu budovu. Niekedy úplne stačí zachytávať vodu zo striech a akumulovať ju v nádržiach, niekedy je potrebné rozšíriť tento tradičný systém o zachytávanie dažďovej vody z povrchového odtoku z urbanizovaných plôch.

Základom dobrého návrhu sú čo najpresnejšie vstupné údaje. V tomto prípade pre konkrétnu oblasť sú to úhny zrážok, potreba vody, plocha strechy (prípadne celej odvodňovanej oblasti). Na základe týchto vstupných údajov je možné vypracovať vzájomné závislosti, určiť optimálnu veľkosť akumulačnej nádrže a navrhnúť pre budovu ten najvhodnejší systém využívania zrážkovej vody z povrchového odtoku (viac v kap. 5.5). Pri návrhu akéhokoľvek systému sa musíme držať príslušných zákonov, noriem a predpisov. Ďalej je nevyhnutné zaoberať sa rizikovou analýzou týchto systémov, aby sa predišlo možným negatívnym následkom na ľudskom zdraví alebo majetku.

5.4.4 Súčasti systému využitia zrážkových vôd

Procesný diagram systému využitia zrážkovej vody z povrchového odtoku je uvedený na Obr. 5.13. Účelu zachytávanej zrážkovej vody je nutné podriaďiť aj konštrukčný materiál, na ktorom sa zachytáva (krytina, klampiarske práce a pod.) a akumuluje. Systém sa skladá z nádrže, filtra a čerpaceho zariadenia.

Obr. 5.13 Procesný diagram systému využitia zrážkovej vody



Zdroj: Vranayová, Z. [et al.] Bezpečné a udržateľné hospodárenie so zrážkovými vodami v budovách. Košice TU - 2015. - 85 s.. - ISBN 978-80-553-2316-9

Vplyv záchytnej plochy na kvalitu zrážkovej vody

Kvalitu zrážkovej vody z povrchového odtoku zásadným spôsobom ovplyvňuje aj materiál, na ktorý spadne. Povrch dvorov, ciest a odstavných plôch pre automobily v dôsledku silného znečistenia nemôže slúžiť ako prijímacia plocha. Najvhodnejšia sa javí voda spadnutá na strechy budov. Najdôležitejší je použitý materiál na strechu - krytina. Bitúmenová krytina spôsobuje neutralizáciu pH hodnoty. Zo striech s azbesto-cementovou krytinou sa využitie dažďovej vody neodporúča. Látky, ktoré obsahuje zrážková voda sú zo striech, na ktoré sa dostanú pôsobením vetra. V blízkosti prašných prevádzok by sa mali používať iba hladké strechy, inak voda bude obsahovať viac kalov. Veľkozmerné prímеси možno oddeliť filtrovaním. Veľké organické látky (listy, kvety, mach) nezávisia od použitej krytiny ale od ročného obdobia a polohy. Hrubé filtre na dažďových odpadoch ich oddelia. Drsné povrchy striech zachytávajú viac znečisťujúcich látok (štrkové násypy, vegetačné strechy) ale je v nich i najvyššie množstvo strát vody.

V tab. 5.4 sú uvedené koeficienty odtoku pre rôzne strešné konštrukcie, t.j. aké percento vody zo zrážkovej vody z povrchového odtoku sa skutočne môže využiť a zároveň je popísaná ich vhodnosť k zachytávaniu a následnému využitiu dažďovej vody.

Tab. 5.4 Koeficient odtoku a vhodnosť použitia rôznych strešných konštrukcií

DRUH STRECHY	KOEFICIENT ODTOKU	VHODNOSŤ K ZACHYTÁVANIU A VYUŽITIU
Plochá strecha so štrkovým násypom	0,60	Veľmi vhodná
vegetačná strecha	0,20	Veľmi vhodná
s bitúmenovými pásmi	0,70	Menej vhodná
s kovovými pásmi	0,70	Vhodná
Šikmá strecha so strešnými pásmi s bridlicou	0,80	Veľmi vhodná
s pálenými alebo	0,75	Veľmi vhodná
betónovými taškami	0,75	Veľmi vhodná
vegetačná strecha	0,25	Veľmi vhodná
s bitúmenovými pásmi	0,80	Menej vhodná
s kovovými pásmi	0,80	Menej vhodná
Azbesto-cementová strecha		Nevhodná

Zdroj: Vranayová, Z. [et al.] Bezpečné a udržateľné hospodárenie so zrážkovými vodami v budovách. Košice TU - 2015. - 85 s.. - ISBN 978-80-553-2316-9

Prívod a filtrácia zrážkovej vody z povrchového odtoku

Voda steká zo strechy, prechádza cez prvé filtre, ktoré zachytia hrubé nečistoty a dažďovými zvodmi sa privedie ležatým zberným potrubím k šachte s centrálnym filtrom. Tam sa prefiltruje a nečistoty, ktoré na filtri zostanú, sa odvádzajú pomocou zostatkovej vody do vsakovacej jamy alebo kanalizácie. Cez sito filtra z nehrdzavejúcej ocele prechádza už prečistená voda. Tá sa privedie potrubím do prítokového hrdla nádrže, ktoré je ukončené špeciálnym prvkom tak, aby prichádzajúca voda nevrhla usadeniny na dne nádrže. Prívod vody je bezhlučný a kyslík sa vnáša aj do hlbších vrstiev nádrže. Ťažšie častice, napríklad piesok, sa budú usadzovať na dne nádrže, ľahšie častice, napríklad peľ alebo prach, vyplávajú na hladinu, kde zostanú až do úplného naplnenia nádrže, potom sa odplavia do kanalizácie alebo vsakovacieho systému. Nádrž na vodu má aj prepádovú zápachovú uzávierku (sifón), ktorý pri situáciách, keď by bolo vody v nádrži priveľa, nadbytočnú vodu odvedie do kanalizácie alebo vsakovacieho objektu.

Je potrebné zabezpečiť, aby sa voda a plyny nedostali z kanalizácie späť do nádrže. Preto sa sifón umiestňuje nad rovinu spätného vzdutia kanalizácie (nad úroveň terénu) alebo sa použije spätná klapka. Priemer potrubia pripadového sifónu musí byť vždy väčší ako prívod vody do zásobníka. Ďalším doplnkom môže byť mriežka proti hlodavcom. Z podzemnej nádrže sa voda k spotrebiteľovi dostáva pomocou sacej súpravy, ktorá je umiestnená tak, aby sa prívod vody vyhol prípadným usadeninám na dne nádrže, ako aj nečistotám na hladine. Nádrž je vhodné nechať niekoľkokrát ročne pretiecť, aby sa očistila od nečistoty plávajúcej na hladine.

Čerpadlo vodárne je riadené automatickou jednotkou, ktorá monitoruje množstvo zrážkovej vody a v prípade jej nedostatku prepne pomocou hladinového spínača odber vody z vodovodu verejnej siete do zásobníka alebo, čo je podstatne ekonomickejšie, priamo do rozvodov úžitkovej vody. Rozvody v budove musia byť dvojité. Z hygienických dôvodov nie je prípustné, aby bolo niekde priame prepojenie medzi rozvodom úžitkovej dažďovej vody a rozvodom pitnej vody. Z automatickej doplňovacej jednotky sa voda dostáva výtlačným potrubím priamo k spotrebiteľovi.

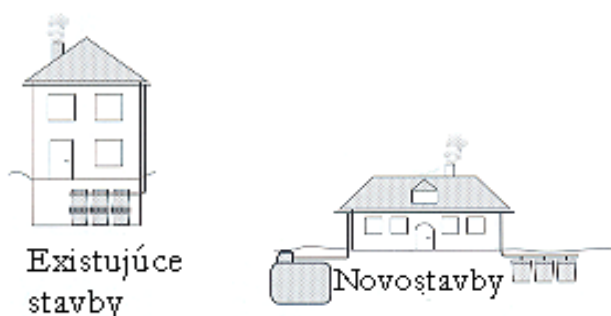
Miesta odberu musia byť označené tak, aby bolo zrejmé, že voda nie je pitná. Systém funguje automaticky, aspoň raz ročne je potrebné skontrolovať filtre a vyčistiť nádrž. Ak chceme mať vodu ešte čistejšiu, môžeme do výtlačného vedenia zaradiť kartušovací odkalovací mikrofilter a na prítokové vedenie košíkový alebo samočistiaci filter. Naopak, ak chceme používať dažďovú vodu iba na polievanie zelene, postačí systém bez špeciálnej filtrácie vody, je potrebné len zabezpečiť, aby sa do akumulačnej nádrže nedostalo lístie a väčšie nečistoty.

- Na trhu je viacero typov zariadení na zachytávanie dažďovej vody. Vyberáme ich podľa miestnych podmienok a toho, na čo chceme zachytenú vodu používať,
- Pri používaní vody na v systéme deleného vodovodu je dôležité, aby sme mali kvalitný filter a nádrž umiestnili pod zem - bez prístupu svetla v kombinácii s pokojným prítokom vody do nádrže,
- Ak vodu budeme používať iba mimo budovy, celé zariadenie môže byť jednoduchšie a lacnejšie.

Akumulácia zrážkovej vody

Veľkosť nádrže sa riadi veľkosťou využívanej strešnej plochy, prípadne predpokladanou spotrebou dažďovej vody (volí sa menšia z oboch veľkostí a prípadný zvyšok vody je odvádzaný do vsakovacieho objektu alebo kanalizácie). Umiestnenie nádrže sa volí podľa možností konkrétnej budovy (Obr. 5.14) a zváženia výhod a nevýhod (Tab. 5.5).

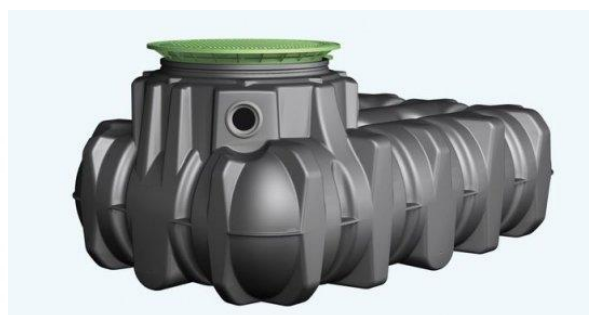
Obr. 5.14 Možné umiestnenie akumulčných nádrží



Zdroj: Vranayová, Z. [et al.] Bezpečné a udržateľné hospodárenie so zrážkovými vodami v budovách. Košice TU, 2015.

Akumulačná nádrž musí byť chránená pred prudkými výkyvmi teplôt a vplyvu denného svetla. Najvhodnejšia je nádrž podzemná alebo umiestnená v objekte bez rizika zamrznutia (Obr. 5.15).

Obr. 5.15 Podzemné plastové akumulčné nádrže



Poznámka: Podzemná nádrž Carat

Zdroj: www.manadatrading.sk

Plochá nádrž Platin

Tab. 5.5 Výhody verzus nevýhody alternatívneho umiestnenia akumulačnej nádrže

NADZEMNÉ UMIESTNENIE	+ umiestnenie bez zemných prác + možnosť odberu bez čerpadla
	- ohrev vody v lete - nebezpečie zamrznutia v zime - potreba miesta na pozemku
UMIESTNENIE V PIVNICI	+ umiestnenie bez zemných prác + jednoduché napojenie na domovú inštaláciu + rovnomerná teplota
	- potreba vnútorného priestoru
PODZEMNÁ NÁDRŽ	+ malá potreba miesta + rovnomerná nízka teplota vody + bez nebezpečenstva zamrznutia
	- náročná inštalácia so zemnými prácami

(+ výhoda, - nevýhoda)

Zdroj: Vranayová, Z. [et al.] Bezpečné a udržateľné hospodárenie so zrážkovými vodami v budovách. Košice TU - 2015. - 85 s.. - ISBN 978-80-553-2316-9

- Nadzemná nádrž je vystavená zmenám teploty a prípadnému znečisteniu, preto od nej nemožno očakávať kvalitnú vodu. Na polievanie zelených plôch však postačuje,
- Voda bez pohybu uskladnená v podzemnom zásobníku v tme a pri teplote 10 až 15 °C má minimálne podmienky na biologickú aktivitu. Musíme počítať s miernym znečistením choroboplodnými zárodkami zo strechy a z potrubí. Je to však také nepatrné zaťaženie, že pri zodpovednom používaní nemôže prísť k ohrozeniu zdravia užívateľov.

Podľa materiálu sa používajú betónové, plastové, sklolaminátové alebo oceľové nádrže. Plastové nádrže sa vyrábajú z polyetylénu, polypropylénu alebo plastu zosilneného sklenenými vláknami. Sú odolné proti korózii, vďaka ich nízkej hmotnosti sa ľahko dopravujú a ľahko sa s nimi manipuluje. Vyrábajú sa v rôznych veľkostiach, odpadá starosť s prestupmi. Osadzujú sa na vopred zhotovenú vodorovnú betónovú dosku, prípadne na zhutnený štrkový podklad podľa pokynov výrobcu. Ak je zemina ľahko priepustná alebo hrozí prítomnosť spodnej či povrchovej vody, je vhodné obetónovanie nádrže v hrúbke 15 až 20 cm, aby sa steny nepoškodili tlakom vody. Neutralizáciu kyslej dažďovej vody zaisťujú prítomnosť prírodného vápenca.

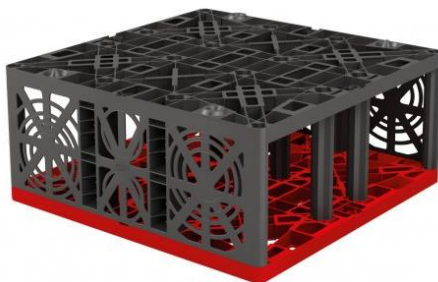
Montované betónové nádrže z niekoľkých kusov skruží nie sú príliš vhodné, lebo je pravdepodobné, že po niekoľkých desaťročiach prestanú v spojoch dobre tesniť. Lepšie je zhotoviť monolitickú betónovú nádrž, pri ktorej je predpoklad dlhodobého bezporuchového fungovania. Výhodou betónu je, že prirodzene neutralizuje kyslejšiu zrážkovú vodu. Betónové nádrže sú odolné proti tlaku, môžu byť umiestnené priamo pod príjazdovou cestou k budove. Nádrž so vstupom by sa však nikdy nemala nachádzať pod garážami, pretože oxid uhoľnatý z výfukových splodín je ťažší ako vzduch a klesá dole, čo môže znemožniť čistenie nádrže. Nevýhodou betónových nádrží je vyššia prácnosť pri zhotovení, väčšie priestorové nároky pri osadení a potreba dorobenia inštalčných prestupov, ktoré plastové nádrže majú už pripravené.

Môžeme sa rozhodnúť pre ponorné alebo sacie čerpadlo v závislosti od toho, ako budeme zrážkovú vodu využívať. Mimo budovy, napríklad na zavlažovanie zelene, je najjednoduchšie použiť ponorné čerpadlo, zavesené približne 15 cm nad dno nádrže, čo zaisťuje odber čistej vody. Pri nedostatku vody sa čerpadlo samé vypne, keďže je vybavené plavákovým spínačom, ktorý signalizuje pokles hladiny. Sacie čerpadlo býva umiestnené mimo nádrže asi do vzdialenosti 10 m. K čerpadlu je pripojené sacie vedenie so sacím košom a spätnou klapkou. Sací kôš môže mať plavák, ktorý zaisťuje odber vody asi 10 až 15 cm pod hladinou alebo sa voda odoberá 10 až 15 cm nad dnom nádrže, kde je umiestnený klasický sací kôš. Čerpadlo s tlakovým spínačom udržiava tlak dažďovej vody v rozvodoch. Ak je umiestnené v budove, malo by mať tlakový zásobník, aby sa nespúšťalo po každom otočení výtokového ventilu a nespôsovalo hluk.

Osobitným prípadom pri výbere nádrže je požiadavka, aby slúžila nielen na zásobovanie vodou, ale aj na retenciu, čiže dočasnú akumuláciu nadmerného množstva zrážkovej vody. Tá pomáha odľahčovať kanalizačný systém v čase najväčších špičiek (pri privalových dažďoch), čím chráni osoby aj majetok. Na využitie dažďovej vody by mala byť nádrž plná, na retenciu prázdna. Pre tento špeciálny prípad boli vyvinuté nádrže s plavákovou škrtiacou klapkou, kde časť nahromadenej vody oteká s časovým odstupom, a tým umožňuje, aby bola v nádrži istá zásoba vody, ale aj aby bol vždy dostatok voľného miesta na jej retenciu.

Dôležité je vyriešiť aj bezpečnostný prepád z nádrže. Pokiaľ sú v zelenom okolí budovy vhodné vsakovacie podmienky, je dobré tam inštalovať vsakovací objekt, kam sa prebytočná voda počas dažďa akumuluje a postupne potom vsakuje do podlažia (Obr. 5.16).

Obr. 5.16 Akumulačná nádrž s priepadom do vsakovacieho objektu (tunel, resp. kôš)



Zdroj: www.manadatrading.sk

V prípade, že koeficient vsakovania nie je dostatočný, je možné podať žiadosť o možnosť napojenia priepadu do kanalizácie. Správcovia kanalizácií však napojenie dažďových vôd do kanalizácie povoľujú len veľmi zriedka.

Úprava zrážkovej vody z povrchového odtoku

Čistenie zrážkovej vody prebieha v troch stupňoch:

- filter na prítoku zachytí hrubé nečistoty,
- jemné nečistoty sa usadzujú na dne zásobníka, kde sa sedimenty biologickými procesmi mineralizujú,
- pri príležitostnom preplavení zásobníka sú plávajúce nečistoty spláchnuté do kanálu.

Zachytávaná voda zo strešných plôch bude pred prívodom do zásobníka pre odstránenie nežiaducich nečistôt filtrovaná, aby nečistoty v čerpadle a armatúrach nespôsobovali problémy, zásobník vody mohol fungovať bez čistenia viac rokov, voda obsahovala menej organických látok a zostala preto dlhšie čistá.

Asi po šiestich týždňoch prítoku sa v zásobníku vytvoria tri vrstvy: spodná vrstva sedimentu, široká vrstva čistej úžitkovej vody a plávajúca vrstva nečistôt. V nasledujúcich tabuľkách sú zhrnuté typy filtrov a metód úprav vody.

Tab. 5.6 Typy a vlastnosti filtrov

VLASTNOSŤ	FILTRAČNÝ ZBERAČ	ŠACHTOVÝ FILTER	FILTRAČNÁ DOSKA	VÍRIVÝ JEMNÝ FILTER
Mrazuvzdornosť		•	•	•
Veľký filtračný výkon		•	•	•
Lahká realizácia	•			
Samočistiteľnosť	•	•		•
Cena	•			

Zdroj: Vranayová, Z. [et al.] Bezpečné a udržateľné hospodárenie so zrážkovými vodami v budovách. Košice TU - 2015. - 85 s..

Tab. 5.7 Metódy úpravy zrážkovej vody z povrchového odtoku

METÓDA	UMIESTNENIE	VÝSLEDOK
Mechanické zachytávanie	Žľaby a odkvapy	Zabraňujú listom a iným nečistotám vojsť do nádrže
1. Sitá a zachytávače listov		
Sedimentácia	V nádrži	Usadzovanie hmotných častíc
Filtrácia		
1. V potrubí / kazeta	Po čerpadle	Odstraňuje usadeniny
2. Aktívne uhlie	Vo výtoku	Odstraňuje chlór*
3. Reverzná osmóza	Vo výtoku	Odstraňuje znečistenia
4. Miešanie média	Oddelená nádrž	Zachytáva hmotné častice
5. Pomalé pieskovanie	Oddelená nádrž	Zachytáva hmotné častice
Dezinfekcia	Pred použitím	Zabíja mikroorganizmy
1. Preváranie / Destilovanie	Vnútri nádrže alebo v čerpadle	Zabíja mikroorganizmy
2. Chemická úprava (chlórovanie, jódovanie)	(kvapalina, tabletky, granule) Ultrafialové svetelné systémy	Zabíja mikroorganizmy Zabíja mikroorganizmy
1. Ultrafialové žiarenie	(umiestnené po filtri z aktívneho uhlia pred zachytávačom)	
2. Ozonizácia	Pred výtokom	

Zdroj: Vranayová, Z. [et al.] Bezpečné a udržateľné hospodárenie so zrážkovými vodami v budovách. Košice TU - 2015. - 85 s..

Požiadavky na filter

- veľkosť otvorov menšia ako 0,2 mm,
- malá náročnosť na obsluhu – čistenie raz ročne,
- žiadne množenie zárodkov na filtri,
- voľný prietok s prepadom do kanalizácie,
- dobrý stupeň účinnosti – malé straty vody.

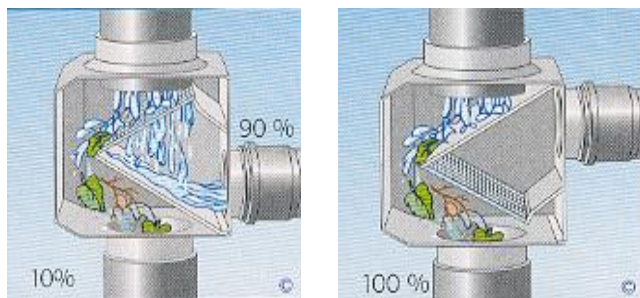
Na obrázkoch 5.17 až 5.19 sú uvedené alternatívne možnosti mechanického čistenia zrážkovej vody z povrch. odtoku.

Obr. 5.17 Ochranné sieťky do strešných žľabov

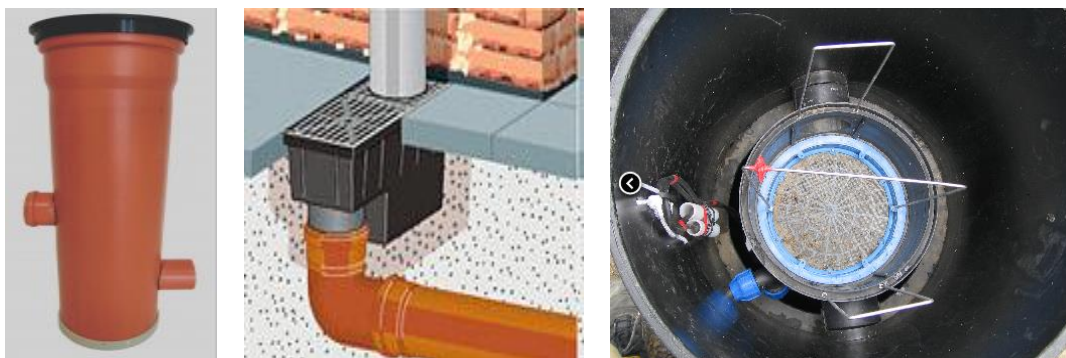


Zdroj: <https://www.ekodren.sk/product/pe-sietka-do-stresnych-zlabov-nn420/>

Obr. 5.18 Mechanické prečistenie zrážkovej vody na dažďovom odpadovom potrubí



Obr. 5.19 Integrované mechanické prečistenie vody na dažďovom odpadovom potrubí



Zdroj: <https://www.ekodren.sk/filtracia-vody/princip-filtracie/>

Doplňkový prívod vody

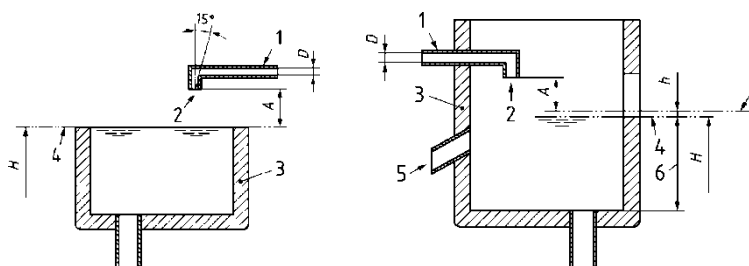
Ak je v budove potrebný stály prietok úžitkovej vody, musí byť systém na využitie zrážkovej vody z povrchového odtoku vybavený zariadením na automatické dopĺňanie pitnou alebo alternatívnou úžitkovou vodou. Toto dopĺňanie pitnou vodou z verejného vodovodu alebo úžitkovou vodou (napr. zo studne), sa môže realizovať:

- pomocou prerušovacej nádrže pred čerpadlom na dodávku do rozvodu, napr. účelovým modulom,
- pomocou medzinádrže, zvyčajne umiestnenej vyššie, napr. gravitačné zásobovanie,
- do akumulačnej nádrže na zrážkové vody, priamo alebo do zberného potrubia po predchádzajúcej úprave.

V prípade dopĺňania pitnou vodou musí byť systém zásobovania pitnou vodou chránený vhodnou ochrannou jednotkou v súlade s normou STN EN 1717. Musí byť vylúčená možnosť zaplavenia zariadenia na dopĺňanie pitnou vodou (napríklad spätným prietokom), napr. montážou tohto zariadenia nad hladinou spätného vzdutia.

Aby sa zabránilo vniknutiu úžitkovej vody do systému pitnej vody alebo do verejného vodovodu, musí byť prívod na dopĺňanie vody vybavený ochrannou jednotkou (voľný výtok) podľa obr. 5.20.

Obr. 5.20 Voľný výtok- alternatívy ochrannej jednotky



Poznámka:

1	prívodné potrubie	A	vzduchová medzera (dvojnásobok vnútorného priemeru voľného výtoku, minimálne 20 mm)
2	voľný výtok	D	vnútorný priemer prívodného potrubia (otvor)
3	prerušovacia nádrž	H	maximálna prevádzková hladina vody
4	hladina priepadu	h	zvislá vzdialenosť medzi spodnou hranou priepadu a kritickou hladinou vody
	maximálny uhol od zvislice (15°)	6	výška od dna po spodnú hranu priepadu U_w ($U_w \geq 5$ h)
5	prepadové potrubie		
7	kritická hladina vody		

Zdroj: STN EN 16941 (2018) Miestne systémy na úžitkovú vodu. Časť 1: Systémy na použitie zrážkovej vody.

5.5 Návrh systému využívajúceho upravené zrážkové vody

Usmernenie vody zo zrážok do kanalizačnej stoky bolo riešením človeka mnoho rokov. Určitá časť tejto vody je nevyhnutná na doplnenie hydrologického cyklu, ale časť sa dá opätovne použiť v budovách, kde by inak bola potrebná chemicky upravovaná voda. Aby sa užívateľ vedel rozhodnúť, či investovať do takéhoto systému, je vhodné urobiť konkrétny návrh a posúdiť jeho návratnosť pre konkrétnu školskú budovu.

Postup pri zjednodušenom návrhu systému využívajúceho zrážkovú vodu z povrchového odtoku v budove je nasledovný:

- určenie množstva vody z atmosférických zrážok, ktoré by môže byť akumulované,
- určenie množstva vody potrebnej ako vody úžitkovej (splachovanie záchodov a pod.) v budove,
- posúdenie novej metódy skladovania (veľkosť retenčnej alebo akumulačnej nádrže),

- preverenie vhodného inštaláčného systému so zabudovaním najúspornejších armatúr na trhu,
- určenie nákladov za pitnú vodu, ktorá sa nahradí zrážkovou vodou z povrchového odtoku,
- určenie počiatočných nákladov za zavedenie systému využitia zrážkovej vody v budove,
- výpočet doby návratnosti s prihliadnutím na ďalšie náklady.

Pri efektívnom návrhu je potrebné dokázať, že nátok zrážkových vôd za rok je väčší alebo rovný celkovej ročnej potrebe nepitnej vody, čiže je splnená nerovnosť 5.1.

$$Y_R \geq D_{t,a} \quad (5.1)$$

kde:

Y_R denný zisk zrážkovej vody za rok [l],
 $D_{t,a}$ celková ročná potreba nepitnej vody [l].

Ak nerovnosť (5.1) nie je splnená, odporúča sa upustiť od niektorých spôsobov využitia zrážkovej vody. Konkrétne príklady výpočtu pre budovu sú uvedené v časti 5.6.

5.5.1 Zisk (nátok) zrážkových vôd

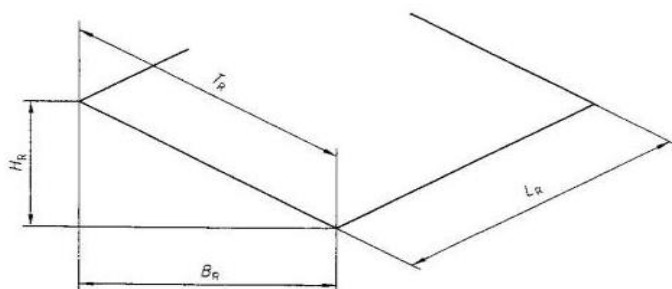
Denný zisk zrážkovej vody za rok vieme vypočítať podľa nasledujúcej rovnice:

$$Y_R = \sum A_i \cdot h_i \cdot e_i \cdot \eta_i \quad [l] \quad (5.2)$$

kde:

Y_R získaná zrážková voda za časovú jednotku t v litroch [l],
 A priamy priemet odvodňovanej plochy v metroch štvorcových [m²], (Obr. 5.21),
 h intenzita zrážok za zvolenú časovú periódu t v milimetroch [mm],
 e súčiniteľ odtoku odvodňovaného povrchu (Tab.5.8),
 η súčiniteľ hydraulickej účinnosti zohľadňujúci pomer odtoku zrážkovej vody a prítoku zozbieranej zrážkovej vody. Ak výrobca neuvádza inak, počíta sa so súčiniteľom $\eta = 0,9$.

Obr. 5.21 Určenie pôdorysného priemetu odvodňovanej plochy



Poznámka: A – pôdorysný priemet odvodňovanej plochy (m²) – využitelná plocha strechy ($A = L_R \cdot B_R$)

L_R – dĺžka okapu (m)

B_R – pôdorysný priemet strechy od strešného žlabu po hrebeň strechy (m)

Zdroj: STN EN 12056-3 (2002) Gravitačné kanalizačné systémy vnútri budov. Časť 3: Odvodnenie striech.

Tab. 5.8 Súčiniteľ odtoku odvodňovaného povrchu

ODVODŇOVANÁ PLOCHA	SÚČINITEĽ ODTOKU
Šikmá strecha s hladkým povrchom (napr. kov, sklo, bridlica, glazované škridle, solárne panely)	0,9
Šikmá strecha s drsným povrchom (napr. betónová krytina)	0,8
Plochá strecha, bez štrku	0,8
Plochá strecha, so štrkom	0,7
Intenzívna vegetačná strecha (napr. záhrada, stromy)	0,3
Extenzívna vegetačná strecha (nižšie porasty, kríky, plazivé rastliny)	0,5
Uzavreté – nepriepustné povrchy (napr. asphalt)	0,8
Neuzavreté – priepustné povrchy (napr. dlažba)	0,5

Poznámka: Súčiniteľ odtoku zrážkových vôd pre iné povrchy sa musí upraviť.
Tieto súčinitele sa môžu použiť, ak nie sú k dispozícii iné hodnoty.

Zdroj: STN EN 16941 (2018) Miestne systémy na úžitkovú vodu. Časť 1: Systémy na použitie zrážkovej vody.

Tab. 5.9 a 5.10 uvádzajú ročné priemerné úhrny zrážok vo vybraných mestách Slovenska a podiel zrážok na jednotlivé mesiace roka.

Tab. 5.9 Ročné úhrny zrážok pre vybrané mestá v SR

MESTO	PRIEMERNÝ ROČNÝ ÚHRN ZRÁŽOK h (mm)	OBDOBIE (roky)
Banská Bystrica	861	2017 až 2021
Banská Štiavnica	791	2017 až 2021
Bratislava	690,9	2006 až 2018
Brezno	765	2017 až 2021
Dolný Kubín	810	2017 až 2021
Košice	624	2017 až 2021
Liptovský Mikuláš	681	2017 až 2021
Liptovský Hrádok	754	2017 až 2021
Lučenec	642	2017 až 2021
Martin	760	2013 až 2017
Nitra	584,1	2017 až 2021
Oravská Lesná	1185	2017 až 2021
Piešťany	567,2	2016 až 2020
Poprad	631,4	2002 až 2018
Prešov	641,3	2013 až 2018
Trebišov	602	2017 až 2021
Trnava	574,3	2016 až 2020
Zvolen	687	2017 až 2021
Žilina	759	2014 až 2018

Zdroj: <http://www.shmu.sk>

Tab. 5.10 Priemerné mesačné priemerné úhrny zrážok pre SR

MESIAC	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	CELKOM ZA ROK
% ročného úhrnu zrážok	6,0	5,5	6,2	7,2	10,0	11,3	11,8	10,6	8,3	8,0	8,1	7,0	100,0

Zdroj: <http://www.shmu.sk>

5.5.2 Potreba zrážkových (prevádzkových) vôd

Celková ročná potreba nepitnej vody $D_{p,a}$ (l/rok) sa dá vypočítať podľa vzorca (5.3) a s použitím Tab. 5.11 a 5.12.

$$D_{t,a} = D_{p,d} \cdot n \cdot d_a + D_{f,a} \cdot S \quad [l/(osoba.deň)] \quad (5.3)$$

kde:

- $D_{p,d}$ denná potreba nepitnej vody súvisiaca s osobami [l/(osoba.deň)],
- n počet osôb v budove,
- d_a počet dní v roku, kedy sa nepitná voda využíva,
- $D_{f,a}$ ročná potreba nepitnej vody pre zalievanie alebo kropenie [l/(m².rok)],
- S plocha, ktorá sa zalieva alebo kropí [m²].

Tab. 5.11 Denné potreby nepitnej vody súvisiace s osobami v školských budovách

SPÔSOB VYUŽITIA NEPITNEJ VODY	DENNÁ POTREBA NEPITNEJ VODY SÚVISIACA S OSOBAMI $D_{p,d}$ l/(osoba . deň)	POZNÁMKA
Záchody	24 až 30	Vyššia z hodnôt sa uvažuje, ak sa spotreba vody neúčtuje podľa vodomero

Zdroj: STN EN 16941 (2018) Miestne systémy na úžitkovú vodu. Časť 1: Systémy na použitie zrážkovej vody.

Tab. 5.12 Denné potreby nepitnej vody na polievanie alebo zavlažovanie

SPÔSOB VYUŽITIA NEPITNEJ VODY	PRIBLIŽNÁ POTREBA NEPITNEJ VODY SÚVISIACA S OSOBAMI $D_{p,d}$		POZNÁMKA
	Denná l/(m ² . deň)	Ročná l/(m ² . deň)	
Kropenie zelene	1,0	120 až 200	Predpokladá sa kropenie od apríla do septembra

Poznámka: Pri výpočte je potrebné mať informácie, či sa bude polievať alebo kropiť každý deň.

Zdroj: STN EN 16941 (2018) Miestne systémy na úžitkovú vodu. Časť 1: Systémy na použitie zrážkovej vody.

5.5.3 Stanovenie objemu akumuláčnej nádrže

K výpočtu objemu akumuláčnej nádrže (väčšinou najdrahšieho komponentu systému) je potrebné vedieť rozsah použitia zrážkovej vody, s akou zásobou sa bude uvažovať, počet osôb v školskej budove a ich priemerná spotreba prevádzkovej vody. Platí rovnica 5.4:

$$V = D_{N,d} \cdot d_d \quad [l/d] \quad (5.4)$$

kde:

- $D_{N,d}$ potreba prevádzkovej vody v litroch na deň [l/d],
- $D_{p,d}$ denná potreba prevádzkovej vody v litroch na osobu a deň [l/d],
- $D_{f,d}$ maximálna denná potreba prevádzkovej vody na iné účely v litroch za deň [l/d],
- V objem zásobníka v litroch [l],
- d_d zvolená perióda sucha - počet dní na akumuláciu vody do potenciálnych ďalších zrážok, v dňoch (napr. 14 alebo 21 dní)

Príklad stanovenia objemu akumuláčnej nádrže

- potreba prevádzkovej vody pre 40 osôb za deň: 40 x 50 l/d,
- potreba ďalšej prevádzkovej vody za deň (napr. čistenie): 100 l/d,
- potreba inej prevádzkovej vody počas obdobia sucha (napr. zavlažovanie): 1 000 l/d.

$$D_{N,d} = (40 \cdot 50) + 100 + 1000 \quad [l/deň]$$

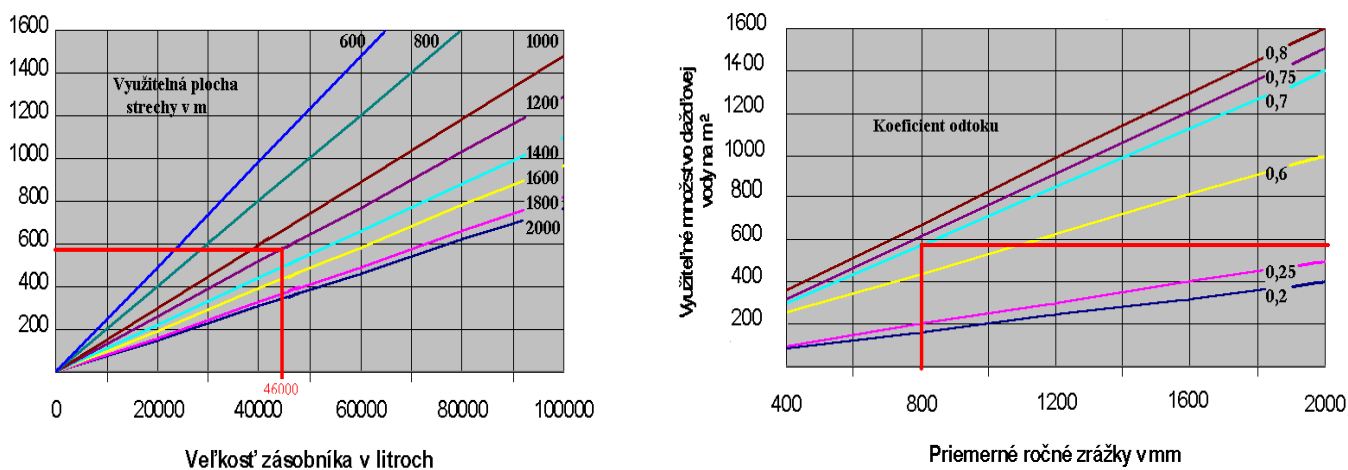
- Zvolená perióda sucha: $d_d = 20$ dní

$$V = 3\,100 \cdot 20 = 62\,000 \quad [l]$$

Zjednodušené navrhovanie objemu zásobníka

Ak dažďovú vodu chceme používať iba na polievanie zelene, ročne budeme potrebovať približne 60 litrov na meter štvorcový plochy. Možné je aj využitie návrhu veľkosti zásobníka podľa diagramu (Obr. 5.22).

Obr. 5.22 Diagram na určenie veľkosti zásobníka na základe priemerného množstva zrážok mm/m², typu a veľkosti strechy



Zdroj: <https://www.graf-water.com/>

Potrebujeme poznať:

- množstvo zrážok podľa konkrétnej oblasti (Tab. 5.9),
- koeficient odtoku,
- plochu strechy = plochu pôdorysu.

Cena vody

Náklady na vodu sú na Slovensku rôzne podľa oblastí, ktoré zásobujú konkrétne Vodárenskými spoločnosťami. Cenu vody tvoria dve časti, a to vodné a stočné, ovplyvňujú ju ekonomické vplyvy a tiež odberatelia. Ceny vody v roku 2021 pre výber slovenských miest je v Tab. 5.13. Tento údaj je potrebný, ak chceme vypočítať návratnosť systému pre využitie zrážkových vôd z povrchového odtoku. V niektorých okresoch je to 13 rokov, inde môže ísť aj o dvojnásobok. Chýba stále štátna podpora, ktorá by mohla túto dobu výrazne skrátiť.

Tab. 5.13 Cena vody vo vybraných mestách na Slovensku

MESTO	VODNÉ S DPH	STOČNÉ S DPH	CENA VODY
Banská Bystrica	1,4412 €	1,3938 €	2,8350 €
Bratislava	1,1231 €	1,1059 €	2,2290 €
Košice	1,6034 €	1,1844 €	2,7878 €
Liptovský Mikuláš	1,0922 €	1,4374 €	2,5296 €
Michalovce	1,6034 €	1,1844 €	2,7878 €
Nitra	1,2962 €	1,1665 €	2,4627 €
Piešťany	1,2714 €	0,8437 €	2,1151 €
Poprad	1,3061 €	1,3397 €	2,6458 €
Považská Bystrica	1,1689 €	1,3482 €	2,5171 €
Prešov	1,6034 €	1,1844 €	2,7878 €
Ružomberok	0,8952 €	1,1524 €	2,0476 €
Trebišov	1,6034 €	1,1844 €	2,7878 €
Trenčín	1,19 €	1,29 €	2,48 €
Trnava	1,2714 €	0,8437 €	2,1151 €
Zvolen	1,4412 €	1,3938 €	2,8350 €
Žilina	1,2113 €	1,3136 €	2,5249 €

Poznámka: Cena vody je uvedená vrátane DPH za 1 000 litrov.

Zdroj: <https://www.kodino.com/sk/clanky/cena-vody/>

5.6 Príklady využitia zrážkových vôd v budovách

Obr. 5.23 Bullitt Center, Seattle, USA



Zdroj: <https://www.bullittcenter.org>

Táto budova na križovatke štvrte Central District a Capitol Hill, Seattle, Washington bola oficiálne otvorená na Deň Zeme, 22. apríla 2013. Bola navrhnutá ako najekologickejšia komerčná budova na svete a v roku 2015 bola certifikovaná ako „živá budova“ (International Living Future Institute). Bullitt Center bol navrhnutý tak, aby mal životnosť 250 rokov. Objekt, ktorý vyprodukuje viac elektriny ako spotrebuje, má byť dokonca najsebestačnejšou a najviac udržateľnou kancelárskou budovou v USA, podľa niektorých aj na celom svete. V roku 2016 vyrobilo Bullitt Center takmer o 30 percent viac energie, než bolo potrebné na všetky účely, zo solárnych panelov na streche. Výsledkom je, že ide o jednu z najväčších budov s „čistou pozitívnou“ energiou na svete. Energii generuje veľké pole solárnych panelov (zložené z 575 panelov) na streche budovy spolu s opatreniami na úsporu energie, ktoré znižujú spotrebu energie v budove na približne 15 % bežnej kancelárskej budovy podobnej veľkosti. Postavila ho Bullitt Foundation, nezisková skupina so sídlom v Seattli, ktorá sa zameriava na mestskú ekológiu. Nadácia je nájomcom, ktorý zaberá polovicu jedného poschodia v šesťposchodovej budove, pričom ďalší komerční nájomníci - vrátane University of Washington, Hammer & Hand, Sonos, Intentional Futures a PAE Consulting Engineers - zaberajú zvyšok budovy. Stavebné náklady na šesťposchodovú budovu s rozlohou 4 800 m² boli 18,5 milióna dolárov/ 355 dolárov za m². Medzi zaujímavé prvky budovy patrí systém premeny dažďovej vody na pitnú vodu na mieste, ktorý filtruje zachytenú dažďovú

vodu na všetky účely. Systém zberu dažďovej vody a systém čistenia UV svetlom narazil na predpisy v oblasti verejného zdravia, ktoré vyžadujú, aby voda na spotrebu bola chlórovaná. Používajú sa preto keramické filtre a pridáva chlór v dezinfekčných cisternách. Budova tiež využíva systém na spracovanie kompostu zo suchých toaliet.

Obr. 5.24 Darling Harbour, Sydney, Austrália



Zdroj: Veolia, <http://www.myrecycledwater.com.au/>

Odpadová voda sa v súčasnosti dá upraviť do takej miery, že je dostatočne kvalitná na to, aby bola znova použitá. V prístave Darling Harbour v Sydney v komplexe budov znížili spotrebu pitnej vody o viac ako 90%. Prevádzkovateľom budovy je Veolia, ktorá do nej nainštalovala viacero svojich technológií. Tie zaručujú vysokú kvalitu recyklovanej vody, ktorá sa opakovane využíva na klimatizáciu priestorov, zavlažovanie zelene a splachovanie toaliet. Čistiareň odpadových vôd, ktorá zároveň vodu pripravuje na ďalšie použitie a vracia späť do obehu. V osemposchodovej budove sídli riaditeľstvo Commonwealth Bank a okrem kancelárií sa tam nachádzajú aj obchody, divadlo, detské ihrisko a parkovisko. Projekt získal ocenenie Green Star, ktoré sa v Austrálii udeľuje ekologickým komunitám, dizajnérom, ktorí prichádzajú so zelenými inováciami, ale aj za správu budov, ktoré sú šetrné k životnému prostrediu. Organizácia udeľuje zelené hviezdy v počte od nula do šesť, pričom Darling Harbour ako prvá budova získal maximum. Medzi vybavenie budovy patrí systém, ktorý zároveň vyrába elektrinu, teplo aj chlad, či klimatizačné zariadenia, ktoré znižujú spotrebu energie. Budova disponuje systémom, ktorý zhromažďuje dažďovú vodu a v jej podzemí sa nachádza zariadenie na čistenie a recykláciu odpadových vôd. Zdrojom odpadovej vody je sydneyjská kanalizácia, odkiaľ vodu odčerpajú a následne ju podrobia niekoľkým procesom, ktoré eliminujú baktérie a tuhé látky. Nasleduje reverzná osmóza, teda filtračný proces, pri ktorom sa využijú membrány na odstránenie solí a mikroskopických častíc. Nakoniec sa voda dezinfikuje ultrafialovým žiarením a podrobí sa chlórovaniu.

5.7 Pasívne využitie dažďových vôd

Pri udržateľnom riešení vodného hospodárstva školských budov je možné využiť aj vsakovacie systémy. Rozoznávame nasledovné pasívne vsakovacie systémy:

- vsakovacie bloky,
- tunelové vsakovacie systémy,
- vsakovanie rúra – rigol,
- vsakovanie koryto – rigol.

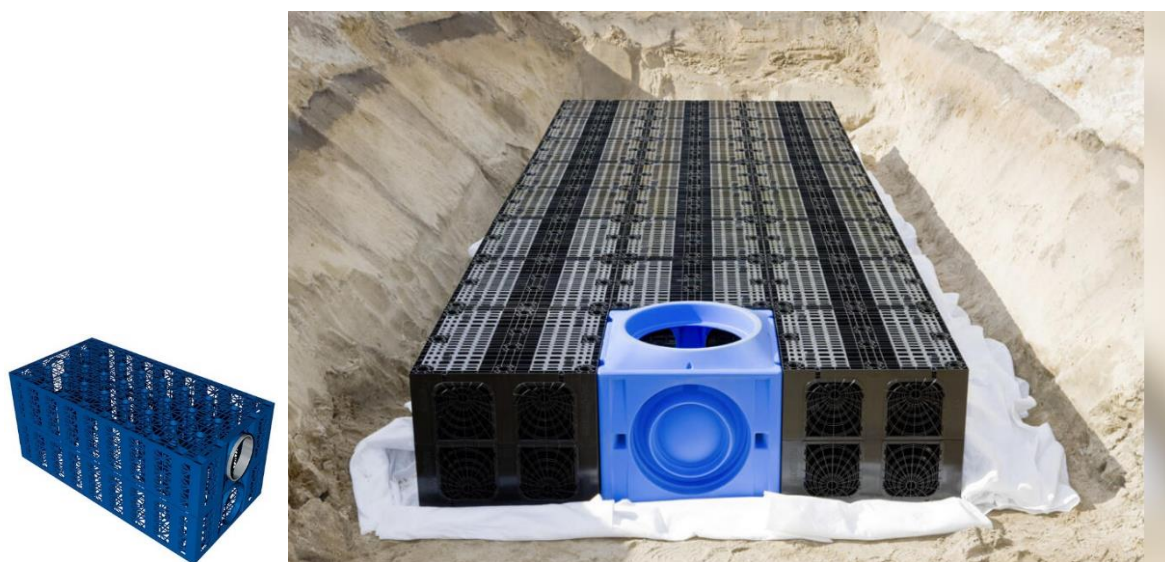
5.7.1 Vsakovacie bloky

Zmyslom inštalácie vsakovacích blokov je odvieŕ zrážkovú vodu zo striech budov a spevnených plôch do podlažia, ak nie je k dispozícii dažďová kanalizácia alebo znížiť zaťaženie kanalizačnej siete odvádzajúcej zrážkovú vodu do centrálnej čistiarne odpadových vôd (ČOV) v prípade, ak neexistuje oddelená dažďová kanalizácia.

Vsakovacie bloky umožňujú rýchlu nenáročnú inštaláciu bez použitia ťažkej techniky. Vďaka vysokej stabilite umožňujú pojazdy aj nákladných vozidiel nad vsakovacím systémom. Projektovanú kapacitu je možné z jednotlivých blokov stavebnicovým systémom realizovať tak, že bloky možno zostaviť prostredníctvom rýchlospojok v radoch vedľa seba alebo nad sebou.

Vsakovacie bloky zachytávajú zrážkovú vodu z povrchového odtoku až do 95 % svojho objemu, preto je potrebný o 2/3 menší objem výkopov oproti rúrovým vsakovacím systémom. Výsledkom je úspora materiálu (piesok, štrk) a malá časová náročnosť na realizáciu projektu. Tento systém je ideálny ako pre malé, tak i pre veľké projekty vsakovacích systémov (Obr. 5. 27).

Obr. 5.27 Vsakovacie bloky



Zdroj: Technické podklady firmy Wavin, WAVIN AZURA – WAVIN Q-BIC.

5.7.2 Tunelový vsakovací systém

Tento efektívny akumulčný a vsakovací systém tunelového tvaru sa skladá z ľahkej, plastovej, polkruhovej schránky (schránok) uzavretej z oboch strán plastovými čelami (Obr. 5.28). Tým je vytvorený podzemný priestor o veľkej objemovej kapacite vhodný pre akumuláciu a postupné vsakovanie zrážkovej vody zo striech budov, spevnených plôch a povrchov do pôdy.

Polkruhové tunelové schránky majú 100%-nú zásobnú kapacitu. V porovnaní so vsakovacími systémami naplnenými štrkom, alebo drveným kameňom tento systém predstavuje úsporu viac ako 2/3 objemu výkopov. Akumulovaná zrážková voda z povrchového odtoku môže voľne prenikať do podlažia dnom a otvormi na bokoch plastovej tunelovej schránky systému. Obe čelá tunelovej schránky sú prispôsobené pre napojenie prítokového potrubia a je možné ich prispôsobiť pre potrubia do priemeru DN 300. Len s tromi komponentmi (vstupné čelo, stredový blok a koncové čelo) je možné postaviť stabilný a rozsiahly systém s minimálnymi stavebnými, dopravnými a montážnymi nákladmi.

Obr. 5.28 Tunelový vsakovací systém



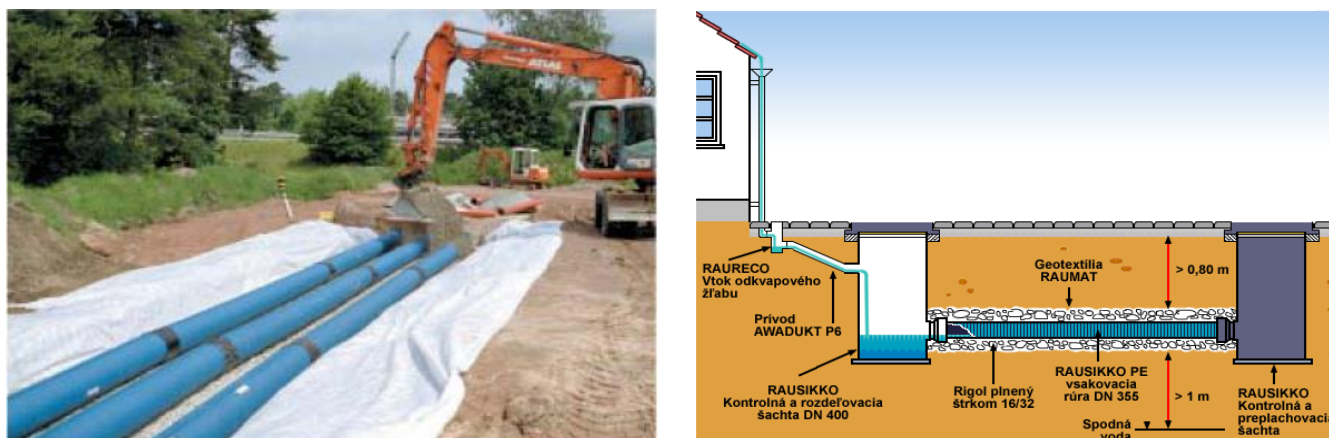
Zdroj: http://www.fonhit.sk/krechl_vsak.html

5.7.3 Vsakovanie rúra - rigol

Systém rúra – rigol sa uplatňuje pri vsakovaní zrážkovej vody neobsahujúcej škodlivé nečistoty, napr. vody zo strešných plôch z rozsiahlejších administratívnych budov. Zachytená zrážková voda je pomocou potrubia s voľnou hladinou odvedená do kontrolnej šachty (Obr. 5.29).

Z tohto rigolu, tvoreného vsakovacími rúrami a štrkovou vrstvou, presakuje voda veľkoplošne do spodných vodopriepustných vrstiev. Hrubý štrk zabezpečuje vysoký akumulčný objem a zdržanie vody až do odznenia zrážok. Prenikaniu jemných pôdnych častíc do rigolu je nutné zabrániť pomocou oplášťovania vhodnou geotextíliou.

Obr. 5.29 Tunelový vsakovací systém rúra - rigol



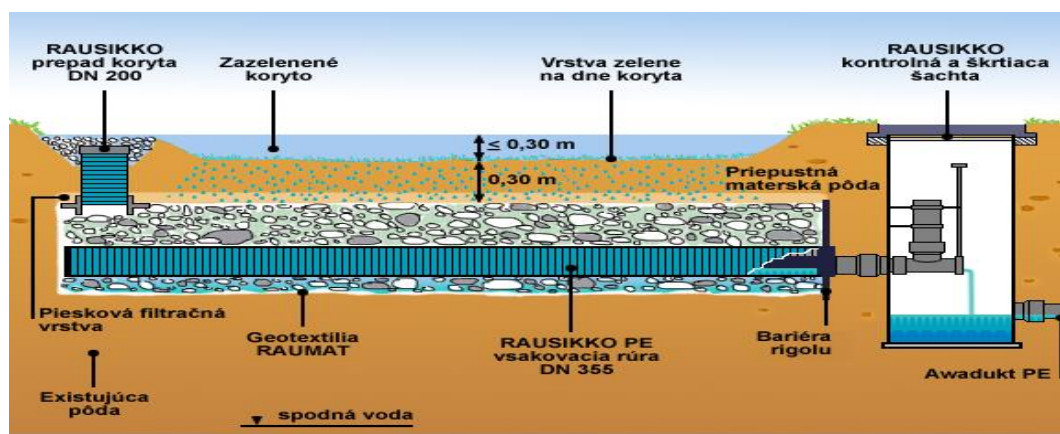
Zdroj: Technické podklady firmy Rehau, Programy pro hospodárení se srážkovými vodami, Katalóg 2006.

5.7.4 Vsakovanie koryto - rigol

Systém koryto – rigol je určený na vsakovanie alebo stekanie vody do dažďového rigolu alebo toku, ktorá je znečistená v medziach tolerancie. Zrážková voda je najskôr vedená povrchovo cez postranné pásy trávnikov alebo cez odvodňovacie žľaby koryta, v ktorom je dočasne zadržaná. Pri prúde z vsakovacieho koryta do hlbšie položeného systému rúra – rigol prechádza vsakovaná voda touto oživenou pôdnou vrstvou, pričom sú prípadné škodliviny pri tomto prechode odbúrané (Obr. 5.30).

Aj v tomto prípade slúži rigol ako podzemná dočasná zásobná nádrž. Pri menej priepustných pôdach môže byť prípadný výkon vsakovania nedostačujúci. Prebytočná voda sa dostáva vsakovacou rúrou do škrtiacej šachty, odkiaľ je ďalej kontrolované distribuovaná do odpadového toku alebo ďalších rigolov.

Obr. 5.30 Vsakovací systém: Vsakovanie koryto - rigol



Zdroj: Technické podklady firmy Rehau, Programy pro hospodárení se srážkovými vodami.

5.7.5 Všeobecný postup dimenzovania vsakovacieho systému

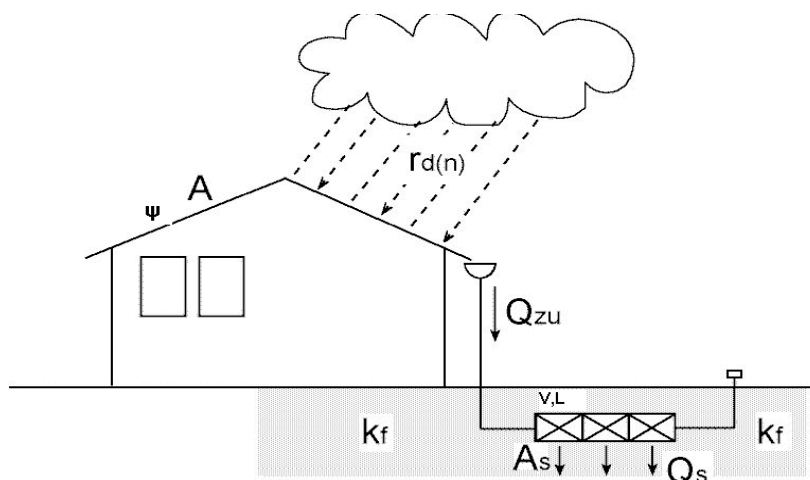
Pri dimenzovaní vsakovacieho systému je potrebné poznať:

- druh vsakovacieho systému,
- intenzitu dažďa r_d a dostatočne dlhý záznam zrážok z minulosti,
- redukovanú plochu strechy A_n a koeficient odtoku ψ ,
- dĺžku vsakovacej zostavy L ,
- koeficient vsakovania k_f ,
- využiteľný objem vsakovacej zostavy V ,
- vsakovaciu plochu A_s .

Druh vsakovacieho systému

Prvým krokom pri dimenzovaní vsakovacieho systému je určenie druhu vsakovacieho systému, ktorý bude použitý. Ako bolo spomenuté vyššie, existuje niekoľko druhov systémov vsakovania.

Základným princípom funkcie všetkých druhov vsakovacích systémov je čo najrýchlejšie odvieť zrážkovú vodu z povrchového odtoku pod zemský povrch a tam ju s časovým oneskorením buď nechať vsiaknuť späť do okolitej zeminy, alebo zrealizovať regulovaný odtok zrážkovej vody zo systému vsakovania do dažďovej kanalizácie, prípadne do retenčnej nádrže (Obr. 5.31).



Zdroj: <http://www.elwa.sk/index.php/Vsakovanie/Teoria-vsakovania.html>

Intenzita dažďa r_d a dostatočne dlhý záznam zrážok z minulosti

Meteorologické stanice dlhodobovo merajú zrážky a výsledky pozorovania vydávajú vo forme tabuliek a to pre rôzne pravdepodobnostné intenzity dažďa, 1x za rok, 1x za 5 rokov, 1x za 10 rokov.

Tabuľku pre danú lokalitu je potrebné mať k dispozícii, ak v danom mieste nie je meteorologická stanica. Tabuľky musia byť zo staníc nachádzajúcich sa čo najbližšie od danej lokality. Typ tabuľky sa volí podľa rizika a podľa výšky prípadných škôd spôsobených zaplavením okolia.

Pre administratívne budovy zväčša postačuje tabuľka pre pravdepodobnosť intenzity dažďa 1x za rok, pre elektrické transformátorové stanice, kde by mohlo dôjsť k výpadku prúdu pre celú oblasť, 1x za 10 rokov. Príklad nameraných hodnôt intenzity dažďa r_d v l/s.ha je uvedený v Tab. 5.15.

Tab. 5.15 Stanovenie intenzity dažďa (l/s.ha) pre jednotlivé trvania dažďa D (min) a rôznu periodicitu dažďa r (d)

D	$r_{d(5)}$	$r_{d(2)}$	$r_{d(1)}$	$r_{d(0,5)}$	$r_{d(0,2)}$	$r_{d(0,1)}$	$r_{d(0,05)}$	$r_{d(0,03)}$	$r_{d(0,02)}$	$r_{d(0,01)}$
5	128	178	224	274	345	391	434	454	464	478
10	80	118	151	184	233	267	298	316	328	339
15	61	92	117	142	180	209	233	250	258	269
20	50	76	96	117	147	172	192	205	212	222
30	38	57	72	88	110	128	145	155	160	170
40	30	46	58	71	88	103	116	126	131	140
50	26	39	49	60	74	86	96	104	110	118
60	22	34	42	52	64	74	82	90	95	100
90	16	24	30	38	46	52	57	64	67	72
120	13	19	24	28	36	41	45	50	53	56
180	10	14	17	20	25	28	31	34	37	39

Zdroj: Technické podklady firmy Wavin, Katalóg 2006

Redukovaná plocha strechy A_n a koeficient odtoku Ψ

Ako už bolo uvedené, materiál striech môže byť rôzny a má i rôzny vplyv na odtok vody zo strechy. Zatiaľ čo zatrávené strechy značnú dažďa absorbujú, iné strechy pokryté napríklad glazovanými škridlami odvedú zrážkovú vodu takmer na 100 %. Množstvo vody odvedené zo strechy udáva koeficient odtoku Ψ (Tab. 5.16).

Tab. 5.16 Koeficienty odtoku Ψ

POLOŽKA	SPÔSOB ZASTAVENIA A DRUH POZEMKU, PRÍPADNE DRUH ÚPRAVY POVRCHU	SÚČINITEL' ODTOKU Ψ PODĽA SPÁDU ODVODŇOVANEJ PLOCHY, %		
		do 1	1 až 5	nad 5
1.	Strechy	1,00	1,00	1,00
2.	Asfaltové a betónové plochy, dlažby so zálievkou škár	0,70	0,80	0,90
3.	Dlažby s pieskovými škárami	0,50	0,60	0,70
4.	Upravené štrkové plochy	0,30	0,40	0,50
5.	Neupravené a nezatravnene plochy	0,20	0,25	0,30
6.	Sady, ihriská	0,10	0,15	0,20
7.	Zelené pásy	0,05	0,10	0,15

Zdroj: STN 75 6101: Gravitačné kanalizačné systémy mimo budov (2016)

Veľkosť striech A je daná súčtom jednotlivých striech A_i . Odvádzané množstvo vody je teda nižšie ako teoretické. To sa zohľadňuje redukovaním - zmenšením plochy strechy. Na strechy s redukovanou plochou $A_{e,i}$ dopadá dážď o intenzite r_D (n) udávanej v (l/s.ha). Celková redukovaná plocha striech A_u sa vypočíta podľa rovnice 5.5.

$$A_u = \sum(A_{e,i} \cdot \Psi_i) \quad [m^2] \quad (5.5)$$

kde:

$A_{e,i}$ strechy s redukovanou plochou v m^2 ,

Ψ_i koeficient odtoku (bezrozmerné číslo).

Dĺžka vsakovacej zostavy L

Najdôležitejšou časťou návrhu vsakovacieho systému je určenie rozmeru dočasného akumuláčného priestoru. Prvé dva rozmery (šírka a výška) osadenej zostavy vyplývajú z obmedzujúcich miestnych podmienok, ako je napr. urbanistické riešenie zástavby alebo miestne hydrologické pomery. Dĺžka sa určí pomocou vzorca (5.6):

$$L = \frac{A_n \cdot 10^{-7} \cdot r_D \cdot D \cdot 60}{b \cdot h \cdot s_r + \left(b + \frac{h}{2}\right) \cdot D \cdot 60 \cdot \frac{k_f}{2}} \quad [m] \quad (5.6)$$

kde:

L neznáma dĺžka vsakovacej zostavy [m],

A_n povrch spevnených plôch [m^2],

r_d intenzita záťažového dažďa [l/s.ha],

D doba trvania záťažového dažďa [min],

B šírka vsakovacej zostavy [m],

h výška vsakovacej zostavy [m],

s_r retenčný (akumulačný) koeficient 0,95,

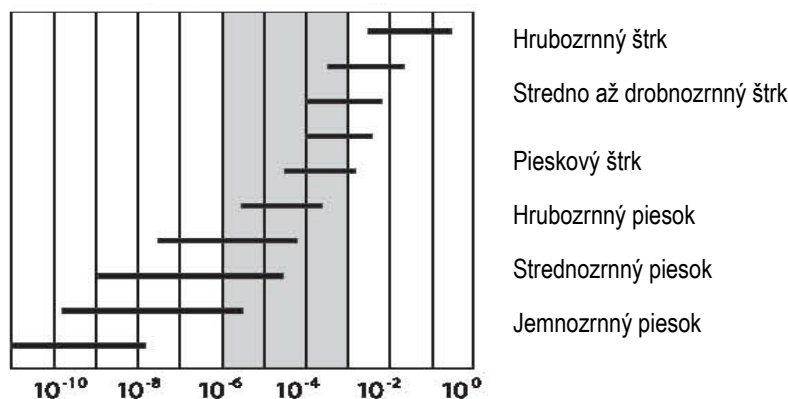
k_f súčiniteľ priepustnosti pôdy [m/s].

Koeficient vsakovania k_f

Pri návrhu vsakovacieho systému je veľmi dôležitá úzka spolupráca projektanta s hydroológom. Niekedy môže byť vsakovanie nemožné, nevhodné alebo nákladnejšie a pritom menej spoľahlivé ako klasická dažďová kanalizácia. Až z geologického prieskumu uvažovanej oblasti vyplynie vhodnosť či nevhodnosť okolia zeminy pre vsakovanie

zrážkovej vody. Súčiniteľ priepustnosti pôdy k_f vyjadruje rýchlosť v m/s, ktorou preteká zrážková voda zeminou. V závislosti na druhu zeminy môže nadobúdať veľmi rozdielne hodnoty v rozsahu od 10^{-1} do 10^{-10} m/s. Pritom o zasakovaní môžeme hovoriť, pokiaľ sa hodnota vsakovacej rýchlosti okolitej zeminy pohybuje v intervale od 10^{-3} do 10^{-6} m/s. V prípade, že k_f je väčší ako 10^{-3} , dochádza k veľmi rýchlemu priesaku dažďových vôd do vôd spodných. To má za následok jednak narušenie dočasnej skladovacej funkcie systému a jednak to, že nedôjde k požadovanému pôdnemu dočisteniu dažďovej vody pred jej vstupom do vody podzemnej. Pokiaľ je k_f menší ako 10^{-6} , je nutné navrhnuť kapacitne veľmi veľký akumulčný priestor, čo môže byť z ekonomického hľadiska nevýhodné. V týchto prípadoch sa už nedá hovoriť o vsakovaní, ale o riadenej retencii (zadržení).

Obr. 5.31 Doporučené hodnoty koeficientu vsakovania k_f



Zdroj: Technické podklady firmy Wavin, WAVIN AZURA – WAVIN Q-BIC, Katalóg 2006.

Využitelný objem vsakovacej zostavy V

Za využitelný objem vsakovacej zostavy sa pri návrhu uvažuje 95 % objemu celej vsakovacej zostavy, ktorá bola navrhnutá. Výpočtom môžeme zistiť taktiež akumulčný objem vsakovacej zostavy. Stúpanie hladiny vyplýva z prírastku objemu danom rozdielom medzi pritekajúcou a odtekajúcou vodou ($Q_{zu} - Q_s$).

Výška dosiahnutej hladiny v akumulčnom priestore závisí od dĺžky trvania zrážok, jeho intenzity a k_f . Na Slovensku je zaužívaný objem akumulčného priestoru počítaný na 15 minútový 2 - ročný dažď.

Ale v mnohých prípadoch, zvlášť pri nízkych hodnotách k_f a pri tzv. vytrvalých dažďoch, môže vyjsť potrebný akumulčný objem vyšší ako pre zaužívaný výpočet. Preto pri nízkych hodnotách k_f je vhodné prepočítať aj ostatné hodnoty intenzity dažďa a dĺžky dažďa. Pre výpočet akumulčného priestoru platí rovnica (5.7):

$$V = (Q_{zu} - Q_s) \cdot D \cdot 60 \cdot f_z \quad [m^3] \quad (5.7)$$

kde:

D doba trvania dažďa v minútach (jej vynásobením číslom 60 získame dobu trvania dažďa v sekundách),

f_z súčiniteľ bezpečnosti (projektant ho na základe svojho uváženia volí v rozmedzí 1,1 až 1,2. Hodnota 1,1 sa volí pre decentrálne vsakovanie, hodnota 1,2 sa volí pre centrálné vsakovanie).

Vsakovacia plocha A_s

Dôležitá skutočnosť nastáva pre stanovenie vsakovacej plochy A_s . Tá sa totiž neobmedzuje iba na plochu A , čiže na samotnú podstavu blokov, ale sa rozširuje aj o šírku bočného vsakovania - v akumulčnom priestore voda vystupuje do výšky h . Stredná hodnota výšky hladiny je $h/2$. Keďže časť vsakovania sa uskutočňuje cez bočné steny blokov, a

to po oboch stranách účinnej vsakovacej šírky $b_{R,w}$, rozširuje sa táto na obe strany o hodnotu $h/4$. Potom účinná vsakovacia šírka je daná vzťahom (5.8):

$$b_{R,w} = b_R + (2 \cdot h/4) = b_R + h/2 \quad [m] \quad (5.8)$$

kde:

$b_{R,w}$ vsakovacia šírka [m],

h vsakovacia výška [m].

Vsakovacia plocha A_s v m^2 je daná vzťahom (5.9):

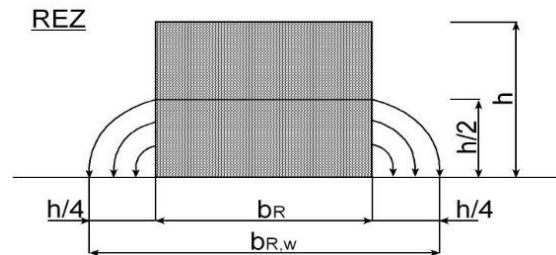
$$A_s = L \cdot b_{R,w} \quad [m^2] \quad (5.9)$$

kde:

L vsakovacia dĺžka [m],

$b_{R,w}$ účinná vsakovacia šírka [m].

Obr. 5.32 Schéma určenia účinnej vsakovacej šírky



Zdroj: Technické podklady firmy Wavin, WAVIN AZURA – WAVIN Q-BIC, Katalóg 2006.

5.7.6 Príklad návrhu vsakovacích šácht pre budovu

Vstupné údaje sú: Lokalita - Košice

A_{imp} plocha strechy: šachta A - 212 m^2 resp. šachta B - 338 m^2

d_e vonkajší priemer šachty: 1,0 m

d_i vnútorný priemer šachty: 0,8 m

k_f koeficient filtrácie: $1 \cdot 10^{-3}$ m/s

f_z je súčiniteľ bezpečnosti: 1,2

$rD_{(0,5)}$ zvolená periodičita dažďa

Stanovenie hĺbky vsakovacej šachty

Pre dimenzovanie vsakovacej šachty je potrebné stanoviť potrebnú hĺbku vsakovacej šachty. Tak ako pri dimenzovaní ostatných druhov vsakovacích zariadení, je potrebné urobiť výpočet na rôzne druhy trvania dažďa a stanoviť kritický dážď pre danú zvolenú periodičitu, teda v prípade vsakovacích šácht najnepriaznivejší dážď, pre ktorý dostaneme najväčšiu hĺbku vsakovacej šachty.

Výpočet hĺbky vsakovacích šácht podľa DWA 138 (5.10):

$$z = \frac{A_{imp} \cdot 10^{-7} \cdot r_{D(n)} - \frac{\pi \cdot d_e^2}{4} \cdot \frac{k_f}{2}}{\frac{\pi \cdot d_i^2}{4 \cdot D \cdot 60 \cdot f_p} + \frac{\pi \cdot d_e \cdot k_f}{4}} \quad [m] \quad (5.10)$$

Maximálna výška vodnej hladiny vo vsakovacích šachtách pre zvolenú periodicitu je pri 5, resp. 10 minútovom daždi, a to 2,97 m resp. 4,89 m, preto by sa šachty navrhovali na túto plniacu výšku (Pozri Tab. 5.17).

Tab. 5.17 Výška vodných hladín vo vsakovacích šachtách

D [min]	$r_{D(0,5)}$ [l/(s,ha)]	z [m]	D [min]	$r_{D(0,5)}$ [l/(s,ha)]	z [m]
5	324	2,970	5	324	4,84
10	226	2,967	10	226	4,89
15	178	2,70	15	178	4,50
20	148	2,42	20	148	4,07
30	112	1,95	30	112	3,33
40	91	1,60	40	91	2,80
50	77	1,34	50	77	2,39
60	67	1,14	60	67	2,08
90	49	0,75	90	49	1,47
120	39	0,52	120	39	1,10
180	27	0,22	180	27	0,63

Poznámka

Šachta A

Šachta B

Stanovenie akumuláčného objemu vsakovacích šacht podľa DWA 138 pomocou rovnice (5.11):

$$V = (A_{imp} \cdot 10^{-7} \cdot r_{D(n)} - A_p \cdot \frac{k_f}{2}) \cdot D \cdot 60 \cdot f_z \quad [m^3] \quad (5.11)$$

Tab. 5.18 Stanovenie akumuláčného objemu vsakovacích šacht

D [min]	$r_{D(0,5)}$ [l/(s,ha)]	V [m ³]	D [min]	$r_{D(0,5)}$ [l/(s,ha)]	V [m ³]
5	324	1,493	5	324	2,420
10	226	1,490	10	226	2,455
15	178	1,14	15	178	1,931
20	148	0,60	20	148	1,114
30	112	-0,75	30	112	-0,957
40	91	-2,28	40	91	-3,321
50	77	-3,92	50	77	-5,854
60	67	-5,62	60	67	-8,485
90	49	-10,90	90	49	-16,670
120	39	-16,37	120	39	-25,147
180	27	-27,85	180	27	-42,978

Poznámka:

Šachta A

Šachta B

Hodnoty požadovaných akumuláčných objemov by boli 1,49 m³, resp. 2,45 m³

5.7.7 Alternatívy vsakovacích zariadení pre školské budovy

Benefity vsakovania je možné využiť aj inými realizáciami na alebo pri školských budovách. Medzi známe a stále častejšie používané vodozádržné opatrenia radíme:

- Zelené strechy (Obr. 5.33),
- Priepustné dlažby (Obr. 5.34),
- Vegetačné pásy (Obr. 5.35),
- Kanály a priehlbne (Obr. 5.36),
- Vsakovacie pásy (Obr. 5.37),
- Vsakovacie studne (Obr. 5.38),
- Infiltračné priekopy (Obr. 5.39),
- Dažďové záhrady (Obr. 5.40 a 5.41),
- Detenčné nádrže (Obr. 5.42),
- Retenčné nádrže (Obr. 5.43),
- Infiltračné nádrže (Obr. 5.44).

Obr. 5.33 Zelené strechy, príklad zo Švédska



Poznámka: Typická štruktúra zelenej strechy zahŕňa povrchovú vegetačnú vrstvu podloženú substrátom (rastové médium), geotextilnú filtračnú vrstvu a agregátovú alebo geokompozitnú drenážnu vrstvu. Zelené strechy sú navrhnuté tak, aby zachytávali zrážky, ktoré sa spomaľujú, keď pretekajú vegetáciou a drenážnou vrstvou. Zelené materiály strechy sú podložené nepremokavou membránou s ďalšou izolačnou vrstvou. Časť dažďovej vody sa ukladá do drenážnej vrstvy a absorbuje ju vegetácia, pričom zvyšok sa zvyčajným spôsobom vypúšťa zo strechy (cez žľaby a zvody).

Zdroj: www.susdrain.org (zelená strecha v Augustenborg, Malmo, Švédsko)

Prvenstvá v budovaní zelených striech nachádzame naprieč celým spektrom národov a období. Platnú legislatívu ukladajúcu povinnosť budovať zelené strechy (sklon < 30°) na nových budovách nachádzame v Dánsku. Povinné zelené strechy aspoň na niektorej časti každej novej budovy majú Francúzi. Toronto schválilo povinné zelené strechy

na priemyselných aj obytných budovách. V susedných Čechách je najpokrokovejšie Brno, ktoré ako prvé v ČR poskytuje dotácie na podporu zelených striech. O dotácie môžu v Brne žiadať mestské časti, fyzické osoby, firmy, právnické osoby ako napr. majitelia nákupných centier, združenia vlastníkov bytov a podobne. Zelené plochy si vytýčili ako nevyhnutné pre obnovenie zdravého mestského prostredia aj v Linzi. Mestské nariadenie vyžaduje zelené strechy na nové komerčné a priemyselné budovy nad 100 m². V slovenských pomeroch nachádzame podporu zelených plôch prostredníctvom vyhlásenej výzvy Ministerstva životného prostredia Vodozádržné opatrenia v urbanizovanej krajine, vyhlásenej od apríla r. 2018. Výzva odvtedy prešla viacerými navýšeniami, pričom plánované sú aj na rok 2022, z ktorých podpora sa ujde najmä pre verejný sektor, a tiež mestá i obce.

Obr. 5.34 Pripustná dlažba Stamford, UK



Poznámka: Pripustná dlažba je navrhnutá tak, aby dažďovej vode umožnila infiltráciu cez povrch, buď do podkladových vrstiev (pôda a zvodnené vrstvy), alebo bola skladovaná pod zemou a uvoľňovaná kontrolovanou rýchlosťou do povrchovej vody. Pripustná dlažba sa používa ako všeobecný pojem, ale je možné rozlišovať dva typy: Porézne chodníky, kde voda je infiltrovaná cez celý povrch (vystužená tráva, štrk alebo pórovitý betón a dlažobné kocky). Pripustné vozovky, ak sú materiály ako tehly položené tak, aby poskytovali prázdny priestor až k podkladu pomocou expandovaných alebo pórovitých tesnení (namiesto maltových alebo iných jemných častíc).

Zdroj: www.susdrain.org, prezentácia Andras Kis, NWRM Workshop 1

Obr. 5.35 Priehľbeň – vegetačný pás



Poznámka: Priehľbne - vegetačné pásy (zvyčajne sa nachádzajú pri cestách) sú lineárne, široké a plytké, môžu zadržiavať alebo prepravovať povrchovú vodu (znižujúc rýchlosť odtoku a objemy) a odstraňujú znečisťujúce látky. Štandardná priehľbeň - všeobecne sa používa na dopravu odtoku z povodia do inej fázy infiltrácie. Vylepšená priehľbeň zahŕňa filtračné lôžko pod vegetačným pásom. Vlhká priehľbeň - vegetačný pás vybavený zariadeniami na kontrolu infiltrácie.

Zdroj: www.susdrain.org, prezentácia Andras Kis, NWRM Workshop 1

Obr. 5.36 Kanály v urbanizovanom území



Poznámka: Kanály a priehlbne sú plytké otvorené povrchové vodné priestory, ktoré zhromažďujú vodu, spomaľujú ju a zabezpečujú ukladanie sedimentu z odtoku. Môžu mať rôzne prierezy, ktoré vyhovujú mestskej krajine, a môžu zahŕňať použitie výsadby na zaistenie lepšej vizuálnej príťažlivosti a úpravy vody.

Zdroj: www.susdrain.org, prezentácia Andras Kis, NWRM Workshop 1

Obr. 5.37 Malý vsakovací pás v ulici



Poznámka: Vsakovacie (filtračné) pásy sú najvhodnejšie na ošetrovanie odtoku z relatívne malých odtokových plôch, ako sú cesty, strechy, malé parkoviská a priepustné povrchy. Filtračné pásy sa často integrujú do okolitého využívania krajiny, napríklad do verejného priestranstva alebo do cestných komunikácií. Z vizuálneho hľadiska a na zabezpečenie prirodzeného prostredia môžu byť implementované miestne druhy tráv a kvetov.

Zdroj: www.susdrain.org, prezentácia Andras Kis, NWRM Workshop 1

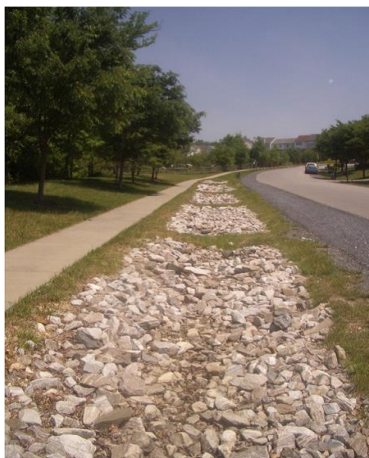
Obr. 5.38 Vsakovacie studne - princíp



Poznámka: Vsakovacie studne sú šachty, ktoré zadržiavajú povrchovú vodu a umožňujú jej vsiaknutie do zeme. Zvyčajne ide o štvorcové alebo kruhové konštrukcie vyplnené sutinou alebo obložené murivom, prefabrikovaným betónom alebo polyetylénovými perforovanými skladovacími štruktúrami obklopenými zrnitým zásypom. Vsakovacie studne poskytujú čistenie a zadržanie dažďovej vody. Zvyšujú tiež obsah pôdnej vlhkosti a pomáhajú dopĺňať podzemnú vodu. Umožňujú odtok z nehnuteľnosti a umožňujú jeho efektívnu infiltráciu do okolitej pôdy. Vsakovacie studne môžu byť prispôbené urbanistickému rozvoju s vysokou hustotou zástavby.

Zdroj: www.susdrain.org , prezentácia Andras Kis, NWRM Workshop 1

Obr. 5.39 Infiltračné priekopy s kameňmi v urbanizovanom území



Poznámka: Infiltračné priekopy sú plytké priekopy naplnené sutinou alebo kameňom. Umožňujú prenikaniu vody do okolitých pôd z dna a zo strán výkopu, čím zvyšujú prirodzenú schopnosť pôdy viesť vodu. V ideálnom prípade by mali mať bočný prítok z príľahlého nepriepustného povrchu (v skutočnosti je to forma vsakovacej šachty). Znižujú rýchlosť odtoku a môžu pomôcť doplniť objem podzemnej vody. Odtok upravujú filtráciou cez substrát a následne cez pôdu. Sú účinné pri odstraňovaní znečisťujúcich látok a sedimentov fyzikálnou filtráciou, adsorpciou na materiál v priekope alebo biochemickými reakciami vo výplni alebo v pôde. Nie sú však určené na to, aby fungovali ako lapače sedimentov, a musia byť vždy navrhnuté s účinným systémom predbežnej úpravy. Nachádzajú v blízkosti nepriepustných povrchov, ako sú parkoviská alebo cesty, kde sú častice v odtoku nízke. Vďaka svojmu úzkemu tvaru sa môžu prispôsobiť rôznym miestam a dajú sa ľahko dodatočne navrhnuť na okraj, obvod alebo iné nevyužité oblasti rozvinutých miest. Môžu byť účinne začlenené do krajiny a navrhnuté tak, aby vyžadovali minimálne zaberanie pôdy.

Zdroj: www.susdrain.org , prezentácia Andras Kis, NWRM Workshop 1

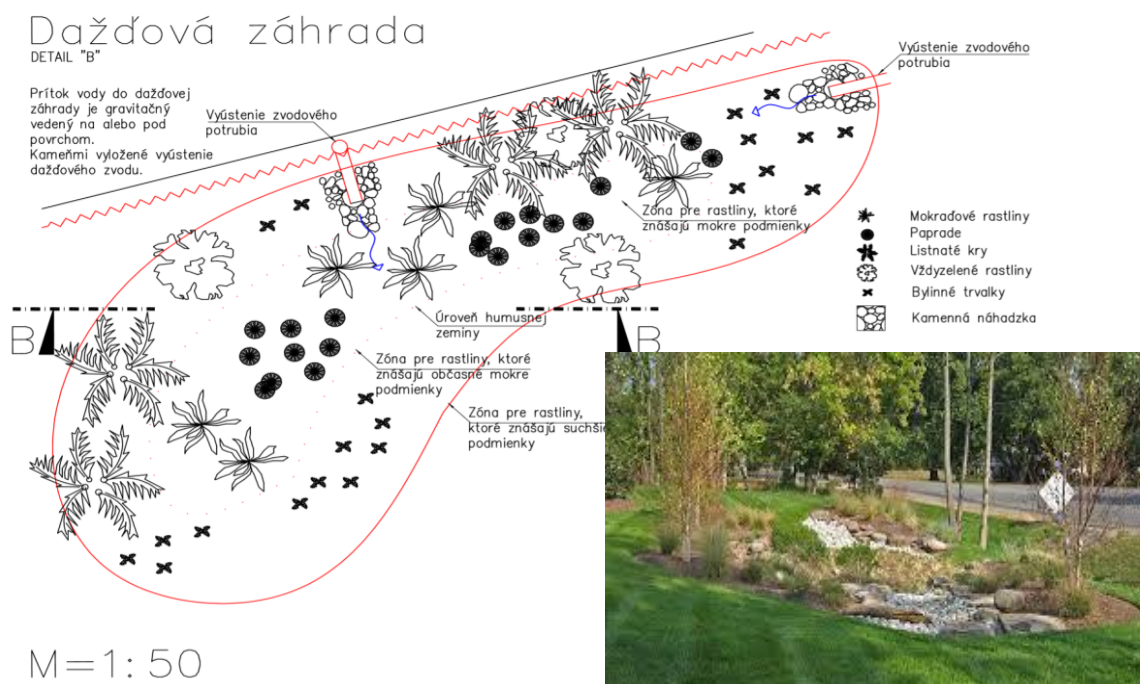
Obr. 5.40 Dažďové záhrady



Poznámka: Dažďové záhrady sú malé záhrady na zachytenie a infiltráciu dažďovej vody. Používajú rad komponentov: Trávy na zníženie vstupnej rýchlosti odtoku a na filtrovanie častíc. Priestory na dočasné uskladnenie povrchovej vody pred odparením, infiltráciou alebo absorpciou rastlinami. Organické/ mulčovacie plochy na filtráciu a vytvorenie prostredia vedúceho k rastu mikroorganizmov, ktoré degradujú uhľovodíky organické látky. Úrodnú pôdu, na filtráciu a ako úrodné médium. Hlinitá zložka v pôde môže poskytnúť dobrú adsorpciu uhľovodíkov, ťažkých kovov a živín. Drevené a bylenné rastliny na zachytávanie zrážok a podporu výparu. Výsadba tiež chráni vrstvu pred eróziou a zachytáva znečisťujúce látky. Piesočné lôžka poskytujú dobré drenážne a aeróbne podmienky pre výsadbovú pôdu. Filtrovaný odtok sa buď zbiera a vracia sa do systému, alebo ak to podmienky miesta umožňujú, infiltruje sa do okolitej pôdy. Dažďové záhrady by mali byť vysadené pôvodnou vegetáciou, ktorá je vyrovnaná s občasnými záplavami. Dažďové záhrady sú použiteľné pre väčšinu typov rozvoja a môžu byť použité v obytných aj neobytných oblastiach. Môžu mať flexibilné rozloženie a mali by byť naplánované ako terénne úpravy, čím sa zvýši hodnota urbánneho vybavenia.

Zdroj: www.susdrain.org , prezentácia Andras Kis, NWRM Workshop 1

Obr. 5.41 Príklad realizácie dažďovej záhrady



Obr. 5.42 Detenčné nádrže



Poznámka: Detenčné / Záchytné nádrže sú vegetované depresie určené na zadržiavanie odtoku z nepriepustných povrchov a umožňujú usadzovanie sedimentov a znečisťujúcich látok. Zachytená voda sa môže pomaly odvádzať do blízkeho vodného toku pomocou regulácie odtoku. Záchytné nádrže môžu slúžiť iným funkciám, sú ideálne ako ihriská, rekreačné oblasti alebo verejné priestranstvá. Môžu byť vysadené stromami, kríkmi a inými rastlinami, čím sa zlepšuje ich vizuálny vzhľad a poskytujú biotopy pre voľne žijúce zvieratá.

Zdroj: www.susdrain.org , prezentácia Andras Kis, NWRM Workshop 1

Obr. 5.43 Retenčné nádrže



Poznámka: Retenčné jazierka sú rybníky alebo bazény navrhnuté s dodatočnou skladovacou kapacitou na zníženie povrchového odtoku počas zrážkových udalostí. Tvoria sa pomocou existujúcej prírodnej depresie, vykopávaním novej depresie alebo vytvorením násypov. Existujúce prírodné vodné útvary by sa nemali používať z dôvodu rizika, že znečistenie môže narušiť prirodzenú ekológiu systému. Zabezpečené musia byť prepadom. Dobre navrhnuté a udržiavané rybníky môžu mestskej krajine ponúknuť estetické, kultúrne a ekologické výhody, najmä ako súčasť verejných priestranstiev.

Zdroj: <http://winnipeg.ca/waterandwaste/drainageFlooding/ponds.stm>



Poznámka: Infiltračné nádrže sú vegetované depresie určené na zadržiavanie odtoku z nepriepustných povrchov, umožňujú usadzovanie sedimentov a súvisiacich znečisťujúcich látok a umožňujú, aby voda prenikla do podzemných vôd. Infiltračné nádrže sú suché, s výnimkou období silných dažďov. Infiltračné nádrže sú ideálne pre použitie ako ihriská, rekreačné oblasti alebo verejné priestranstvá. Môžu byť vysadené stromami, kríkmi a inými rastlinami, čím sa zlepšuje ich vizuálny vzhľad a poskytujú biotopy pre voľne žijúce zvieratá. Zvyšujú obsah pôdnej vlhkosti a pomáhajú dopĺňať podzemnú vodu.

Zdroj: www.susdrain.org , prezentácia Andras Kis, NWRM Workshop 1

5.8 Rekapitulácia - závery

- Zrážkovú vodu môže využívať každá školská budova,
- Množstvo zrážok spadnutých na 1 m² sa v našich podmienkach pohybuje od 500 do 800 mm/m² ročne, v závislosti od sklonu, tvaru a riešenia strechy,
- Z hygienických dôvodov sa neodporúča skladovať vodu príliš dlho. Ak je budova dlhší čas nevyužívaná, odporúča sa zásobník predtým vyprázdniť a vyčistiť prírodné potrubie,
- Cena systému závisí od spôsobu využitia zrážkovej vody. Najvýznamnejšiu položku tvorí zásobná nádrž. Vybrať správnu veľkosť nádrže je dôležité z prevádzkových dôvodov aj z hľadiska jej optimálneho využitia. V súčasnosti sa na túto problematiku zameriavajú viaceré renomované firmy.
- Dažďová voda je čistá, mäkká, ekologická a ekonomická alternatíva pitnej vody pre použitie v školských budovách aj ich okolí, využívame vodu, ktorú by sme v konečnom dôsledku zaplatili ako stočné za zrážkovú vodu z povrchového odtoku,
- Na rozvoje zrážkovej vody nie sú potrebné zmäčkovacie zariadenia úpravy tvrdosti vody, je však potrebná niekoľko stupňová filtrácia, jej kontrola a čistenie,
- Na čistotu zrážkovej vody na výstupe zo zariadenia predmetu vplyva pravidelná kontrola a čistota: strechy, žlabov, lapačov strešných splavenín, ležateho potrubia v zemi, vstupného filtra v nádrži, čistota nádrže, pravidelný preplach mechanického filtra,
- Neodporúča sa použitie zo zelených striech a plochých striech so zeleňou,
- Problémy pri prevádzke systémov využitia zrážkovej vody sú následkom nedostatku chemikálií, vyžadovaných pre úpravu, nepostačujúca údržba a čistenie a nedostatočný základ pod nádržou,

- Čo sa týka možnosti zamrznutia systému v zime (napríklad stojatá voda ponechaná v potrubiach), je nevyhnutná tepelná izolácia potrubia a uloženie nádrže do vnútra budovy pri teplote min. 5 °C. Ak sa systém nebude dlhšiu dobu používať, doporučuje sa ho vyprázdniť,
- Využívanie zrážkovej vody otvára mnoho otázok. Je dôležité využívať dostupné matematické, simulačné a predikčné modely úhrnov zrážok s uvažovaním klimatických zmien. Tie sú jedným z najdôležitejších vstupov pri navrhovaní čo najefektívnejších systémov. V prípade nezváženého vplyvu klimatických zmien sa môže stať, že navrhnutý efektívny systém sa stane v priebehu niekoľkých rokov úplne neúčinným,
- Zrážka dopadajúca na zberné plochy nemôže byť využitá stopercentne. Zariadenia na využívanie zrážkovej vody majú mať stupeň využiteľnosti medzi 70 a 90 %,
- V lete sú bežné krátkodobé dažde, ktoré prinesú 10 až 50 mm zrážok. Stav vody v zásobníku sa zvýši aj pri počasí spojenom s mrholením, kde je prínos 1 až 2 mm a pri celodennom drobnom daždi je to 10 až 20 mm. Pretože 1 mm zrážok odpovedá 1 litru vody (na 1 m²), môže mrholenie podľa okolností, pokryť aj dennú potrebu, ak sa voda zbiera napr. zo 100 m² strechy,
- Hlavným cieľom uplatňovania malých vodozadržných opatrení (vsakov) je zvýšenie retenčnej kapacity kolektorov, pôdy a vodných ekosystémov s cieľom zlepšiť ich stav,
- Aplikácia vodozadržných opatrení podporuje zelenú infraštruktúru, zlepšuje kvantitatívny stav vodných útvarov ako takých a znižuje zraniteľnosť na sucho,
- Pozitívne ovplyvňuje chemický a ekologický stav vodných útvarov obnovením prirodzeného fungovania ekosystémov.
- Obnovené ekosystémy prispievajú k prispôbovaniu sa zmene klímy, ako aj k zmierňovaniu jej dopadov.

Zoznam tabuliek

- Tab. 5.1 Vlastnosti sivých vôd podľa zdroja ich vzniku
- Tab. 5.2 Výhody a nevýhody využitia zrážkovej vody z povrchového odtoku
- Tab. 5.3 Zloženie zrážkovej vody z povrchového odtoku a požiadavky na použitie
- Tab. 5.4 Koeficient odtoku a vhodnosť použitia rôznych strešných konštrukcií
- Tab. 5.5 Výhody verzus nevýhody alternatívneho umiestnenia akumulačnej nádrže
- Tab. 5.6 Typy a vlastnosti filtrov
- Tab. 5.7 Metódy úpravy zrážkovej vody z povrchového odtoku
- Tab. 5.8 Súčiniteľ odtoku odvodňovaného povrchu
- Tab. 5.9 Ročné úhrny zrážok pre vybrané mestá v SR
- Tab. 5.10 Priemerné mesačné priemerné úhrny zrážok pre SR
- Tab. 5.11 Denné potreby nepitnej vody súvisiace s osobami v administratívnych budovách
- Tab. 5.12 Denné potreby nepitnej vody na polievanie alebo zavlažovanie
- Tab. 5.13 Mapa cien vody
- Tab. 5.14 Bilancia potreby vody pre školskú budovu
- Tab. 5.15 Stanovenie intenzity dažďa ($l / s \cdot ha$) pre jednotlivé trvania dažďa D (min) a rôznu periodicitu dažďa $r(d)$
- Tab. 5.16 Koeficienty odtoku Ψ
- Tab. 5.17 Výška vodných hladín vo vsakovacích šachtách
- Tab. 5.18 Stanovenie akumulačného objemu vsakovacích šacht

Zoznam obrázkov

- Obr. 5.1 Alternatívne zdroje vody pre udržateľné zásobovanie budovy vodou
- Obr. 5.2 Úsporné zariadenia na reguláciu a redukciu prietoku vody
- Obr. 5.3 Porovnanie spotrieb vody a úspor pri zabudovaní úsporných armatúr za rok
- Obr. 5.4 Porovnanie spotrieb vody a úspor pri rekonštrukcii kúpeľne, toalety a kuchyne typického bytu
- Obr. 5.5 Štatistické hodnoty spotreby vody v litroch pre osobu a deň spotrebované na jednotlivé činnosti človeka v domácnosti
- Obr. 5.6 Využitie studne a domovej vodárne pre zásobovanie rodinného domu pitnou/ úžitkovou vodou
- Obr. 5.7 Udržateľné vodné hospodárstvo budovy na bývanie
- Obr. 5.8 Kompostovací záchod Clivus-Multrum
- Obr. 5.9 Eko-toaleta
- Obr. 5.10 No-mix toaleta
- Obr. 5.11 Šetriaca toaleta s umývadielkom
- Obr. 5.12 Schéma využitia rôznych druhov odpadových vôd v budove a v jej okolí
- Obr. 5.13 Využitie rôznych druhov odpadových vôd v kombinácii so zelenými infraštruktúrami v budove
- Obr. 5.14 Prehľad zrážkových pomerov Slovenska
- Obr. 5.15 Schéma využitia zrážkovej vody z povrchového odtoku
- Obr. 5.16 Jednoduchá možnosť využitia zrážkových vôd pri rodinnom dome
- Obr. 5.17 Klasický prístup pri hospodárení so zrážkovými vodami
- Obr. 5.18 Udržateľný prístup pri hospodárení so zrážkovými vodami
- Obr. 5.19 Procesný diagram systému využitia zrážkovej vody
- Obr. 5.20 Typické súčasti systému využitia zrážkovej vody na zavlažovanie v rodinnom dome
- Obr. 5.21 Systém využitia zrážkovej vody v bytovom dome
- Obr. 5.22 Možné umiestnenie akumulačných nádrží
- Obr. 5.23 Používané podzemné akumulačné nádrže

- Obr. 5.24 Použitie akumuláčnej podzemnej nádrže a jej dopĺňanie pitnou vodou
- Obr. 5.25 Podzemná akumuláčná nádrž s pripadom do vsakovacieho objektu
- Obr. 5.26 Ochranné sieťky do strešných žľabov
- Obr. 5.27 Mechanické prečistenie zrážkovej vody v rámci dažďového odpadu
- Obr. 5.28 Predsadený a integrovaný lapač strešných splavenín
- Obr. 5.29 Voľný výtok- alternatívy ochrannej jednotky
- Obr. 5.30 Pôdorysný priemet odvodňovanej plochy
- Obr. 5.31 Diagram na určenie veľkosti zásobníka na základe priemerného množstva zrážok mm/m², typu a veľkosti strechy
- Obr. 5.32 Rodinný dom, Kapské mesto, JAR
- Obr. 5.33 Rodinný dom, okres Heinsberg, Nemecko
- Obr. 5.34 Rodinný dom, východné Belgicko
- Obr. 5.35 Projekt bytovej štvrte Ringdansen, Norrköping, Švédsko
- Obr. 5.36 Bytový dom, Prešov
- Obr. 5.37 Rodinný dom v Šali
- Obr. 5.38 Detail strešného vtoku
- Obr. 5.39 Osadenie dažďovej nádrže
- Obr. 5.40 Čerpadlo a tlaková nádrž
- Obr. 5.41 Odlíšenie výtokov s pitnou a úžitkovou vodou
- Obr. 5.42 Vsakovací blok
- Obr. 5.43 Tunelový vsakovací systém
- Obr. 5.44 Tunelový vsakovací systém rúra – rigol
- Obr. 5.45 Tunelový vsakovací systém Vsakovanie koryto – rigol
- Obr. 5.46 Schéma systému vsakovania
- Obr. 5.47 Doporučené hodnoty koeficientu vsakovania k_f
- Obr. 5.48 Schéma určenia účinnej vsakovacej šírky
- Obr. 5.49 Príklad realizácie vsakovacieho systému pre rodinný dom
- Obr. 5.50 Zelené strechy, príklady zo Švédska a Bratislavy
- Obr. 5.51 Pripustná dlažba Stamford, UK
- Obr. 5.52 Priehľbeň – vegetačný pás
- Obr. 5.53 Kanály v urbanizovanom území
- Obr. 5.54 Malý vsakovací pás v ulici
- Obr. 5.55 Vsakovacie studne – princíp
- Obr. 5.56 Infiltračné priekopy s kameňmi v urbanizovanom území
- Obr. 5.57 Dažďové záhrady
- Obr. 5.58 Príklad realizácie dažďovej záhrady
- Obr. 5.59 Detenčné nádrže
- Obr. 5.60 Retenčné nádrže
- Obr. 5.61 Infiltračné nádrže

Zoznam literatúry

Káposztásová, D., Vranayová, Z.: Vodný manažment pre budovy 3. milénia. In: Eurostav. Roč. 24, č. 1-2 (2018), s. 18-21. - ISSN 1335-1249
 Vranayová, Z. [et al.] Bezpečné a udržateľné hospodárenie so zrážkovými vodami v budovách. Košice TU - 2015. - 85 s.. – ISBN 978-80-553-2316-9

Vranayová, Z. [et al.] Bezpečné a udržateľné hospodárenie so zrážkovými vodami v budovách. Košice TU, 2015

Bose, K.: Dešťová voda pro zahradu a dum. Ostrava, nakladatelství HEL, ISBN 80-86167-08-9

Coombes PJ., Kuczera G., Argue J. & Kalma JD.: An evaluation of the benefits of source control measures at the regional scale, *Urban Water*, vol. 4 (4), 307-320, 2002

Fryer, J.: *The Complete Guide to Water Storage*. Atlantic Publishing Group, USA, 2012

Kabele, K. a kol.: *Energetické a ekologické systémy 1. Zdravotní technika. Vytápění*, ČVUT Praha, 2009

Kinkade-Levario, H.: *Design for water. Rainwater Harvesting. Stormwater Catchment and Alternate Water Reuse*. New Society Publishers, Canada, 2007

Mitchel VG., Mein RG. & McMahon TA.: Evaluating the resource potential of stormwater and wastewater; an Australian perspective, *Australian Journal of Water Resources*, vol. 2(1), pp. 19–22, 1997

Stec, A.: *Sustainable water management in buildings. Case studies from Europe*. Water Science and Technology Library, 2020 - Springer

Valášek J. a kol.: *Ochrana pitnej vody vo vodovodných rozvodoch pred znečistením*, Bratislava, AURIUS, ISBN 80-967864-1-5

Vranayová, Z.: *TZB I – Kanalizácia, vodovody a plynovody v budovách*. SvF TUKE Košice, 2010

Vrána, J. a kol.: *Technická zařízení budov v praxi*, GRADA Publishing, 2007

Vrána, J.: *Voda a kanalizace v domě a bytě, instalátorské práce*, GRADA Publishing, 2005

Žabička Z.: *Dažďová voda, spôsob odvádzania a vplyv na riešenie stavby*, In: *Časopis TZB HAUS TECHNIK*, vydavateľstvo JAGA, číslo 7/2007, s. 34 - 36

Žabička, Z.: *Stavíme vodovod a kanalizace*, ERA, Brno 2003

Žabička Z., Vrána, J.: *Zdravotně technické instalace*. Era Brno, 2009

Technické podklady firmy Wavin, WAVIN AZURA – WAVIN Q-BIC, Katalóg 2006

Technické podklady firmy Rehau, Programy pro hospodárení se srážkovými vodami, Katalóg 2006

Technické podklady firmy Wavin, Katalóg 2006

STN 73 6760: *Kanalizácia v budovách*

STN EN 16941 (2018) *Miestne systémy na úžitkovú vodu. Časť 1: Systémy na použitie zrážkovej vody*

STN EN 12056-3 (2002) *Gravitačné kanalizačné systémy vnútri budov. Časť 3: Odvodnenie striech. Navrhovanie a výpočet*

STN EN 806 *Technické podmienky na zhotovovanie vodovodných potrubí na pitnú vodu vnútri budov. Časť 1 -5*

STN EN 752 : 2008 *Stokové siete a systém kanalizačných potrubí mimo budov*

www.ecoproduct.sk

www.enviroportal.sk

www.unipo.sk

<https://www.clivusmultrum.com.au/science-and-technology/how-a-clivus-multrum-works>

<https://www.idnes.cz/bydleni/koupelna/separacni-a-kompostovaci-toaleta>

<https://voda.tzb-info.cz/likvidace-odpadnich-vod/5703-decentralizovany-sposob-nakladania-s-odpadovymi-vodami-cast-2-delenie-odpadovych-vod>

www.ecoproduct.sk

<https://www.dotacedestovka.cz/>

<https://www.enviroportal.sk/spravy/detail/8322>

<https://www.graf-water.com/>

<https://voda.tzb-info.cz/vlastnosti-a-zdroje-vody/7024-potencial-vyuzivania-zraskovej-vody-z-povrchoveho-odtoku>

www.manadatrading.sk

<https://www.ekodren.sk/product/pe-sietka-do-stresnych-zlabov-nn420/>

<https://www.ekodren.sk/filtracia-vody/princip-filtracie/>

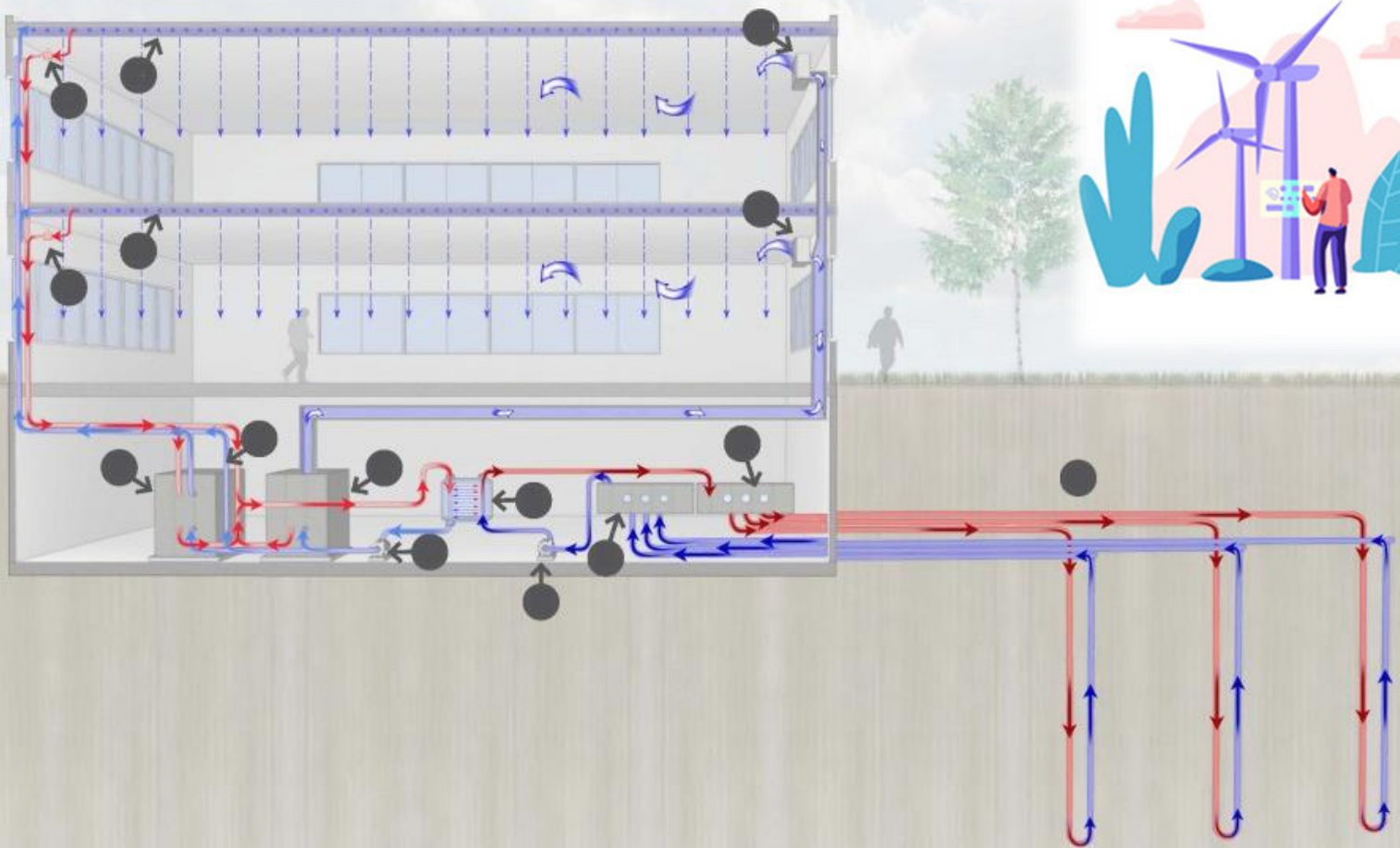
<http://www.shmu.sk>

<https://www.kodino.com/sk/clanky/cena-vody>

<https://www.asio.cz/cz/clanky>

<https://www.semanticscholar.org/paper/Analysis-of-a-rainwater-collection-system-for-water-Villarreal-Dixon/a65eed43c7bf094ceaf69a1f5cb39d3bb0d5be38>

http://www.fonhit.sk/krecht_vsak.html



VYUŽÍVANIE OBNOVITEĽNÝCH ZDROJOV ENERGIE

F. Vranay | E. Krídllová Burdová

6

VYUŽÍVANIE OBNOVITEL'NÝCH ZDROJOV ENERGIE

Zvyšujúca sa úroveň koncentrácií emisií oxidu uhličitého je jedným z najväznejších problémov v histórii ľudstva, ktorému dnešný svet čelí. Rôzne krajiny prijímajú rôzne politiky a prístupy na zmiernenie závažnosti zmeny klímy. Dlhotrvajúca dilema súvisiaca s degradáciou životného prostredia spôsobuje, že svet nemá potuchy o tom, ako riešiť environmentálne problémy. Významnými sa nepochybne stali naliehavé opatrenia výzvou 21. storočia vzhľadom na nárast extrémnych udalostí, ktoré vznikajú po celom svete, ako sú záplavy, topenie ľadovcov, sucho, zvyšujúce sa hladiny morí, požiare a zvyšujúce sa teplotné úrovne.

Parižska dohoda objasnila jej cieľ udržať stúpanie globálnej teploty výrazne pod 2 °C a otepľovala pod 1,5 °C, aby sa zvýšil cieľ zníženia emisií skleníkových plynov do roku 2030. Podľa hypotézy environmentálnej Kuznetsovej krivky mnohí výskumníci uznali, že akékoľvek ďalšie využitie fosílnych palív zvyšuje úroveň znečistenia.

Preto v súlade s obmedzením emisií CO₂, rôzne alternatívne obnoviteľné zdroje energie, napríklad slnečná energia, vodná energia, veterná energia, by mali nahradiť konvenčné ťažby z neobnoviteľných zdrojov. Zdá sa, že krajiny, ktoré sa snažia podporiť svoju ekonomiku prostredníctvom čistej energie v súvislosti s environmentálnymi predpismi, spĺňajú globálne energetické normy. Krajiny, ktoré sa spoliehajú na neobnoviteľné zdroje, však zaostávajú za perspektívou, hoci využili svoje ťažobné zdroje na podporu svojej infraštruktúry a obmedzenie svojej chudoby. Nízke emisie zo zdrojov energie preto podporujú vznikajúce ekonomické príležitosti, uľahčujú energetické technológie a inovácie s rozvojom distribúcie energie. Pred dosiahnutím cieľov do roku 2030 boli zavedené prvé opatrenia. Alternatívna obnoviteľná energia sa zaviedla na podporu politik šetrných k životnému prostrediu v európskych krajinách a doteraz prispela k zníženiu emisií uhlíka. Okrem toho mnohé krajiny s rýchlo rastúcimi ekonomikami odhalili svoje tendencie k činnostiam v oblasti čistej energie do roku 2030, hoci sa spoliehajú na výrobu, dodávky a spotrebu fosílnych palív.

Energia, ktorá je základnou potrebou ľudských bytostí, sa teraz stala kritickou zložkou udržateľného rastu a blahobytu každého národa v modernej dobe. V záujme trvalo udržateľného rastu výroby energie je potrebná diverzifikácia palív. V súčasnosti sú primárne svetové zdroje energie získavané z fosílnych palív a zemného plynu a ropy, ktoré sú spoľahlivé, ale nie je možné ich udržiavať a môžu spôsobiť značné a trvalé škody na životnom prostredí. Kvôli absencii energie, najmä elektriny v rozvojových krajinách, nie je veľa úsilia o využívanie obnoviteľných zdrojov energie na výrobu elektriny; závisia najmä od bežných energetických zdrojov vrátane fosílnych palív. Na uspokojenie neustále rastúcich svetových energetických potrieb sa globálna ekonomika vo veľkej miere spolieha na ropné deriváty, ktoré sú primárnym zdrojom emisií skleníkových plynov. Koncentrácia oxidu uhličitého (CO₂), primárneho skleníkového plynu, v posledných rokoch vzrástla, čo má za následok nárast globálnej teploty a zmeny životného prostredia, čo predstavuje hrozbu pre ekologické hospodárenie. Globálne emisie CO₂ v roku 2019 dosiahli rekordnú výšku 36,7 milióna ton v dôsledku zvýšeného spoliehania sa na zdroje energie z fosílnych palív, ako je uhlie, ropa a zemný plyn.

Zdroje energie z fosílnych palív, akými sú ropné deriváty, vo veľkej miere prispievajú k degradácii prírodného prostredia prostredníctvom svojich odpadov. Podľa údajov o zmenách globálneho dopytu po energii medzi rokmi 2011 a 2018 sa spotreba energie v porovnaní s predchádzajúcimi desiatimi rokmi zvýšila a záujem o ropné produkty sa zvýšil o 2,3 %. Nárast dopytu po energii má za následok aj 50 % zvýšenie emisií CO₂ v dôsledku zvýšeného využívania fosílnych palív, čo zvyšuje tlak na životné prostredie. Verejná produkcia by mohla nakoniec prispieť k hromadeniu odpadu z fosílnych palív a zhoršiť životné prostredie. To je dôvod, prečo je výroba elektriny šetrná k životnému prostrediu a ekologicky zodpovedná.

Globálna pozornosť znižovaniu emisií CO₂ zo spotreby energie a iných moderných postupov rastie. Na tento účel boli ustanovené dohovory UNFCCC a Tokio, v Kodani v roku 2009 sa dosiahol environmentálny pokrok, v roku 2014 Čína

a Spojené štáty americké dosiahli vzájomnú dohodu o zmierňovaní zmeny klímy a adaptácii na ňu, v roku 2015 bola prijatá Parížska dohoda, Organizácia Spojených národov Valné zhromaždenie prijalo v roku 2015 prísnejšie globálne ciele trvalo udržateľného rozvoja a v roku 2019 bola prijatá Európska zelená dohoda.

6.1 Európska zelená dohoda

Primárnym cieľom Európskej zelenej dohody je zabezpečiť aby do roku 2050 bola Európa vôbec prvý klimaticky neutrálny kontinent. Daný dlhodobý cieľ znamená, že do roku 2050 sa čisté emisie skleníkových plynov vyprodukované členskými štátmi Európskej únie budú rovnať nule. Dohoda si rovnako dáva za cieľ oddeliť hospodársky rast od využívania zdrojov a zabezpečiť, že pripravované zmeny budú spravodlivé a inkluzívne, pričom sa nezabudne na žiadneho jednotlivca či región.

Dohoda v sebe zahŕňa viacero nosných prvkov. Medzi najdôležitejšie patria výrazné zvýšenie ambícií Európskej únie v oblasti klímy na roky 2030 a 2050. Rovnako zabezpečenie dodávky čistej a cenovo dostupnej energie pričom sústrediť sa bude na posilňovanie produkcie energie z obnoviteľných zdrojov, rozširovanie medzinárodnej spolupráce pri zlepšovaní energetickej infraštruktúry či na boj proti energetickej chudobe. Ďalej sa chce zamerať na rýchlejší a efektívnejší rozvoj obehového hospodárstva, predovšetkým v odvetviach náročných na zdroje (textilný priemysel, stavebníctvo, elektronika a plasty) a pozitívne vplývať na spotrebiteľské správanie (preferencia opätovne použiteľných trvácnych výrobkov). Riešiť bude aj energeticky náročné oblasti ako je výstavba a obnova budov alebo doprava, ktorých podiel na emisiách skleníkových plynov je mimoriadne vysoký. Vypracovanie a následná implementácia Stratégie z „Farmy na stôl“ má zase viesť k udržateľnejšej potravinovej politike zapojením všetkých fáz potravinového reťazca.

Naplnenie spomenutých ambiciózných cieľov bude finančne mimoriadne náročné, predovšetkým pre členské štáty, ktoré majú históriu určenú horšiu štartovaciu pozíciu súvisiacu s masívnym využívaním zastaraných a neekologických zdrojov energie a tepla. Pomôcť prekonať podobné prekážky má Investičný plán pre udržateľnú Európu, ktorý by mal zmobilizovať investície zo zdrojov Európskej únie, pričom počíta aj s participáciou členských štátov a súkromného sektora. Celková výška naakumulovaných investícií by mala dosiahnuť minimálne hodnotu 1 bilión eur. Ďalšími európskymi finančnými nástrojmi pre zeleňšiu budúcnosť sú Modernizačný fond na podporu investícií do modernizácie energetických systémov a zlepšenie energetickej efektívnosti či Inovačný fond na podporu inovatívnych riešení v oblasti obnoviteľných zdrojov energie, priemyslu, ukladania a využívania zachyteného uhlíka či uskladňovania energie.

Dohoda bola predstavená 11. decembra 2019 v Bruseli a je súčasťou stratégie pre naplnenie Agendy 2030 a prijatých záväzkov v rámci Parížskej dohody. Ciele Európskej zelenej dohody budú právne zakotvené prostredníctvom Európskeho právneho predpisu v oblasti klímy (Klimatický zákon), ktorý bol navrhnutý v marci 2020. Daný predpis ako súčasť Európskej zelenej dohody ukladá do právneho poriadku cieľ na dosiahnutie klimatickej neutrality do roku 2050. Európska komisia si na jeseň 2020 splnila svoju povinnosť a navrhla navýšenie spomenutého klimatického cieľa 2030, pričom zverejnila aj očakávanú dopadovú štúdiu. Konečné slovo v tomto procese mala Európska rada, ktorá na svojom summite 10. - 11. 12. 2020 prijala navýšenie európskeho cieľa zníženia emisií skleníkových plynov do roku 2030 na úroveň "minimálne -55 %" v porovnaní s rokom 1990. Tento nový cieľ sa následne uviedol aj do samotného predpisu. Právny predpis rovnako nastavuje trajektórie pre emisie skleníkových plynov po roku 2030 či definuje mechanizmus monitorovania členských štátov a ich pokroku pri dosahovaní klimatickej neutrality a adaptácie. Ďalším dôležitým míľnikom bolo zasadnutie Rady ministrov pre životné prostredie 17. 12. 2020, kedy ministri takmer jednohlasne prijali dohodu o všeobecnom smerovaní ku klimatickému zákonu. Tento krok môže naplno odštartovať sériu dialógov (medzi Európskym parlamentom a Radou), ktoré určia finálnu verziu predpisu.

Súčasťou dohody je tiež Európsky klimatický pakt, ktorý bude slúžiť ako platforma pre participáciu širokej verejnosti pri prechode na nízkouhlíkové hospodárstvo. Pakt má vyvolať širšiu diskusiu o zmene klímy prostredníctvom rôznych aktivít a podujatí, naštartovať reálne projekty napríklad v oblasti obnovy budov, mobility, či výstavby stromov a spájať všetky zainteresované strany tak aby vzájomne zdieľali nadobudnuté skúsenosti a úspešné príklady z praxe. Cieľom

Komisie je tiež vytvoriť sieť ambasádorov klimatického projektu, ktorí budú v členských krajinách predstavovať pozitívne príklady a budú mobilizovať svoje komunity v prospech ochrany klímy. Iniciatíva bola spustená 16. 12. 2020 virtuálnou konferenciou, za účasti výkonného podpredsedu EK Fransa Timmermansa.

Zmena klímy a zhoršovanie stavu životného prostredia predstavujú existenčnú hrozbu pre Európu a svet. Na zvládnutie týchto hrozieb sa vďaka Európskej zelenej dohode premení EÚ na moderné a konkurencieschopné hospodárstvo efektívne využívajúce zdroje, čím sa podarí zabezpečiť:

- nulové čisté emisie skleníkových plynov do roku 2050,
- hospodársky rast, ktorý nebude závisieť od využívania zdrojov,
- a nezabudne sa na žiadneho jednotlivca ani región.

Európska zelená dohoda je zároveň aj našim záchranným lanom z pandémie COVID-19. Na Európsku zelenú dohodu bude smerovať tretina investícií vo výške 1,8 bilióna EUR z plánu obnovy NextGenerationEU a financovať sa bude aj zo sedemročného rozpočtu EÚ.

Európska komisia prijala súbor návrhov na zníženie čistých emisií skleníkových plynov do roku 2030 aspoň o 55 % v porovnaní s úrovňami z roku 1990, a to prispôbením politik v oblasti klímy, energetiky, dopravy a zdaňovania. Viac informácií o plnení Európskej zelenej dohody.

Európsky ekologický dohovor zlepší kvalitu života a zdravie občanov a budúcich generácií tým, že zabezpečí prínosy, ktoré sú uvedené na obrázku nižšie (Obr. 6.1).

Obr. 6.1 Prínosy Európskej zelenej dohody



Zdroj: https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_sk

Opatrenia súvisiace s Európskou zelenou dohodou sú v nasledujúcich oblastiach podľa obrázka 6.2.

Obr. 6.2 Opatrenia Európskej zelenej dohody



Zdroj: https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_sk

V oblasti klimatickej neutrality je cieľom Európskej zelenej dohody je dosiahnuť klimatickú neutralitu do roku 2050. Aby sa tento cieľ stal právne záväzným Komisia navrhla európsky klimatický predpis, v ktorom sa stanovuje aj nový ambicióznejší cieľ znížiť emisie skleníkových plynov do roku 2030 o 55 % v porovnaní s úrovňami z roku 1990. Na dosiahnutie cieľov v oblasti dekarbonizácie je potrebné znížiť emisie vo všetkých odvetviach, od priemyslu a energetiky cez dopravu až po poľnohospodárstvo. Zmena klímy je globálnou hrozbou a možno ju riešiť len prostredníctvom globálnej reakcie. EÚ sa preto aktívne angažuje a podporuje svojich medzinárodných partnerov v boji proti zmene klímy, a to najmä prostredníctvom Rámcového dohovoru OSN o zmene klímy (UNFCCC) a Parížskej dohody. Súbežne s opatreniami na zmiernenie zmeny klímy EÚ prijíma opatrenia pre adaptáciu na zmenu klímy s cieľom čeliť neodvratiteľným vplyvom zmeny klímy.

V oblasti energetiky je to výroba a využívanie energie je v EÚ zdrojom viac ako 75 % emisií skleníkových plynov. Dekarbonizácia energetického systému EÚ je preto rozhodujúca na dosiahnutie našich cieľov v oblasti klímy do roku 2030 a dlhodobej stratégie EÚ na dosiahnutie uhlíkovej neutrality do roku 2050.

Európska zelená dohoda sa zameriava na tri kľúčové zásady prechodu na čistú energiu, ktoré pomôžu znížiť emisie skleníkových plynov a zlepšiť kvalitu života našich občanov:

- zaisťovať bezpečnú a cenovo dostupnú dodávku energie do EÚ;
- vytvoriť plne integrovaný, prepojený a digitalizovaný energetický trh EÚ;
- uprednostňovať energetickú efektívnosť, zlepšenie energetickej hospodárnosti budov a rozvoj odvetvia energetiky, ktoré je založené prevažne na obnoviteľných zdrojoch energie.

Hlavnými cieľmi Komisie, ktoré majú viesť k naplneniu týchto zásad, sú:

- budovať prepojené energetické systémy a lepšie integrované siete na podporu obnoviteľných zdrojov energie;
- podporovať inovačné technológie a modernú infraštruktúru;
- zvýšiť energetickú účinnosť a ekodizajn výrobkov;

- dekarbonizovať plynárenské odvetvie a podporovať inteligentnú integráciu vo všetkých odvetviach;
- zlepšiť postavenie spotrebiteľov a pomáhať členským štátom v boji proti energetickej chudobe;
- propagovať energetické normy a technológie EÚ na globálnej úrovni;
- rozvinúť plný potenciál veternej energie na mori v Európe.

6.1.1 Ciele Európskej zelenej dohody

Hlavný klimatický cieľ EZD bude právne zakotvený prostredníctvom Európskeho právneho predpisu v oblasti zmeny klímy (tzv. Európsky klimatický predpis), ktorý bol navrhnutý v marci 2020. Tento predpis ako súčasť Európskej zelenej dohody ukladá do právneho poriadku EÚ právne záväzný cieľ dosiahnuť klimatickú neutralitu EÚ do roku 2050. Dokument okrem toho zaviazal EK preskúmať súčasný klimatický cieľ do roku 2030. V nadväznosti na to v septembri 2020 zverejnila EK súbor opatrení, tzv. „zelený balík“, zameraný na zvýšenie cieľov v oblasti klímy a energetiky. Jeho základom bola dopadová štúdia navrhovaných opatrení, ktorá pravdepodobne povedie k návrhu na zmenu relevantných právnych predpisov EÚ. Na základe tejto štúdie EK v rámci balíčka navrhla aj zvýšenie cieľa EÚ v oblasti klímy na rok 2030 na hodnotu aspoň 55 % zníženia emisií v porovnaní s rokom 1990 a jeho zakotvenie do legislatívneho návrhu Európskeho klimatického predpisu z marca 2020. Európsky klimatický predpis okrem toho definuje mechanizmus monitorovania členských štátov a ich pokroku pri dosahovaní klimatickej neutrality a adaptácie. Súčasťou EZD je tiež Európsky klimatický pakt, ktorý bude slúžiť ako platforma pre širokú verejnosť na podieľanie sa na prechode na nízkouhlíkové hospodárstvo. Pakt má vyvolať širšiu diskusiu o zmene klímy prostredníctvom rôznych aktivít a podujatí, naštartovať reálne projekty napríklad v oblasti obnovy budov, mobility, či výsadby stromov a spájať všetky zainteresované strany tak, aby vzájomne zdieľali nadobudnuté skúsenosti a úspešné príklady z praxe.

S cieľom dosiahnuť klimatickú neutralitu si EZD stanovuje aj ambíciu dekarbonizácie energetickeho systému v záujme zaistiť bezpečné, čisté a cenovo dostupné dodávky energie v EÚ. Na to bude potrebná integrácia, prepojenie a digitalizácia európskeho trhu s energiou. Prvým krokom deklarovaným v EZD v súvislosti s týmto cieľom bude vyhodnotenie národných energetických a klimatických plánov členských štátov predložených v roku 2019. Na základe toho sa zväží revízia energetickej legislatívy vrátane nariadenia o transeurópskych energetických sieťach (TEN-E) a pripravujú sa ďalšie opatrenia, o. i. na integráciu obnoviteľných zdrojov, zvyšovanie energetickej efektívnosti, riešenie energetickej chudoby a budovanie inteligentnej infraštruktúry.

Okrem dekarbonizácie energetiky si EZD stanovuje za cieľ aj dosiahnutie klimaticky neutrálneho a čistého obehového hospodárstva. To si bude vyžadovať úplnú mobilizáciu, dekarbonizáciu a modernizáciu priemyslu, a to najmä energeticky náročných odvetví ako oceliarstvo, chemický a cementársky priemysel, ako aj odvetví náročných na zdroje ako textilný priemysel, stavebníctvo, elektronika či plasty. Kľúčovými dokumentami pre dosahovanie týchto cieľov sú nová Priemyselná stratégia EÚ a Nový akčný plán EÚ pre obehové hospodárstvo, ktoré boli prijaté v marci 2020. Nová Priemyselná stratégia EÚ stanovuje súbor opatrení s cieľom zabezpečiť, aby priemysel EÚ zvládol zelenú a digitálnu transformáciu, využil ich výhody a zachoval si globálnu konkurencieschopnosť, ako aj posilnil strategickú autonómiu EÚ. Nový akčný plán EÚ pre obehové hospodárstvo obsahuje opatrenia, ktorých cieľom je prispieť k zníženiu tlaku na životné prostredie a prírodné zdroje, k zmene spotrebiteľského správania, k podpore recyklácie a využívania druhotných surovín, k zníženiu množstva tvorby odpadu a k prechodu na udržateľné modely výroby a spotreby. To zahŕňa vytvorenie rámca pre udržateľnú produktovú politiku, posilnenie postavenia spotrebiteľa, zavedenie „obehovosti“ vo výrobných procesoch, vytvorenie dobre fungujúceho trhu EÚ s druhotnými surovinami, zavedenie minimálnych záväzných kritérií pre zelené verejné obstarávanie, návrh harmonizácie systémov triedeného zberu odpadu a komplexného monitorovacieho rámca pre obehové hospodárstvo, a iné opatrenia. Tento akčný plán nastavuje nový dlhodobý strategický rámec, ktorý je základom pre priemyselnú transformáciu a jedným z kľúčových nástrojov na dosiahnutie cieľa klimatickej neutrality do 2050.

Dôležitými sektormi z hľadiska EZD sú aj sektor stavebníctva a obnovy budov a sektor dopravy. Na dosiahnutie klimatickej neutrality bude nutné zvýšiť mieru renovácie budov, zosúladiť sektor stavebníctva s potrebami obehového hospodárstva a požiadavkami na energetickú efektívnosť a odolnosť proti zmene klímy. Preto EK zverejnila

stratégiu Renovačná vlna pre klimatickú neutralitu a obnovu, ktorej cieľom je aspoň zdvojnásobiť ročnú mieru renovácie rezidenčných a nerezidenčných budov do roku 2030 a posilniť hĺbkové renovácie, čo by malo viesť k renovácii 35 mil. budov do roku 2030. Kľúčovými princípmi pri renovácii by mali byť prioritizácia energetickej efektívnosti, cenová dostupnosť, dekarbonizácia a integrácia obnoviteľných zdrojov energie, obehovosť, vysoké zdravotné a environmentálne štandardy, digitalizácia, ako aj estetická a architektonická kvalita (EK navrhuje nový európsky Bauhaus).

EZD ďalej určuje potrebu prechodu na udržateľnú a inteligentnú mobilitu so zameraním na automatizovanú a prepojenú multimodálnu dopravu a inteligentné systémy riadenia dopravy. Kľúčovým opatrením bude zastavenie podpory pre fosílna palivá a zohľadňovanie vplyvu dopravy na životné prostredie, fragmentáciu krajiny a zdravie v jej cene. EK taktiež vytyčila ambíciu rozširovania systému EÚ na obchodovanie s emisiami na odvetvie námornej dopravy, preskúmania možností na podporu udržateľných alternatívnych palív, ako aj revíziu súvisiacej legislatívy.

Ďalej EZD kladie za cieľ aj prechod na spravodlivý, zdravý, udržateľný a k životnému prostrediu ohľaduplný potravinový systém na čo má slúžiť primárne stratégia „Z farmy na stôl“, ktorá bola zverejnená v máji 2020. Okrem uvedených cieľov obsahuje, o. i. aj ambície znížiť používanie chemických pesticídov a hnojív, znížiť predaj antimikrobiotík pre hospodárske zvieratá a akvakultúru, znížiť stratu živín v pôde, zvýšiť mieru ekologického obhospodarovania poľnohospodárskej pôdy v EÚ, znížiť množstvo potravinového odpadu a rozšíriť používanie udržateľných poľnohospodárskych praktík. Stratégia bude mať dopad aj na novú Spoločnú poľnohospodársku politiku EÚ, ktorá by mala byť v súlade s jej cieľmi a mala by spoločne s novou stratégiou EÚ v oblasti biodiverzity tvoriť základ Európskej zelenej dohody. Medzi konkrétne návrhy opatrení na dosahovanie týchto cieľov patria napríklad daňové stimuly na podporu ekologickej potravinovej produkcie, harmonizované povinné označovanie výživovej hodnoty a pôvodu výrobkov, lepšie monitorovanie dodávateľských reťazcov a boj proti potravinovým podvodom, podpora používania alternatívnych spôsobov ochrany úrody pred škodcami a chorobami, alebo zohľadňovanie a presadzovanie týchto zásad v dohodách EÚ s tretími krajinami.

So stratégiou „Z farmy na stôl“ súvisí Stratégia EÚ v oblasti biodiverzity do roku 2030, ktorá sa snaží reagovať na skutočnosť, že strata biodiverzity a kolaps ekosystémov aj s ich službami sú spolu so zmenou klímy jednými z najväčších hrozieb, ktorým ľudstvo čelí. V súvislosti s pandémiou COVID-19 poukazuje na väzby medzi zdravím ľudí a zdravými ekosystémami. Riziko výskytu ohnísk chorôb a šírenia infekčných chorôb sa zvyšuje s ničením prírody. Ochrana a obnova biodiverzity a dobre fungujúcich ekosystémov je preto kľúčová pre zvýšenie odolnosti a predchádzanie výskytu a šíreniu budúcich chorôb, a taktiež pre zotavenie Európy zo súčasnej krízy, pričom napomôže v boji proti zmene klímy. Stratégia stanovuje, ako dosiahnuť cieľ, aby sa biodiverzita v Európe do roku 2030 obnovila a to v prospech ľudí, planéty, klímy a nášho hospodárstva. Zaoberá sa piatimi hlavnými príčinami straty biodiverzity (t. j. neudržateľné využívanie pôdy a mora, nadmerné využívanie prírodných zdrojov, znečistenie a invazívne cudzie druhy), stanovuje posilnený rámec riadenia s cieľom zaplniť zostávajúce medzery, zabezpečuje úplné vykonávanie právnych predpisov EÚ a prepája všetky existujúce aktivity. Obsahuje konkrétne ciele v kľúčových oblastiach ako ochrana prírody, poľnohospodárstvo, pôda, vodné zdroje, mestá, ktorými sa reaguje na hlavné príčiny straty biodiverzity. Okrem prepojenia na stratégiu „Z farmy na stôl“ je zrejme aj prepojenie na Akčný plán pre nulové znečistenie ovzdušia, vody a pôdy. Medzi konkrétne ciele stratégie patrí napríklad zabezpečenie koherentnej siete chránených území (30% územia na pevnine a 30% na mori), vrátane prísne chránených území s výskytom primárnych a starých lesov (10% územia pod prísnu ochranou), príprava Plánu obnovy prírody EÚ (obsahujúceho záväzky týkajúce sa opelovačov, zníženia využívania chemických a rizikových pesticídov, ponechania časti poľnohospodárskeho územia na krajinné prvky, organického poľnohospodárstva, obnovy riek, ochrany stromov, odstraňovanie kontaminácií, a iné), zavedenie nového systému riadenia európskej biodiverzity alebo zabezpečenie integrovaného prístupu so zapojením spoločnosti.

Ďalším naznačeným cieľom EZD je ambícia nulového znečistenia pre netoxické prostredie. Na tento účel bola predstavená Stratégia pre chemické látky v záujme udržateľnosti, ktorá si kladie za cieľ postupné znižovanie až elimináciu environmentálnych a zdravotných rizík pôsobenia chemických látok a odpadov. Stratégia sa sústreďuje na riešenie problémov endokrinných disruptorov, nebezpečných chemických látok vo výrobkoch, kombinovaných

účinkov viacerých chemických látok a na problematiku vysoko prchavých chemických látok. Orientuje sa aj na podporu inovácií v prospech vývoja bezpečných a udržateľných alternatívnych chemických látok a navrhuje jasnú cestovnú mapu a časový plán s cieľom urýchliť zelenú transformáciu chemického priemyslu, reagovať na výzvy spojené s nebezpečnými chemickými látkami a podporiť rozvoj bezpečných a udržateľných chemikálií. Táto stratégia je ambicióznym dokumentom, ktorý podporí ochranu zdravia a životného prostredia pred nebezpečnými chemickými látkami a bude základom pre pripravovaný Akčný plán pre nulové znečistenie ovzdušia, vody a pôdy, ktorého predstavenie je plánované na rok 2021. Jeho cieľom bude zlepšiť politiku v oblasti ochrany vody a pôdy, riešiť rôzne zdroje znečistenia vôd (napr. chemické látky a mikroplasty) a bude viesť k sprísneniu štandardov pre kvalitu ovzdušia. Stratégia okrem toho dopĺňa aj Nový akčný plán EÚ pre obehové hospodárstvo, Priemyselnú stratégiu EÚ a ďalšie iniciatívy EZD.

Všetky uvedené ciele EZD sú do veľkej miery ambiciózne a vo viacerých prípadoch budú konkrétne legislatívne i nelegislatívne akty zabezpečujúce ich plnenie ešte len predstavené. Všetky však ešte budú podliehať náročnému schvaľovaciemu procesu v Európskom parlamente a medzi členskými štátmi v Rade Európskej únie. Vzhľadom na svoju komplexnosť a prierezový charakter si okrem značnej finančnej podpory bude napĺňanie cieľov EZD vyžadovať aj súčinnosť a podporu širokej verejnosti - občanov, podnikov, sociálnych partnerov a výskumnej a znalostnej komunity, ako aj silné partnerstvá medzi miestnou, regionálnou, národnou a európskou úrovňou. Dôležitým aspektom z tohto pohľadu bude aj začleňovanie hľadiska udržateľnosti a klimatických a environmentálnych cieľov do investičného a rozpočtového plánovania nielen na úrovni dlhodobého rozpočtu EÚ, ale aj na úrovni jednotlivých členských štátov a iných inštitúcií vrátane tých súkromných. Príkladom je Európska investičná banka, ktorá si stanovila cieľ stať sa európskou klimatickou bankou a zdvojnásobiť objem „klimatických investícií“ do roku 2025. S tzv. „ozeleňovaním“ národných rozpočtov je potom spätá aj otázka zelených daňových reforiem, ktoré by presunuli daňové zaťaženie z práce na fosilne palivá a znečisťovanie a tým by mohli podporiť hospodársky rast, zvýšiť odolnosť voči klimatickým otrasom a pri zohľadnení sociálnych aspektov prispieť k spravodlivejšej spoločnosti.

Rozhodujúcou pre úspech zelenej transformácie bude podpora výskumu, inovácií a vzdelávania. Prostredníctvom programu Horizont Európa a iných programov by sa podľa EZD mali financovať relevantné nové riešenia, ktoré budú prispievať k dosahovaniu stanovených cieľov. Prispieť k vytváraniu inovatívnych riešení by mali aj partnerstvá členských štátov s priemyslom a využívanie digitálnych technológií a výhod digitálnej transformácie. Veľký dôraz by sa mal klásť na posilnenie schopnosti členských štátov poskytovať v oblasti zmeny klímy a udržateľného rozvoja dostatočné vzdelávanie a rozvoj zručností, aby sa šírilo povedomie o daných otázkach a zároveň zabezpečila sa rekvalifikácia pracovníkov.

V konečnom dôsledku by sa podľa EZD mali všetky opatrenia a politiky EÚ stmeliť tak, aby pomohli uskutočneniu dvojakej (zelenej a digitálnej) spravodlivej transformácie smerom k udržateľnej budúcnosti. Iniciatívy obsiahnuté v EZD sú preto založené na princípe „nespôsobovať škodu“, podľa ktorého by mali tieto iniciatívy dosahovať svoje ciele čo najúčinnnejšie a najmenej zaťažujúco, pričom všetky ostatné iniciatívy EÚ by nemali nijakým spôsobom škodiť klíme a životnému prostrediu, a teda byť kontraproduktívne voči cieľom EZD.

Posledným aspektom EZD je reakcia na globálny charakter zmeny klímy a zhoršovania stavu životného prostredia. Tieto výzvy si vyžadujú reakciu a riešenia na globálnej úrovni. Okrem toho, že EÚ sa naplnením cieľov EZD stane lídrom a vzorom pre ostatné časti sveta, bude vykonávať rozhodnejšiu diplomaciu v záujme EZD a bude presviedčať ostatných partnerov, aby prispeli k podpore udržateľného rozvoja a k boju proti zmene klímy, ako aj v boji za zastavenie straty biodiverzity. V súvislosti s tým prijme EÚ zodpovedajúce opatrenia vo svojej diplomacii, obchodnej politike, oblasti rozvojovej pomoci a ostatných vonkajších politikách. Podiel EÚ na svetových emisiách klesá a pre vyriešenie globálnej zmeny klímy a zastavenie straty biodiverzity budú nevyhnutné porovnateľné opatrenia a úsilie aj v ostatných regiónoch sveta. Práve preto EÚ využije svoje postavenie a bude sa na všetkých dostupných bilaterálnych kanáloch a relevantných multilaterálnych fórach zasadzovať za zvyšovanie globálnych ambícií na boj proti zmene klímy a ochranu životného prostredia. Kľúčovým rámcom v tomto prípade bude Parížska dohoda. Medzi navrhované konkrétne opatrenia v tejto oblasti patria napríklad vytváranie špecifických a geograficky ohraničených stratégií na znižovanie emisií zohľadňujúcich miestne potreby a kontexty, rozvoj medzinárodného trhu s uhlíkom, vytváranie

zelených partnerstiev, ukončenie globálnych dotácií fosilných palív alebo vytvorenie finančného systému na podporu celosvetového udržateľného rastu.

6.1.2 Obehové hospodárstvo

Európska komisia prijala nový akčný plán pre obehové hospodárstvo. Predstavuje jeden z hlavných pilierov európskej zelenej dohody – nového európskeho programu pre udržateľný rast. Nový akčný plán sa svojimi opatreniami počas celého životného cyklu výrobkov zameriava na to, aby naše hospodárstvo bolo pripravené na ekologickú budúcnosť a aby sa zvýšila naša konkurencieschopnosť pri zabezpečení ochrany životného prostredia a nových práv pre spotrebiteľov. Nový plán nadväzuje na úsilie vynakladané od roku 2015 a zameriava sa na dizajn výrobkov a ich výrobu v kontexte obehového hospodárstva. Jeho cieľom je zabezpečiť, aby použité zdroje zostali čo najdlhšie v hospodárstve EÚ. Do vypracovania plánu a súvisiacich iniciatív sa intenzívne zapojí aj podnikateľská komunita a zainteresované strany.

Výkonný podpredseda pre európsku zelenú dohodu Frans Timmermans uviedol: „Dosiahnutie klimatickej neutrality do roku 2050, ochrana nášho prírodného prostredia a posilnenie našej hospodárskej konkurencieschopnosti si vyžaduje plne obehové hospodárstvo. V súčasnosti je naše hospodárstvo stále prevažne lineárne. Len 12 % druhotných surovín a zdrojov sa vráti späť do hospodárstva. Mnohé výrobky sa príliš rýchlo pokazia, nedajú sa opätovne použiť, opraviť či recyklovať a mnohé z nich sa vyrábajú len na jedno použitie. Podniky aj spotrebiteľia tak môžu využiť obrovský potenciál. Dnešným plánom sme zaviedli opatrenia na zmenu spôsobu výroby výrobkov a posilnili sme postavenie spotrebiteľov. Budú môcť robiť rozumné rozhodnutia, ktoré prinesú úžitok tak im, ako aj životnému prostrediu.“

Komisár pre životné prostredie, oceány a rybníctvo Virginijus Sinkevičius dodal: „Máme len jednu planétu Zem, ale do roku 2050 bude naša spotreba na takej úrovni, akoby sme ich mali tri. Nový plán začlení obehovosť do našej každodennej reality a urýchli ekologickú transformáciu nášho hospodárstva. Ponúkame rozhodné kroky na zmenu základu udržateľného reťazca, ktorým je dizajn výrobkov. Opatrenia orientované na budúcnosť prinesú podnikateľské a pracovné príležitosti, poskytnú európskym spotrebiteľom nové práva, budú využívať inovácie a digitalizáciu a – rovnako ako príroda – zabezpečia, aby sa ničím neplytvalo.“

Prechod na obehové hospodárstvo je už v plnom prúde. Tento udržateľný model si už osvojili prvé európske podniky, orgány verejnej správy i samotní spotrebiteľia. Komisia zabezpečí, aby prechod na obehové hospodárstvo prinášal príležitosti pre všetkých a aby sa na nikoho nezabudlo. V akčnom pláne pre obehové hospodárstvo, ktorý bol dnes predložený ako súčasť priemyselnej stratégie EÚ, sa navrhujú tieto opatrenia:

- Urobiť z udržateľných výrobkov v EÚ bežný štandard. Komisia navrhne nové právne predpisy k politike udržateľných výrobkov. Výrobky uvedené na trh EÚ budú navrhnuté tak, aby vydržali dlhšie a aby sa dali jednoduchšie opraviť, recyklovať a viackrát použiť. Recyklovaný materiál v čo najväčšej miere nahradí primárne suroviny. Jednorazové výrobky sa obmedzia, bude sa riešiť problém predčasného zastarávania a zakáže sa zničenie nepredaného trvanlivého tovaru.
- Posilniť postavenie spotrebiteľov. Spotrebiteľia budú mať prístup k spoľahlivým informáciám o takých otázkach, ako sú opraviteľnosť a trvácnosť výrobkov, vďaka čomu budú môcť robiť rozhodnutia s dôrazom na udržateľnú ochranu životného prostredia. Spotrebiteľia budú môcť využívať skutočné „právo na opravu“.
- Zamerať sa na sektory, ktoré využívajú najviac zdrojov, a teda majú vysoký potenciál obehovosti. Komisia zavedie konkrétne opatrenia týkajúce sa týchto oblastí:
 - elektronika a IKT – iniciatíva pre elektroniku v obehovom hospodárstve predĺži životnosť výrobkov a zlepší zber a spracovanie odpadu,
 - batérie a vozidlá – nový regulačný rámec pre batérie posilní udržateľnosť a zvýši obehový potenciál batérií,
 - obaly – nové povinné požiadavky o tom, čo sa na trhu EÚ povoľuje, vrátane zníženia (nadmerného) balenia,
 - plasty – nové povinné požiadavky na recyklovaný obsah s osobitným dôrazom na mikroplasty, ako aj bioplasty a biologicky rozložiteľné plasty,

- textilné výrobky – nová stratégia EÚ pre textilné výrobky posilní konkurencieschopnosť a inovácie v tomto sektore a oživí trh EÚ s textilnými výrobkami z druhej ruky,
- stavebníctvo a budovy – komplexná stratégia pre udržateľné zastavané územia podporí zásady obehovosti v prípade budov,
- potraviny – nová legislatívna iniciatíva o ich opätovnom používaní, ktorej zámerom je nahradiť v stravovacích službách jednorazové obaly, stolový riad a príbory výrobkami na viacnásobné použitie.
- Zabezpečiť menej odpadu. Dôraz sa bude klásť na samotné predchádzanie vzniku odpadu a jeho transformáciu na kvalitné druhotné zdroje, z čoho môže ťažiť dobre fungujúci trh s druhotnými surovinami. Komisia preskúma stanovenie jednotného modelu pre triedený zber odpadu a označovanie v rámci celej EÚ. V akčnom pláne sa tiež navrhuje súbor opatrení na minimalizáciu vývozu odpadu z EÚ a riešenie jeho nezákonnej prepravy.

Súvislosti

Komisia pod vedením Ursuly von der Leyenovej predstavila 11. decembra 2019 európsku zelenú dohodu. Stanovuje sa v nej ambiciózný plán na dosiahnutie klimaticky neutrálneho obehového hospodárstva, v ktorom je hospodársky rast oddelený od využívania zdrojov. Obehové hospodárstvo znižuje tlak na prírodné zdroje a je predpokladom na dosiahnutie cieľa klimatickej neutrality do roku 2050 a zastavenie straty biodiverzity. Polovica celkových emisií skleníkových plynov a viac ako 90 % straty biodiverzity a nedostatku vody je vyvolaná ťažbou a spracovaním zdrojov. Obehové hospodárstvo bude mať čistý pozitívny prínos na rast HDP a vytváranie pracovných miest, keďže uplatňovanie ambiciózných opatrení týkajúcich sa obehového hospodárstva v Európe môže zvýšiť HDP EÚ o ďalších 0,5 % do roku 2030 a vytvoriť približne 700 000 nových pracovných miest.

6.1.3 Európsky klimatický pakt

Dňa 9. decembra 2020 spustila Európska komisia iniciatívu Európsky klimatický pakt, ktorá pozýva jednotlivcov, komunity a organizácie zapojiť sa do opatrení v oblasti klímy a tvorby ekologickejšej Európy.

Európsky klimatický pakt vytvára pre ľudí zo všetkých sfér priestor spojiť úsilie a spoločne vypracovať a realizovať malé i veľké klimatické riešenia. Pomocou online platformy, dialógu a výmen názorov s občanmi posilní spojenie medzi zelenou a digitálnou transformáciou. Pakt je súčasťou Európskej zelenej dohody, ktorú Komisia predstavila minulý rok ako plán premeny EÚ na spravodlivú, zdravú, udržateľnú a prosperujúcu spoločnosť. V nej načrtnuté riešenia však môžu uspieť len vtedy, ak sa zapoja všetci a budú aktívne prispievať svojim dielom.

Komisia v otvorenej výzve ponúka jednotlivcom a organizáciám možnosť stať sa ambasádormi klimatického paktu. Ich úlohou bude ísť príkladom a zapájať svoje komunity do opatrení v oblasti klímy.

V úvodnej fáze budú prioritou opatrenia zamerané na štyri oblasti zaručujúce okamžité zlepšenie nielen v oblasti klímy a životného prostredia, ale aj zdravia a kvality života občanov: zelené plochy, zelená mobilita, hospodárne budovy a zelené zručnosti.

6.1.4 Ekologický dohovor

Ekologický dohovor je neoddeliteľnou súčasťou stratégie tejto Komisie na naplnenie Agendy 2030 a cieľov udržateľného rozvoja formulovaných OSN3, ako aj ostatných priorít oznámených v politických usmerneniach predsedníčky von der Leyenovej4. Komisia v rámci ekologického dohovoru preorientuje proces makroekonomickej koordinácie európskeho semestra tak, aby zohľadňoval ciele udržateľného rozvoja OSN, aby ústredným prvkom hospodárskej politiky bola udržateľnosť a blaho občanov a aby sa ciele udržateľného rozvoja stali kľúčovým aspektom tvorby politiky a činnosti EÚ. Nasledujúca schéma znázorňuje jednotlivé prvky ekologického dohovoru.

6.2 Taxonómia EÚ

EÚ zavádza spoločný systém klasifikácie s cieľom podporiť súkromné investície do udržateľného rastu a prispieť ku klimaticky neutrálnemu hospodárstvu.

Rada dnes prijala nariadenie, v ktorom sa stanovuje systém klasifikácie pre celú EÚ alebo „taxonómia“ a podnikom a investorom sa poskytne spoločný jazyk, aby identifikovali hospodárske činnosti, ktoré sa považujú za environmentálne udržateľné.

Táto taxonómia umožní investorom presmerovať investície do udržateľnejších technológií a podnikov. Pomôže EÚ stať sa do roku 2050 klimaticky neutrálnou a dosiahnuť ciele Parížskej dohody do roku 2030. Medzi tieto ciele patrí zníženie emisií skleníkových plynov o 40 %, pri ktorom Komisia odhaduje, že EÚ musí vyplniť investičnú medzeru vo výške približne 180 miliárd EUR ročne.

Budúci rámec bude založený na šiestich environmentálnych cieľoch EÚ:

- zmiernenie zmeny klímy,
- adaptácia na zmenu klímy,
- udržateľné využívanie a ochrana vodných a morských zdrojov,
- prechod na obehové hospodárstvo,
- prevencia a kontrola znečisťovania životného prostredia,
- ochrana a obnova biodiverzity a ekosystémov.

Taxonómia pre zmiernenie zmeny klímy a adaptáciu na zmenu klímy by sa mala ustanoviť do konca roka 2020 s cieľom zabezpečiť, aby sa do konca roka 2021 začala plne uplatňovať. V prípade štyroch ďalších cieľov by sa taxonómia mala stanoviť do konca roka 2021 a začať uplatňovať do konca roka 2022.

Budúci rámec bude založený na šiestich environmentálnych cieľoch EÚ podľa obrázka nižšie (Obr. 6.3).

Obr. 6.3 Budúci rámec bude založený na šiestich environmentálnych cieľoch EÚ



Zdroj: <https://europeansting.com/2020/06/10/how-europes-green-tech-scale-ups-can-help-tackle-climate-change>

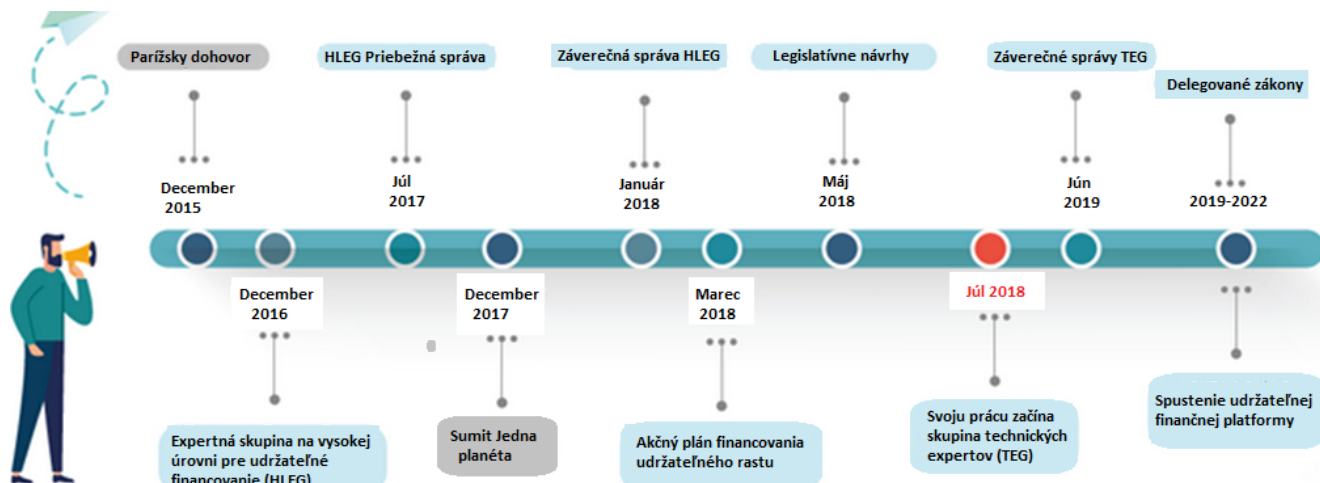
Taxonómia je kľúčovým opatrením akčného plánu v regulácii udržateľného financovania, čo umožňuje definovať metódu spoločnú pre všetkých účastníkov trhu na identifikáciu „zelených“ aktivít“ (Obr. 6.4).

Taxonómia je klasifikačný systém pre ekonomické aktivity, ktoré čelia environmentálnym obmedzeniam. Obsahuje zoznam dotknutých činností (výroba a využitie energie, doprava, hutníctvo) a úroveň environmentálnej výkonnosti, ktorú musia zabezpečiť, aby obmedzili globálne otepľovanie na menej ako dva stupne.

Taxonómia poskytuje jazyk spoločný pre všetkých finančných hráčov v EÚ identifikáciou ekologických činností a očakávanej úrovne environmentálnej výkonnosti. Okrem toho definuje zelenú víziu na európskej úrovni a bude slúžiť ako meradlo v regulácii, najmä pokiaľ ide o:

- Zelené dlhopisy
- Ekoznačka
- Referenčné klimatické indexy
- Správa o klíme

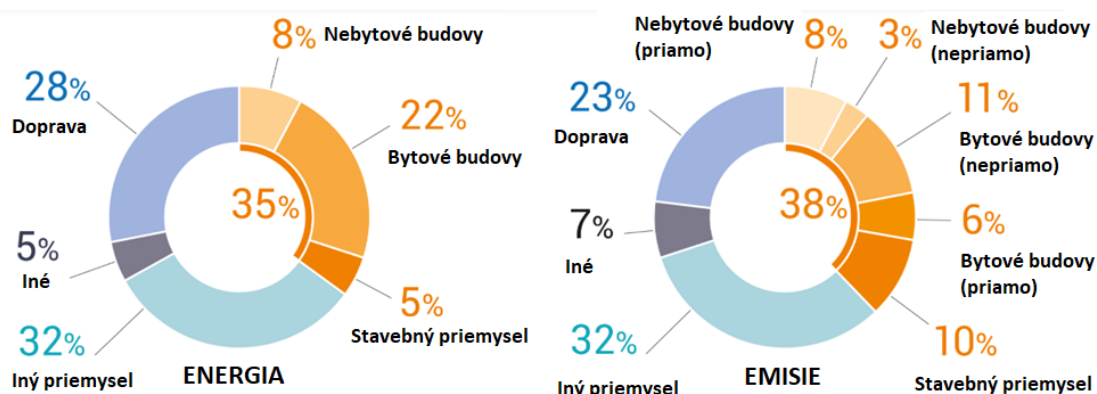
Obr. 6.4 Taxonómia EÚ - vývoj



Zdroj: <https://www.cpr-am.lu/institutionals/Local-Content/Actualites/Expert-Report-The-importance-of-EU-Taxonomy-on-Sustainable-Finance>

Medzinárodná energetická agentúra (IEA) - v roku 2020 boli budovy zodpovedné za 35 % spotreby energie a 38 % globálnych ročných emisií skleníkových plynov, z toho 10 % - výsledok výroby stavebných materiálov: oceľ, cement, sklo (Obr. 6.5). Z tohto dôvodu vysoko efektívne budovy, vrátane zelených budov a budov s nulovou spotrebou energie, zdôrazňujú maximálnu úsporu energie a znižujú vplyv na ŽP.

Obr. 6.5 Spotreba energie a globálne ročné emisie skleníkových plynov podľa IEA (2020)



Zdroj: <https://globalabc.org/resources/publications/2020-global-status-report-buildings-and-construction>

6.3 Právne predpisy EÚ

Právne predpisy EÚ týkajúce sa energie z obnoviteľných zdrojov – pôvodná smernica o energii z obnoviteľných zdrojov (EÚ, 2009), ako aj prepracované znenie (EÚ, 2018a) – zaväzujú EÚ dosiahnuť do roku 2020 podiel obnoviteľnej energie na hrubej konečnej spotrebe energie 20 %. stanovuje aj záväzné národné ciele pre spotrebu obnoviteľnej energie v roku 2020 a predpisuje minimálne orientačné trajektórie pre každý členský štát pred rokom 2020, aby sa zabezpečilo splnenie národných cieľov. Vyžaduje tiež, aby členské štáty prijali národné akčné plány pre energiu z obnoviteľných zdrojov, ktoré načrtnú očakávané trajektórie pre národný podiel obnoviteľných zdrojov energie (OZE) od roku 2010 do roku 2020, a stanovuje ustanovenia pre dvojročné národné podávanie správ o pokroku smerom k indikatívnym trajektóriám a trajektóriám v národné akčné plány. Prepracovaná smernica o energii z obnoviteľných zdrojov tiež zaväzuje EÚ dosiahnuť do roku 2030 podiel 32 % obnoviteľných zdrojov energie na hrubej konečnej spotrebe energie – ďalšie informácie nájdete v časti „Výhľad po roku 2020“. Ako je možné vidieť na obrázku 1, podiel obnoviteľnej energie na hrubej konečnej spotrebe energie sa medzi rokmi 2005 a 2016 neustále zvyšoval a v roku 2016 dosiahol 17 %. Nárast bol spôsobený najmä rôznymi podpornými schémami, ktoré zaviedli členské štáty, ako sú výkupné tarify, výkupné prémie, systémy aukcií/tréningov, kvóty, daňové úvery a granty (EHP, 2017a). Znižovanie výrobných nákladov v dôsledku zvyšovania globálnych objemov výroby a technologického pokroku spolu so znižovaním kapitálových nákladov tiež zohrali dôležitú úlohu pri zavádzaní obnoviteľnej energie (IRENA, 2016a; EC, 2015a). Fotovoltaika (technológia, ktoré transformujú slnečnú energiu na elektrickú energiu) zaznamenala najväčšie zníženie nákladov, pričom náklady na kilowatthodinu sa medzi rokmi 2010 a 2017 znížili o 73 % (IRENA, 2018).

Obr. 6.6 Podiel obnoviteľných zdrojov energie (OZE) na hrubej konečnej spotrebe energie, EÚ



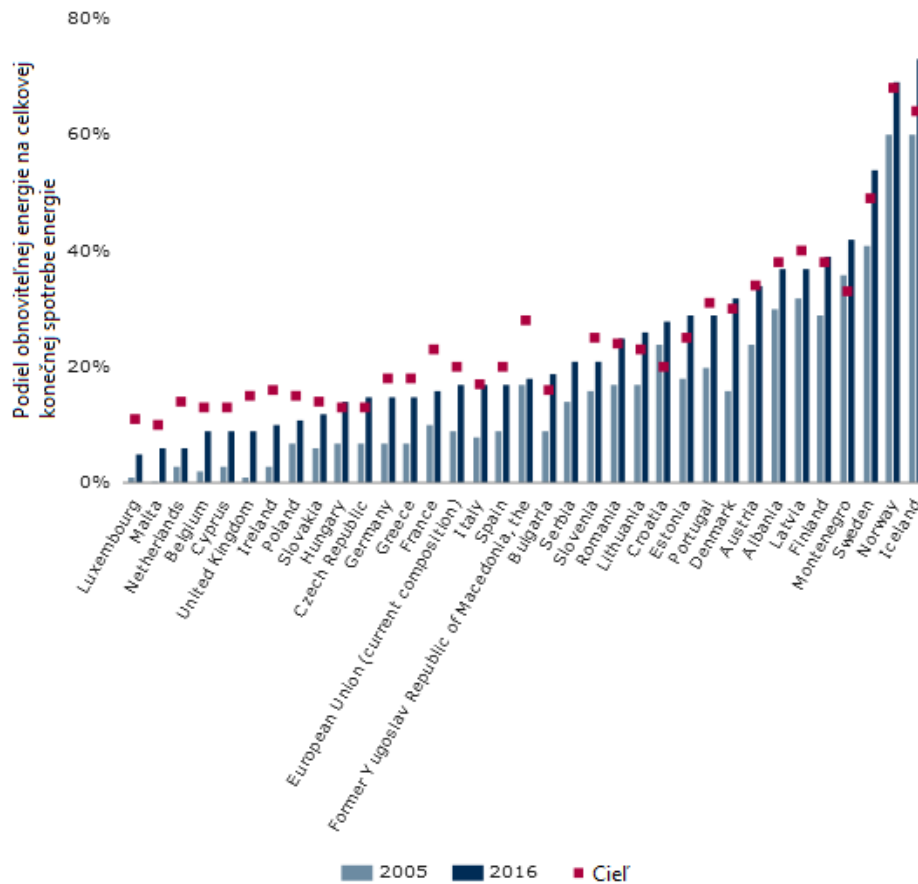
Zdroj: <https://www.eea.europa.eu/airs/2018/resource-efficiency-and-low-carbon-economy/renewable-energy-sources>

Solárna energia, veterná energia, bioplyn na výrobu tepla a elektriny a biopalivá na dopravu rástli najrýchlejšie počas obdobia rokov 2005 – 2016, v neposlednom rade preto, že tieto technológie začínali na nízkej počítačovej úrovni (EEA, 2017b). V absolútnom vyjadrení by však vodná energia a palivá z biomasy (na výrobu tepla a elektriny) mohli zostať

najdôležitejšími jednotlivými OZE do roku 2020, a to aj napriek poklesu ich príspevku k celkovej energii vyrobenej z obnoviteľných zdrojov (EEA, 2017b). V roku 2016 tvorila vodná energia 15 % a palivá z biomasy 56 % konečnej hrubej spotreby obnoviteľnej energie. Pokiaľ ide o inštalovanú a pripojenú kapacitu elektriny z obnoviteľných zdrojov, bola EÚ v roku 2016 na druhom mieste za Čínou. Pokiaľ ide o novú inštalovanú kapacitu elektriny z obnoviteľných zdrojov, EÚ v posledných rokoch postupne stráca pôdu pod nohami na mimoeurópskych trhoch, ako sú Čína, Japonsko a Spojené štáty americké (EHP, 2017b). Od roku 2013 sa podiel Európy na celosvetových investíciách do projektov obnoviteľnej energie znížil. Napríklad v roku 2016 klesla o 3 percentuálne body v porovnaní s predchádzajúcim rokom (Frankfurt School-UNEP Centre/BNEF, 2017). To odrážalo nielen klesajúce technologické a kapitálové náklady, ale aj spomalenie zo strany niektorých členských štátov, ktoré už splnili alebo takmer splnili svoje ciele na rok 2020, ako aj určitú neistotu spojenú s prechodom na podporné mechanizmy založené na aukciách (Frankfurtská škola – centrum UNEP/ BNEF, 2014). Pokiaľ ide o dotačné programy, na začiatku roka 2010 zníženie výkupných taríf v niektorých členských štátoch uplatňované spätne (t. j. na existujúce zariadenia) mohlo spôsobiť, že niektorí investori sa zdržali (EK, 2015a). Napriek tomu programy založené na aukciách už nahradili počiatkové podporné opatrenia založené na dotáciách v EÚ a čoraz viac aj na celom svete a tlačia na projekty v oblasti obnoviteľnej energie, aby sa stali nákladovo konkurencieschopnejšími. To zase prispieva k ďalšiemu znižovaniu nákladov na projekty obnoviteľnej energie (Frankfurtská škola-UNEP centrum/BNEF, 2017). V období rokov 2005 – 2016 sa podiel obnoviteľných zdrojov energie na hrubej konečnej spotrebe energie v EÚ zvýšil v priemere o 5,9 % ročne. Od roku 2012 sa ročné tempo rastu podielu obnoviteľných zdrojov energie medziročne mierne znížilo. V rokoch 2015 a 2016 k tomuto trendu prispel nárast spotreby energie zo všetkých zdrojov. Predbežné odhady EEA na rok 2017 ukazujú, že podiel obnoviteľných zdrojov energie na hrubej konečnej spotrebe energie v EÚ sa bude ďalej zvyšovať a dosiahne približne 17,4 % (EEA, 2018). To však zodpovedá ďalšiemu zhoršeniu miery rastu podielu obnoviteľných zdrojov energie na hrubej konečnej spotrebe energie v roku 2017 v porovnaní s rokom 2016, čím sa znižuje priemerná ročná miera rastu podielu obnoviteľných zdrojov energie na hrubej konečnej spotrebe energie v EÚ. Na 5,6 % na obdobie rokov 2005 – 2017. Podobne ako v rokoch 2015 a 2016 možno nižšie tempo rastu v roku 2017 pripísať okrem iných faktorov aj zvýšeniu hrubej konečnej spotreby energie v EÚ v porovnaní s rokom 2016 (EEA, 2018; AIRS_PO2.7, 2018). Napriek nedávnemu spomaleniu tempa rastu podielu obnoviteľných zdrojov energie na hrubej konečnej spotrebe energie v EÚ je celkovo nárast podielu obnoviteľných energií zatiaľ rýchlejší ako cieľová cesta predpísaná smernicou o obnoviteľných zdrojoch energie. To znamená, že EÚ zostáva na ceste k splneniu svojho cieľa v oblasti obnoviteľnej energie do roku 2020. Vzhľadom na spomalenie tempa rastu podielu obnoviteľných zdrojov energie na hrubej konečnej spotrebe energie v EÚ však môžu byť potrebné dodatočné opatrenia zo strany členských štátov, aby sa zabezpečilo, že EÚ zostane na ceste k cieľu do roku 2020. Viaceré európske vlády zaviedli opatrenia, ako sú prémie za spotové trhové ceny, konkurenčné tendre alebo výkupné ceny závislé od kapacity, aby pomohli chrániť a zvýšiť prenikanie prevádzkovateľov obnoviteľnej energie na trh (EC, 2015a). Okrem toho niekoľko smerníc a nariadení, ktoré boli práve prijaté, podporí budúci rozvoj obnoviteľnej energie. Aj keď sa tieto legislatívne dokumenty zameriavajú predovšetkým na obdobie po roku 2020, ich očakávanie zvyšuje predvídateľnosť investorov a pomôže udržať tempo pri plnení cieľa obnoviteľných zdrojov energie do roku 2020. Ďalšie informácie o týchto smerniciach a nariadeniach nájdete v časti „Výhľad po roku 2020“.

Ako je možné vidieť na obrázku (Obr. 6.7), podiel OZE na hrubej konečnej spotrebe energie sa medzi krajinami v Európe značne líši. To odráža rozdielne východiská v zavádzaní obnoviteľných zdrojov v jednotlivých krajinách a rozdiely v dostupnosti prírodných zdrojov na výrobu obnoviteľnej energie. Do určitej miery to odráža aj rozdiely v politikách na stimuláciu obnoviteľných zdrojov energie. V rokoch 2005 až 2016 15 krajín EÚ aspoň zdvojnásobilo svoj podiel obnoviteľnej energie a Bulharsko, Chorvátsko, Česká republika, Dánsko, Estónsko, Fínsko, Maďarsko, Taliansko, Litva, Rumunsko a Švédsko, ako aj Island a Nórsko už dosiahli svoje ciele na rok 2020[1]. V roku 2016, rovnako ako v roku 2015, krajiny, ktoré sú od svojich cieľov najďalej, sú Francúzsko, Írsko, Luxembursko, Holandsko a Spojené kráľovstvo (EHP, 2018). Ich pokrok v zavádzaní energie z obnoviteľných zdrojov bude hrať dôležitú úlohu v perspektíve splnenia celkového cieľa EÚ.

Obr. 6.7 Podiel obnoviteľných zdrojov energie (OZE) na hrubej konečnej spotrebe energie podľa krajín



Zdroj: <https://www.eea.europa.eu/airs/2018/resource-efficiency-and-low-carbon-economy/renewable-energy-sources>

Ďalšie zavádzanie OZE je nevyhnutné, ak má EÚ dosiahnuť svoj cieľ znížiť do roku 2050 svoje emisie skleníkových plynov o 80 – 95 % v porovnaní s úrovňami v roku 1990 – cieľ, ktorý je kľúčom k dlhodobej vízii 7. EAP o nízkej rast uhlíka sa oddelil od využívania zdrojov už dávno pred rokom 2050. Krajiny EÚ sa už v júni 2018 dohodli na novom celoeurópskom ciele v oblasti obnoviteľnej energie, ktorým je aspoň 32 % hrubej konečnej spotreby energie do roku 2030 (EÚ, 2018a). Výzvy pre ďalší pokrok v oblasti obnoviteľnej energie sú viaceré. Napríklad kľúčovou výzvou je dospieť k jednotnejšej a komplexnejšej koncepcii európskeho trhu s energiou – takého, ktorý dokáže maximalizovať využívanie prerušovaných obnoviteľných zdrojov energie prostredníctvom cezhraničných prepojení, skladovania energie, veľkoobchodného obchodovania a flexibilného spotrebiteľského dopytu. — to znižuje našu potrebu investovať do záložných elektrární na uspokojenie špičkových požiadaviek. Konkrétne v prípade biomasy existuje potreba získavať a využívať tento obnoviteľný zdroj energie trvalo udržateľným spôsobom. Cieľom stratégie energetickej únie (EK, 2015b) je zabezpečiť bezpečné, udržateľné a cenovo dostupné dodávky energie pre všetkých občanov EÚ a zahŕňa niekoľko cieľov v oblasti energie a emisií skleníkových plynov na roky 2020, 2030 a 2050. Rozširovanie obnoviteľných zdrojov energie je kľúčovým prvkom stratégie. Presnejšie povedané, Európska komisia v roku 2016 navrhla sériu legislatívnych opatrení s cieľom prekonať problémy spojené s rozširovaním obnoviteľnej energie a splniť nový cieľ EÚ v oblasti obnoviteľných zdrojov do roku 2030. Práve bolo prijaté prepracované znenie smernice o energii z obnoviteľných zdrojov a nové nariadenie o vnútornom trhu s elektrinou (EK, 2016a) je v záverečnej fáze rokovaní medzi Európskym parlamentom a Radou. Cieľom oboch týchto dokumentov je zvýšiť investičnú istotu pre súkromných prevádzkovateľov, poskytnúť rovnaké podmienky pre energetické technológie a zavádzanie obnoviteľných zdrojov

energie a poskytnúť spotrebiteľom väčšiu úlohu pri rozvoji obnoviteľných zdrojov energie. Prepracovaná smernica o energii z obnoviteľných zdrojov zahŕňa aj nové kritériá udržateľnosti pre bioenergiu. Nedávno bolo prijaté aj nariadenie o riadení energetickej únie (EÚ, 2018b), v ktorom sa od členských štátov bude vyžadovať, aby do roku 2030 pripravili integrované národné plány v oblasti energetiky a klímy, v ktorých sa stanovujú jednotlivé národné príspevky týkajúce sa klímy, energetickej účinnosti a obnoviteľnej energie, aby sa dosiahli ciele stratégie energetickej únie. Očakáva sa, že tieto legislatívne opatrenia – doplnené niekoľkými ďalšími, ako je napríklad revidovaná smernica o energetickej účinnosti (EÚ, 2018c), ktorá bola nedávno prijatá a ktorá vyžaduje, aby EÚ splnila cieľ energetickej účinnosti 32,5 % do roku 2030 – vyvolajú výrazné zvýšenie podiel obnoviteľných zdrojov energie na hrubej konečnej spotrebe energie EÚ v budúcnosti. O ukazovateli Tento ukazovateľ je definovaný ako podiel obnoviteľnej energie na hrubej konečnej spotrebe energie. Hrubá konečná spotreba energie je definovaná ako „energetické komodity dodávané na energetické účely do priemyslu, dopravy, domácností, služieb vrátane verejných služieb, poľnohospodárstva, lesníctva a rybného hospodárstva vrátane spotreby elektriny a tepla energetickým odvetvím na výrobu elektriny a tepla vrátane straty elektriny a tepla pri distribúcii a prenose“ (EÚ, 2009). Ukazovateľ zahŕňa podiel obnoviteľných zdrojov na všetkých konečnom využití energie (elektrina, doprava, vykurovanie a chladenie). OZE zahŕňajú veternú, slnečnú, aerotermálnu, geotermálnu, vodnú energiu, zdroje energie z oceánov, biomasu a biologicky rozložiteľnú časť odpadu.

6.3.1 Smernica 2018/2001/EÚ z 11. decembra 2018 o podpore využívania energie z obnoviteľných zdrojov

Smernica o energii z obnoviteľných zdrojov predstavuje právny rámec pre rozvoj energie z obnoviteľných zdrojov vo všetkých odvetviach hospodárstva EÚ. Stanovuje spoločné zásady a pravidlá na odstránenie prekážok, stimuláciu investícií a znižovanie nákladov v oblasti technológií obnoviteľnej energie a umožňuje občanom, spotrebiteľom a podnikom podieľať sa na transformácii čistej energie. Revízia smernice Komisia navrhla revíziu smernice v júli 2021 ako súčasť balíka na realizáciu európskej zelenej dohody. Návrh zvyšuje ambíciu existujúcich právnych predpisov zosúladiť ich so zvýšenými ambíciami EÚ v oblasti klímy. Snaží sa tiež zaviesť nové opatrenia na doplnenie už existujúcich stavebných blokov stanovených smernicami z roku 2009 a 2018, aby sa zabezpečilo optimálne využitie všetkých potenciálov rozvoja obnoviteľnej energie – čo je nevyhnutná podmienka na dosiahnutie cieľa EÚ, ktorým je klimatická neutralita do roku 2050. Cieľom navrhovanej revízie je zabezpečiť, aby energia z obnoviteľných zdrojov plne prispievala k dosiahnutiu vyšších ambícií EÚ v oblasti klímy do roku 2030 v súlade s cieľovým plánom v oblasti klímy do roku 2030. Snaží sa previesť do práva EÚ niektoré z koncepcií načrtnutých v stratégiách integrácie energetickeho systému a vodíkových stratégií zverejnených v roku 2020. Tieto 2 stratégie načrtli spôsoby vytvorenia integrovaného energetickeho systému založeného na obnoviteľnej energii, ktorý je vhodný pre klimatickú neutralitu, a na výrobu vodíka do životaschopného riešenia, ktoré pomôže dosiahnuť ciele Európskej zelenej dohody. V súlade s klimatickým zákonom EÚ by ciele a opatrenia stanovené v revidovanej smernici mali byť dostatočne ambiciózne, aby v roku 2030 znížili emisie skleníkových plynov aspoň o 55 %. To zahŕňa aj zvýšenie celkového cieľa v oblasti obnoviteľných zdrojov energie (navrhuje sa zvýšiť na 40 %), ale aj posilnené opatrenia pre dopravu či vykurovanie a chladenie. Komisia sa tiež zameriava na energeticky účinnejší a obehový energetický systém, ktorý uľahčuje elektrifikáciu založenú na obnoviteľných zdrojoch energie a podporuje používanie obnoviteľných a nízkouhlíkových palív vrátane vodíka v odvetviach, kde elektrifikácia zatiaľ nie je realizovateľnou možnosťou, ako je doprava. Proces revízie Komisia 21. júla 2021 predložila návrh revidovanej smernice ako súčasť balíka na realizáciu európskej zelenej dohody. Navrhovanú revíziu smernice teraz posudzuje Rada a Európsky parlament. Prijatie sa očakáva do konca roka 2022. Ako prvý krok v procese revízie Komisia zverejnila plán v auguste 2020. Spätná väzba od zainteresovaných strán a verejnosti o tom, ako Komisia prispela k prípravnej práci na preskúmanie. Verejná konzultácia sa začala v roku 2020 a krátke zhrnutie bolo uverejnené v marci 2021. Okrem toho sa v decembri 2020 av marci 2021 zorganizovali 2 stretnutia zainteresovaných strán s cieľom získať informácie od zainteresovaných strán. Smernica 2018/2001/EÚ V decembri 2018 nadobudla účinnosť prepracovaná smernica o energii z obnoviteľných zdrojov 2018/2001/EÚ ako súčasť balíka Čistá energia pre všetkých Európanov, ktorého cieľom je udržať EÚ globálneho lídra v oblasti obnoviteľných zdrojov energie a v širšom zmysle pomôcť EÚ splniť jej záväzky znižovania emisií podľa Parížskej

dohody. Vychádzajúc z cieľa 20 % do roku 2020 stanovila nový záväzný cieľ pre energiu z obnoviteľných zdrojov pre EÚ do roku 2030 vo výške aspoň 32 %, s doložkou o možnej revízii smerom nahor do roku 2023 a obsahuje opatrenia pre rôzne sektory, aby sa to splnilo. Zahŕňalo to najmä nové ustanovenia, ktoré občanom umožnia zohrávať aktívnu úlohu pri rozvoji obnoviteľných zdrojov energie – umožnenie komunit s obnoviteľnou energiou a vlastnej spotreby obnoviteľnej energie, zvýšený 14 % cieľ pre podiel obnoviteľných palív v doprave do roku 2030 a sprísnené kritériá na zabezpečenie udržateľnosti bioenergie.

6.3.2 Legislatívne nástroje SR

- Návrh stratégie vyššieho využitia obnoviteľných zdrojov energie v SR,
- Zákon 656/2004 z 26.10.2004 o energetike a o zmene niektorých zákonov,
- Zákon 657/2004 z 26.10.2004 o tepelnej energetike,
- Zákon 276/2001 z 14.6.2001 o regulácii v sieťových odvetviach a o zmene a doplnení niektorých zákonov v plnom znení,
- Nariadenie vlády SR č. 124/2005 z 30.3.2005, ktorým sa ustanovujú pravidlá pre fungovanie trhu s elektrinou,
- Výnos URSO z 30.6.2005 č. 2/2005, ktorým sa ustanovuje rozsah cenovej regulácie v elektroenergetike a spôsob jej vykonania, rozsah a štruktúra oprávnených nákladov, spôsob určenia výšky primeraného zisku a podklady na návrh ceny,
- Zákon č. 309/2009 Z. z. z 19. júna 2009 o podpore obnoviteľných zdrojoch energie a kombinovanej výroby v znení neskorších predpisov,
- Národný akčný plán pre energiu z obnoviteľných zdrojov :

6.3.3 Stratégia environmentálnej politiky SR do roku 2030

Slovensko v súčasnosti čelí mnohým environmentálnym výzvam. Máme problémy s kvalitou ovzdušia, nízkou mierou recyklácie odpadu, ale aj s ochranou ekosystémov. Len samotné znečistenie ovzdušia u nás spôsobuje viac ako 5 000 predčasných úmrtí ročne. Environmentálne problémy majú pritom stále väčší vplyv na ekonomiku, zamestnanosť, ale aj komfort života obyvateľov. Okrem toho, podobne ako na celom svete, Slovensko už v súčasnosti zasahuje zmena klímy s viditeľnými dopadmi, ktoré sa v budúcnosti budú vážne prejavovať v podobe environmentálnych, ekonomických a zdravotných problémov. Podľa odhadov len v roku 2013 dosiahli na Slovensku ekonomické straty z extrémov zmeny klímy hodnotu viac ako 1,3 miliardy eur. Stratégia environmentálnej politiky Slovenskej republiky do roku 2030 (ďalej len „Envirostratégia 2030“) definuje víziu do roku 2030 zohľadňujúc možný, pravdepodobný a želaný budúci vývoj, identifikuje základné systémové problémy, nastavuje ciele pre rok 2030, navrhuje rámcové opatrenia na zlepšenie súčasnej situácie a obsahuje aj základné výsledkové indikátory, ktoré umožnia overovať dosiahnuté výsledky. Základnou víziou Envirostratégie 2030 je dosiahnuť lepšiu kvalitu životného prostredia a udržateľné obehové hospodárstvo, založené na dôslednej ochrane zložiek životného prostredia a využívajúce čo najmenej neobnoviteľných prírodných zdrojov a nebezpečných látok, ktoré budú viesť k zlepšeniu zdravia obyvateľstva. Ochrana životného prostredia a udržateľná spotreba budú súčasťou všeobecného povedomia občanov aj tvorcov politik. Pomocou predchádzania a prispôsobenia sa zmene klímy budú jej následky na Slovensku čo možno najmiernejšie.

V oblasti výroby energie bude preferovaná výroba energie z obnoviteľných zdrojov energie, ktorá svojou povahou nezaťažuje životné prostredie a oproti tradičným zdrojom energie prispieva k dlhodobému rozvoju SR a k zlepšeniu životného prostredia. Pre jednotlivé obnoviteľné zdroje budú vypracované pravidlá a kritériá ich udržateľného využívania. Tie budú rešpektovať regionálny potenciál ekonomickú výhodnosť, vplyvy na energetickú sústavu, dopad na chránené územia, chránené druhy rastlín a živočíchov a názor dotknutej verejnosti, obcí a regiónov. V minulosti už boli vypracované podobné kritériá pre využívanie veternej energie a biomasy na energetické účely hradené z fondov EÚ. Pravidlá budú záväzné pre všetky pripravované projekty a nemali by sa týkať iba projektov hradených z verejných

zdrojov. Podpora z verejných zdrojov a ďalšia legislatívna podpora OZE bude akceptovateľná iba u zdrojov, ktoré preukázateľne nebudú zhoršovať kvalitu životného prostredia. Všetky tieto projekty budú verejnosti poskytovať dostatok informácií a prejdú povinným posudzovaním vplyvov na životné prostredie. Budú sa zmiernovať vplyvy vodných elektrární na hydrológiu riečnych ekosystémov spriechodňovaním bariér na tokoch, napríklad úpravou manipulačných poriadkov s prepúšťaním vhodných prietokov s ohľadom na biotopy. Slnéčné elektrárne sa budú umiestňovať hlavne na strechách budov, parkoviskách alebo brownfieldoch, pôdach nižšej kvality pri realizácii zmiernujúcich opatrení a nie na pôdach vysokej bonity a na biotopoch národného a európskeho významu. Pri geotermálnej energii je nutné sa zamerať na spätnú injektáž vôd do horninového prostredia a minimalizovať výpuste do povrchových tokov. Legislatívne bude stanovené určenie ochranných pásiem geotermálnych zdrojov a následne záväznosť ich dodržiavania, resp. podmienok využívania užívateľmi geotermálnych zdrojov. Kritériá udržateľnosti sa nebudú týkať už začatých projektov.

Zmena globálnej klímy, ktorú spôsobuje neustále zvyšovanie koncentrácie skleníkových plynov v atmosfére v dôsledku ľudskej činnosti, je jedným z najvýznamnejších environmentálnych problémov v súčasnom svete. Narastajúca teplota vedie k zmenám v rôznych ekosystémoch, vrátane negatívnych vplyvov na život človeka.

Smernica Európskeho parlamentu 2012/27/EU o energetickej efektívnosti zaviazala členské štáty k úprave legislatívy na dosiahnutie úspor primárnych energií do roku 2020 o 20 % voči roku 2007. Dôvodom na vznik tejto smernice bol fakt, že budovy zodpovedajú za 40 % celkovej spotreby energie v Únii. Tento sektor narastá, čo je spojené so zvyšovaním jeho spotreby. Zníženie spotreby primárnej energie a využívanie obnoviteľných zdrojov v sektore administratívnych budov preto predstavujú dôležité opatrenie na zníženie energetickej závislosti Únie a emisií skleníkových plynov.

Prechodom na energeticky efektívnejšie hospodárstvo by sa tiež malo:

- zrýchliť šírenie inovačných technológií,
- podporiť hospodársky rast a vytvárať vysokokvalifikované pracovné miesta vo viacerých sektoroch spojených s energetickou efektívnosťou.

Výstavba budov takmer s nulovou spotrebou - pasívne budovy je cieľom, ktorý si kladie vláda pre výstavbu objektov štátnej správy od roku 2018 a pre ostatné budovy od konca roku 2020. Pre dosiahnutie uvedených cieľov je potrebné:

- obmedziť spaľovanie fosílnych palív,
- zabrániť narastajúcemu odlesňovaniu, rozumne obrábať pôdu, hospodáriť s odpadom,
- šetriť s energiou,
- súhrnne povedané - správať sa zodpovedne tak na strane výroby, ako aj na strane spotreby.

Jednoznačne preto musíme:

- investovať do nových technológií,
- využívať obnoviteľné zdroje energie,
- stavať úsporné budovy,
- preferovať moderný čistý priemysel,
- využívať ekologické dopravné prostriedky.

Prechod k nízkouhlíkovej ekonomike je nielen veľkou príležitosťou, ale aj:

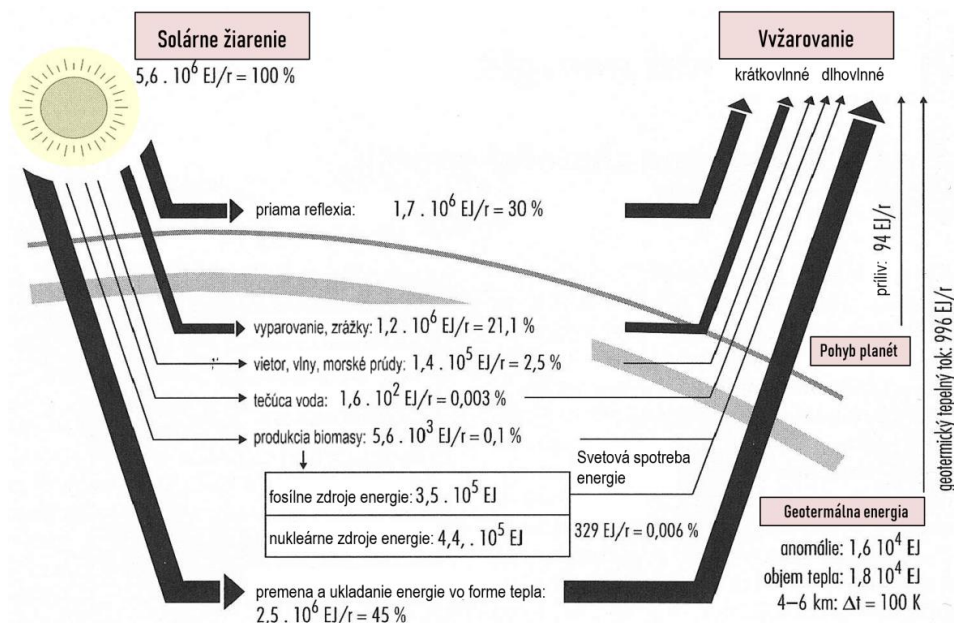
- výzvou k zvyšovaniu energetickej nezávislosti,
- vzniku nových pracovných miest,
- ako aj rozvoju vedy a výskumu.

Zvyšovanie podielu obnoviteľných zdrojov energie na výrobe elektriny a tepla s cieľom vytvoriť primerané doplnkové zdroje potrebné na krytie domáceho dopytu je jednou zo základných priorít Energetickej politiky SR. Obnoviteľné zdroje energie prispievajú k posilneniu a diverzifikácii štruktúry priemyslu a poľnohospodárstva, podporujú inováciu a rozvoj informačných technológií, otvárajú priestor pre nové smerovania a sú jedným z pilierov budovania znalostnej ekonomiky. Racionálny manažment domácich obnoviteľných zdrojov energie je v súlade s princípmi trvalo udržateľného rozvoja, čím sa stáva jedným z pilierov zdravého ekonomického vývoja spoločnosti (Národný akčný plán pre obnoviteľné zdroje energie, 2010). Požadované takmer nulové množstvo energie by sa malo vo významnej miere pokryť energiou z obnoviteľných zdrojov, ktorá bude vyrobená priamo na mieste, alebo v blízkosti budovy. Hlavný zákon, ktorý preberá záväzky zo smernice EP 2012/27/EU je zákon 555/2005 Zz o energetickej hospodárnosti budov. Čiastočné záväzky zo smernice sú zapracované v zákonoch č 309/2009 Zz o podpore obnoviteľných zdrojov a vysokoúčinnnej kombinovanej výroby a č.657/2004 o tepelnej energetike a 321/2014 Zz o energetickej efektívnosti. Vykonávacía vyhláška zákona č.555/2005 Zz je vyhláška 364/2012, ktorá určuje Technické a energeticke parametre na hodnotenie energetickej hospodárnosti budov

6.4 Energia slnečného žiarenia pre administratívne budovy

Solárna energia predstavuje obnoviteľný zdroj energie, ktorý je bezpodmienečne nutný pre život na našej planéte. Slnko je hlavným zdrojom energie a tiež jeho činnosťou sa energie transformovali a trvale transformujú do iných foriem. Tieto formy energie sa využívajú ako pre samotný chod života, udržiavanie prijateľných podmienok na zemi, tak aj pre fyzikálne chemické procesy. Slnko je hviezda našej planetárnej sústavy. Je tvorené prevažne z atómov vodíka (70 %) s prímiesou hélia (28 %) a nepatrným množstvom iných prvkov. Má tvar gule s priemerom $1,4 \cdot 10^6$ km. Vzdialenosť Zeme od Slnka sa pohybuje počas ročnej periódy od 147 do 152 miliónov kilometrov. Energia slnka má pôvod vo fúznej protón-neutrónovej reakcii. Reakcia prebieha pri teplotách až 14 miliónov °K, pričom na povrchu dosahuje teplotu cca 6 000 °K. Slnko má k dispozícii dostatok paliva na ešte cca 5 miliárd rokov, kým nastane zastavenie jadrovej reakcie súvisiace so zánikom hviezdy. Slnečná energia na zemský povrch dopadá vo forme slnečného žiarenia. Môžeme ho prirovnať k žiareniu absolútne čierneho telesa. Maximum žiarenia sa pohybuje okolo vlnovej dĺžky 0,5 μm.

Obr. 6.8 Toky energie zo slnka na zem



Zdroj: F. Vranay

Slnčná energia dopadajúca na zem je 11 000 krát väčšia ako je celosvetová potreba energie (Obr. 6.9).

Obr. 6.9 Porovnanie energie dopadajúcej na zemský povrch zo Slnka s celosvetovou potrebou energie za rok a zásobami fosílnych palív



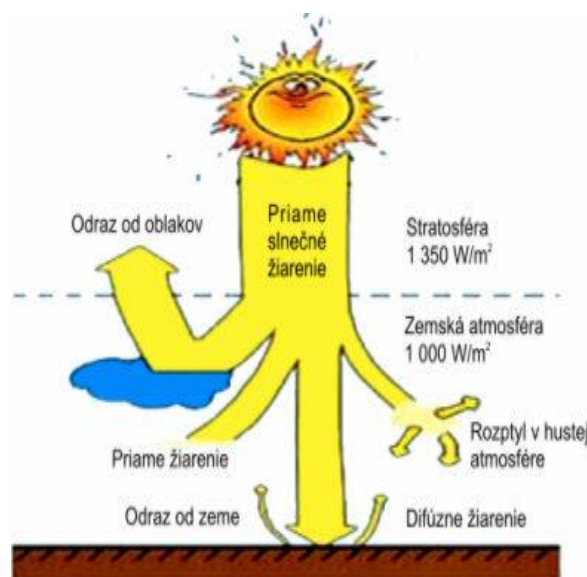
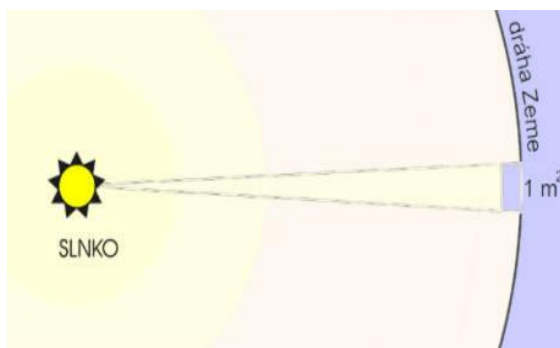
Zdroj: F. Vranay

Na hranicu zemskej atmosféry pri kolmom dopade slnečných lúčov dopadá približne $1\,360\text{ W/m}^2$. Tento údaj zvykneme označovať ako „slnčná konštanta“.

Slnčné žiarenie sa pri prechode zemskou atmosférou znižuje aj rozptylom v atmosfére. Žiarenie delíme na priamu zložku, difúznú a odrazenú. Súčet priamej a difúznej zložky voláme globálne žiarenie. V našich zemepisných šírkach toto žiarenie môže kolísať od 100 do 1000 W/m^2 . Pomer difúznej a priamej zložky je závislý od geografických a klimatických podmienok. Difúzne žiarenie tvorí v celoročnom priemere $50 - 70\%$ z globálnej zložky.

V zimných mesiacoch to činí až 90% -ný podiel. Toto určuje výhodnosť použitia kolektorov plochých pre nízko teplotné aplikácie oproti koncentrujúcim, ktoré využívajú iba priame žiarenie.

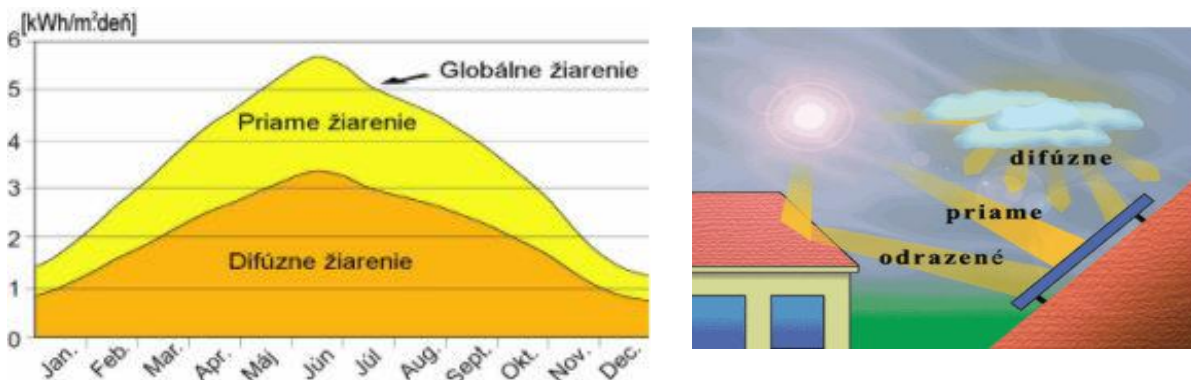
Obr. 6.10 Slnčné žiarenie dopadajúce na zemský povrch a prienik zemskou atmosférou



Zdroj: F. Vranay

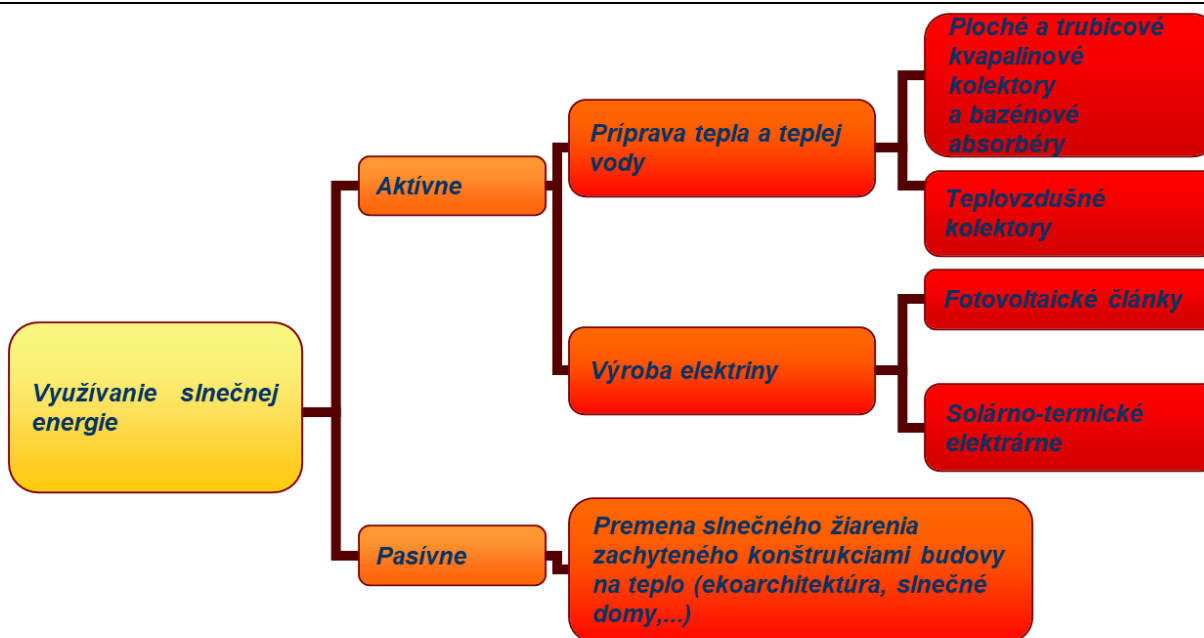
Využitie slnečného žiarenia je možné definovať ako konverziu energie a jeho rozdelenie je na obrázku 6.11.

Obr. 6.11 Podiel žiarenia priameho a globálneho počas roka v našich zemepisných šírkach



Zdroj: F. Vranay

Obr. 6.12 Spôsoby využívania slnečnej energie v administratívnych budovách



Zdroj: F. Vranay

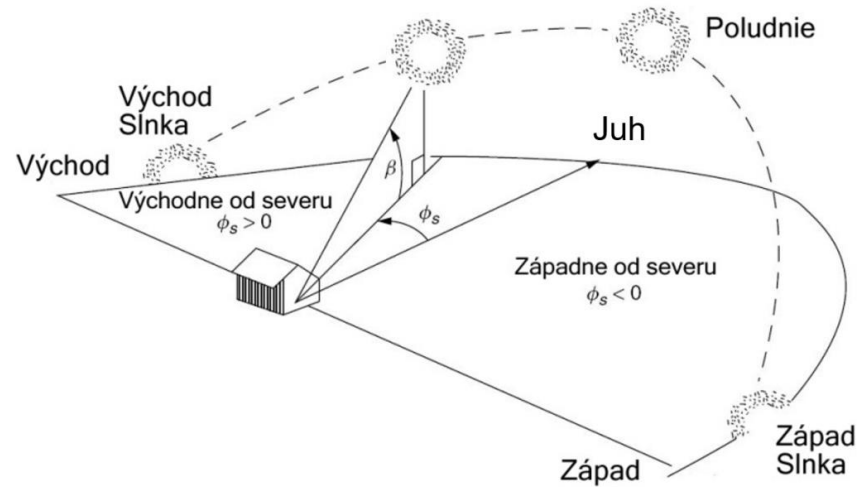
6.4.1 Výpočet množstva slnečnej energie dopadajúcej na oslnenú plochu

Poloha Slnka v akýkoľvek čas počas dňa

Poloha Slnka kedykoľvek počas dňa môže byť opísaná pomocou výškového uhla Slnka β a azimutu Slnka θ_s . Azimut je pozitívny ráno so slnkom na východe a negatívny v popoludňajších hodinách so slnkom na západe.

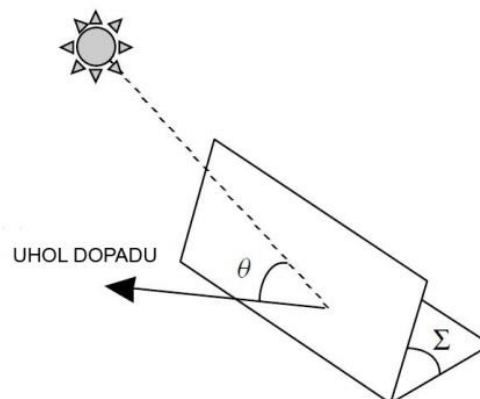
Pre množstvo dopadajúceho žiarenia na ľubovoľne orientovanú plochu je rozhodujúci uhol dopadu, ktorý zvierá slnečný lúč s danou plochou. Ideálny je pri kolmom dopade. Vzhľadom k zmene polohy slnka na obzore sa tento uhol mení počas dňa, ale aj počas roka.

Obr. 6.13 Uhol naklonenia slnečného modulu



Zdroj: F. Vranay

Obr. 6.14 Dopadajúce slnečné lúče na naklonenú plochu



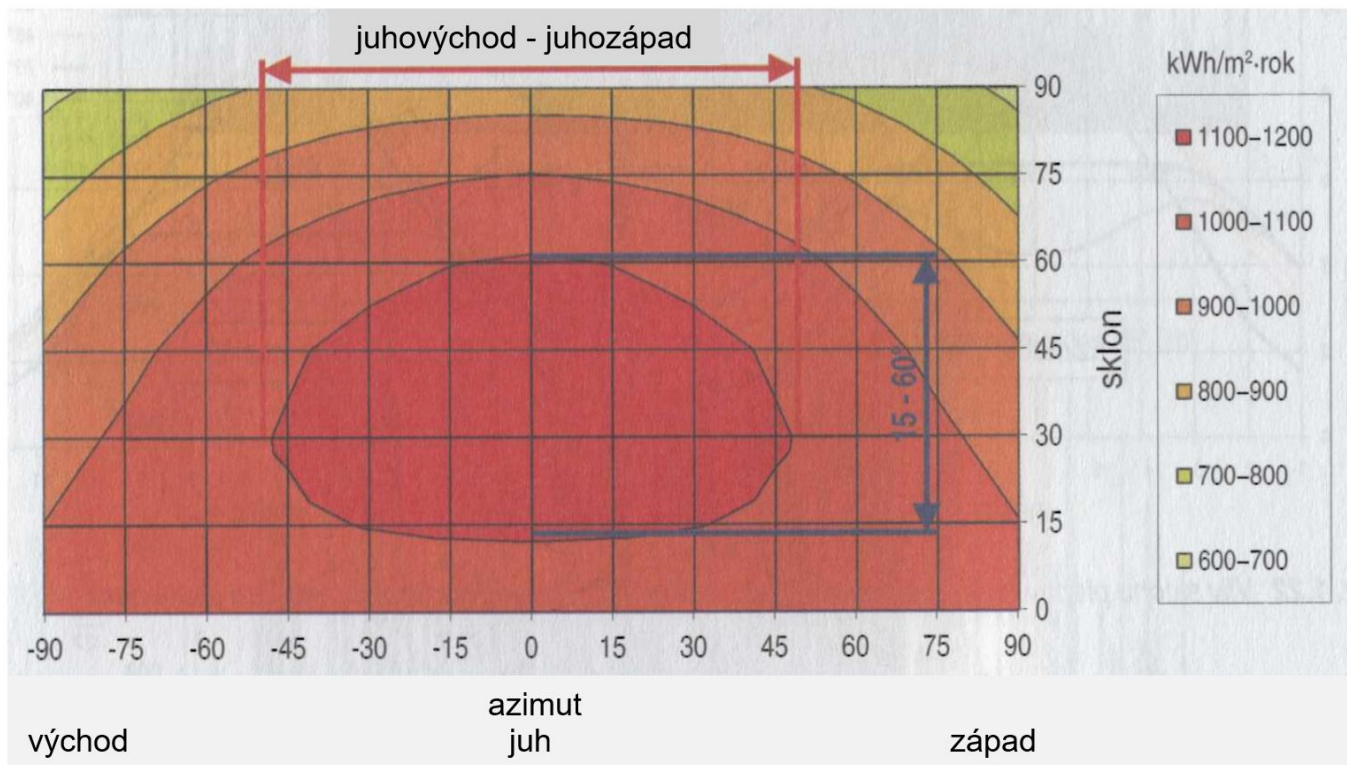
Zdroj: F. Vranay

Solárny kolektor je naklonený do uhla Σ a je nasmerovaný v smere jeho azimutového uhla θ_C (merané vo vzťahu priamo k juhu, s kladnými hodnotami v juhovýchodnom smere a záporné hodnoty v juhozápadnom smere).

Výpočet množstva slnečného žiarenia

Pre jednoduchosť určovania ročných úhrnov slnečného žiarenia vzhľadom ku komplikovaným matematickým výpočtom, uvádzame len grafické vyjadrenie závislosti dopadajúceho žiarenia na rovinu podľa orientácie a sklonu. Pre skutočne získanú energiu je treba zohľadniť ročné úhrny z tabuľky účinnosťou premeny v slnečnom kolektore. V ďalšej časti bude prezentovaný výpočet solárnych ziskov.

Obr. 6.15 Ročné úhrny energie slnečného žiarenia v závislosti na sklone a orientácii kolektora



Zdroj: F. Vranay

Príklad výpočtu zachyteného slnečného žiarenia počas roka pre AB

Do samotného výpočtu zachyteného množstva dopadajúceho slnečného žiarenia Q_{zachyt} na oslnenú plochu vstupujú hodnoty na základe okrajových podmienok. Patria sem intenzita slnečného žiarenia I_{str} , teplota vzduchu t_v , pomerná doba slnečného svitu τ_{skut} , teoretické množstvo dopadajúcej energie na oslnenú plochu $Q_s \text{ den teor}$.

Úlohou výpočtu je zistiť na základe prevádzkových parametrov (teplôt vzduchu t_v , teplôt média v solárnom systéme t_k , druh a vlastnosti kolektora, orientácia, sklon, ...) účinnosť premeny energie v kolektore η_k . Pre uľahčenie výpočtu sú zásadné veličiny uvedené v tabuľkách, ktoré vznikli prepočtom z priemerných hodnôt, počas dlhoročného sledovania parametrov. Vzorový výpočet energetického zisku zo slnečného žiarenia pre celoročnú prevádzku je realizovaný na 1m² apertúry kolektorovej plochy v meste Košice a teplotu vody v systéme ($t_k = 50 \text{ }^\circ\text{C}$). Pre porovnanie je kolektor bežný plochý selektívny (Obr.6.16) a kolektor trubicový vákuový (Obr.6.17).

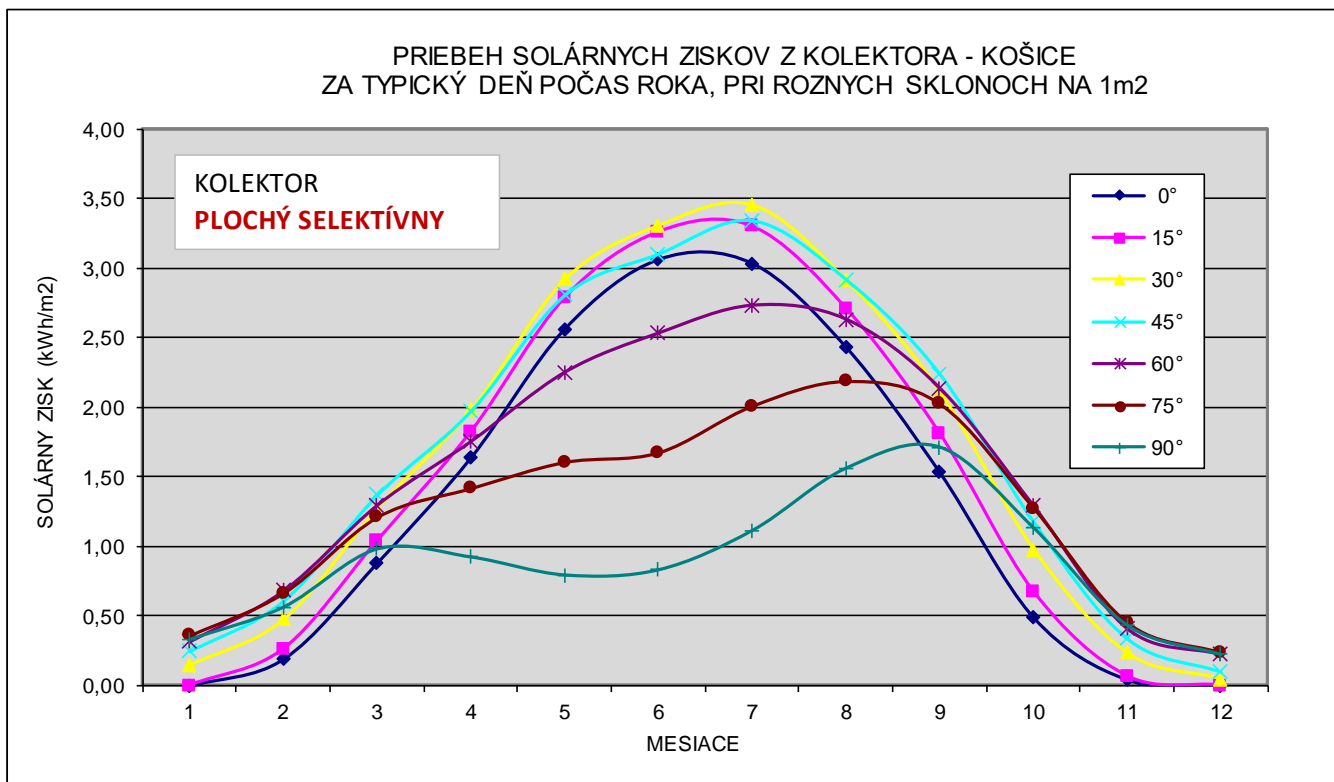
Pre kolektory s inou plochou apertúry je možné získať presné hodnoty pre násobením zisku z tabuliek. U plochého kolektora zisk činí 618 kWh/m² za rok (Obr.6.16). Kolektor trubicový vákuový generuje zisk 740 kWh/m² za rok (Obr.6.17).

Obr. 6.16 Detail výpočtu v Exceli - Kolektor plochý selektívny orientovaný na JUH so sklonom 45°

KOLEKTOR PLOCHÝ - SELEKTÍVNY

Košice	teploty			I_{str} 45°	Q_s den teor 45°	τ_{skut}/τ_{teor} den	τ_{teor} den	η_k učinn.	za deň	za mesiac	
	vzduch tv °C	kolektor tk °C	tk-tv °C						Q zachyt kWh/m ²	PD dni	Q zachyt kWh/m ²
1	0,1	50	50	383	3,40	0,26	8,26	0,28	0,25	31	7,6
2	1,7	50	48,3	473	4,96	0,31	10,12	0,40	0,61	28	17,1
3	6,6	50	43,4	535	6,70	0,42	12,00	0,49	1,37	31	42,5
4	12,1	50	37,9	534	8,06	0,46	13,90	0,53	1,98	30	59,3
5	16,3	50	33,7	524	9,42	0,53	15,70	0,56	2,81	31	87,1
6	20,5	50	29,5	523	9,64	0,54	16,34	0,60	3,11	30	93,2
7	22,4	50	27,6	524	9,42	0,58	15,70	0,61	3,34	31	103,7
8	22,2	50	27,8	534	8,06	0,59	13,90	0,61	2,92	31	90,6
9	18,7	50	31,3	535	6,70	0,57	12,00	0,59	2,24	30	67,3
10	13,1	50	36,9	473	4,96	0,47	10,12	0,51	1,18	31	36,6
11	7,5	50	42,5	383	3,40	0,27	8,26	0,37	0,34	30	10,1
12	2,8	50	47,2	294	2,70	0,23	7,85	0,16	0,10	31	3,1

618,0



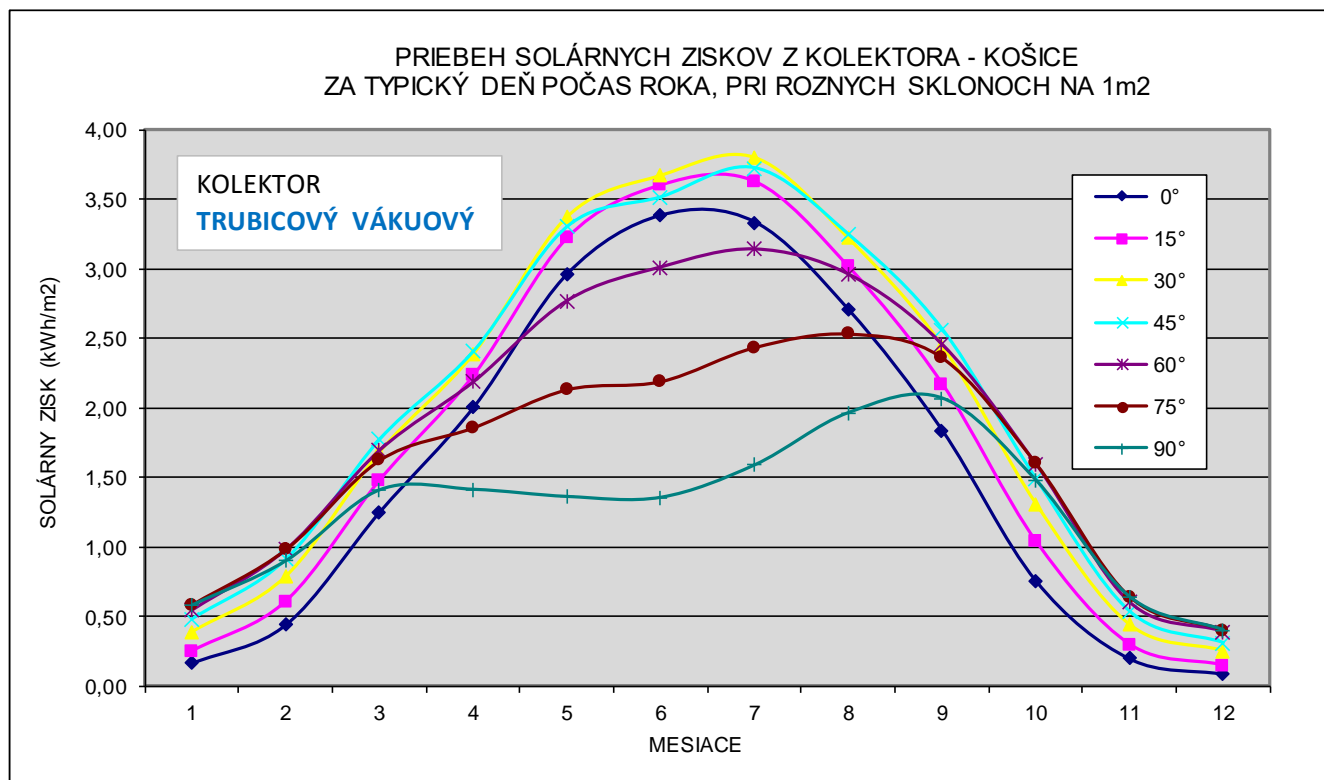
Zdroj: F. Vranay

Obr. 6.17 Detail výpočtu v Exceli - Kolektor trubicový vákuový orientovaný na JUH so sklonom 45°

KOLEKTOR TRUBICOVÝ - VÁKUOVÝ

Košice	teploty			I_{str}	$Q_{s\ den\ teor}$		τ_{skut}/τ_{teor}	τ_{teor}	η_k	za deň	za mesiac	
	mesiac	vzduch	kolektor		tk-tv	45°				45°	den	den
-	tv °C	tk °C	°C	W/m2	kWh/m2	%	hod	%	kWh/m ²	dni	kWh/m ²	
1	0,1	50	50	383	3,40	0,26	8,26	0,55	0,48	31	14,9	
2	1,7	50	48,3	473	4,96	0,31	10,12	0,59	0,91	28	25,5	
3	6,6	50	43,4	535	6,70	0,42	12,00	0,63	1,77	31	54,9	
4	12,1	50	37,9	534	8,06	0,46	13,90	0,65	2,41	30	72,2	
5	16,3	50	33,7	524	9,42	0,53	15,70	0,66	3,30	31	102,3	
6	20,5	50	29,5	523	9,64	0,54	16,34	0,68	3,51	30	105,4	
7	22,4	50	27,6	524	9,42	0,58	15,70	0,68	3,72	31	115,4	
8	22,2	50	27,8	534	8,06	0,59	13,90	0,68	3,24	31	100,6	
9	18,7	50	31,3	535	6,70	0,57	12,00	0,67	2,56	30	76,9	
10	13,1	50	36,9	473	4,96	0,47	10,12	0,64	1,49	31	46,1	
11	7,5	50	42,5	383	3,40	0,27	8,26	0,58	0,53	30	16,0	
12	2,8	50	47,2	294	2,70	0,23	7,85	0,50	0,31	31	9,6	

740,0



Zdroj: F. Vranay

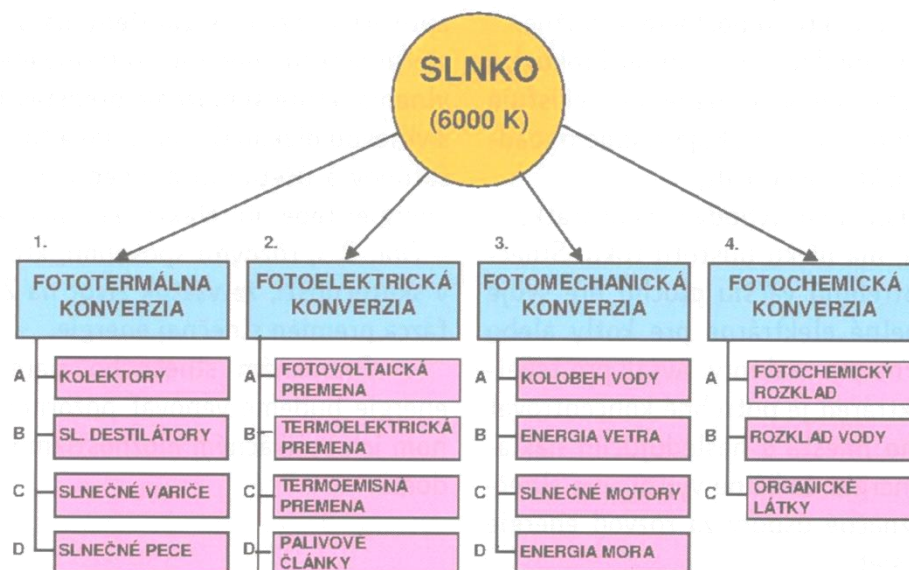
6.5 Premena slnečného žiarenia

Energia vyžarovaná zo slnka sa využíva rôznymi spôsobmi. Spôsoby premeny sú uvedené na obrázku 6.18.

Najpodstatnejšie pre energetické využitie sú:

- Premena fototermálna = premena žiarenia na tepelné žiarenie pomocou kolektorov a iných zariadení,
- Premena fotoelektrická = premena vo fotovoltaických paneloch na elektrickú energiu,
- Premena fotomechanická = deje sa pôsobením prírody,
- Premena fotochemická = deje sa pôsobením prírody.

Obr. 6.18 Schéma štruktúry premeny slnečnej energie na iné formy energie.



Zdroj: F. Vranay

Fototermálna konverzia je založená na odoberaní tepelnej zložky slnečného žiarenia. Je to najjednoduchší spôsob premeny.

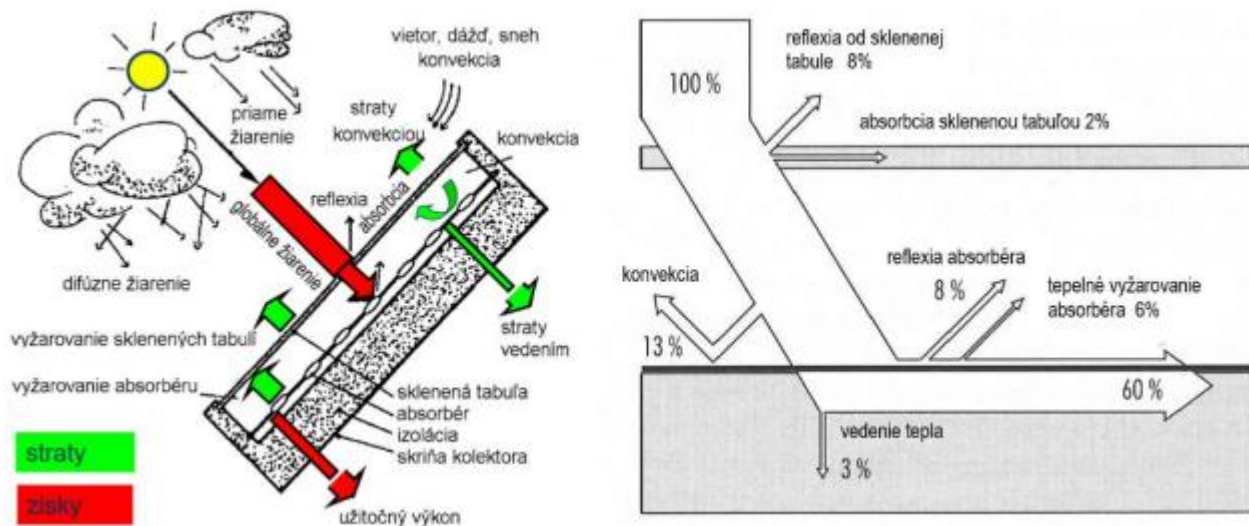
Prebíha v zariadeniach:

- Slnečné teplovodné kolektory,
 - ploché slnečné kolektory,
 - koncentračné kolektory,
- Slnečné destilátory,
- Slnečné variče,
- Slnečné pece,

6.5.1 Slnčné kolektory

Solárny kolektor je zariadenie určené na pohltie slniečného žiarenia a jeho premenu na tepelnú energiu. Energia získaná sa odovzdáva do média pretekajúceho kolektorom. Tento spôsob je najjednoduchšou cestou, pri ktorej sa slniečné žiarenie absorbuje na povrchu tuhých látok a kvapalín, kde sa pohyb fotónov slniečného žiarenia premieňa na teplo (pohyb molekúl). Z absorbčného povrchu sa tepelná energia odvádza teplotnými látkami (voda, nemrznúca zmes, vzduch, ...) pre zníženie tepelných strát je systém kolektora z prednej strany prikrýty zasklením s vhodnými vlastnosťami z hľadiska prepúšťania slniečného žiarenia. Zadná a bočné strany sú opatrené tepelnou izoláciou minimalizujúcou tepelné straty. Všetky prvky sú osadené v ráme a tvoria solárny kolektor.

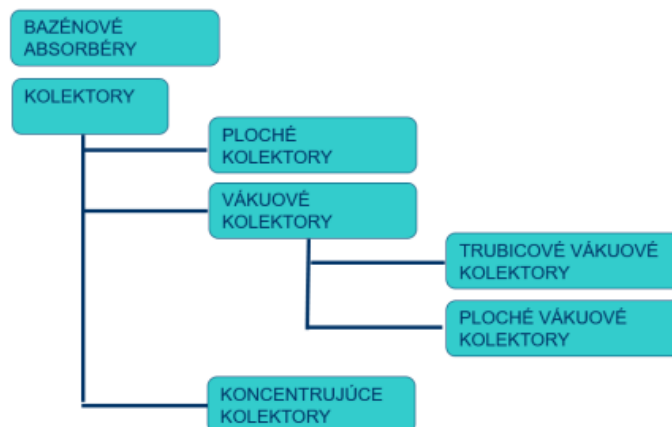
Obr. 6.19 Funkcia a konštrukcia plochého selektívneho kolektora a jeho energetická bilancia



Poznámka: Čierna doska vo vnútri = absorbér (absorbuje, pohlcuje žiarenie) Na povrchu sa žiarenie priame aj difúzne mení na teplo Absorbér odovzdáva teplo do rúriek s kvapalinou (podmienka dobrá tepelná vodivosť = meď, hliník, ...)

Zdroj: F. Vranay

Obr. 6.20 Klasifikácia solárnych kolektorov

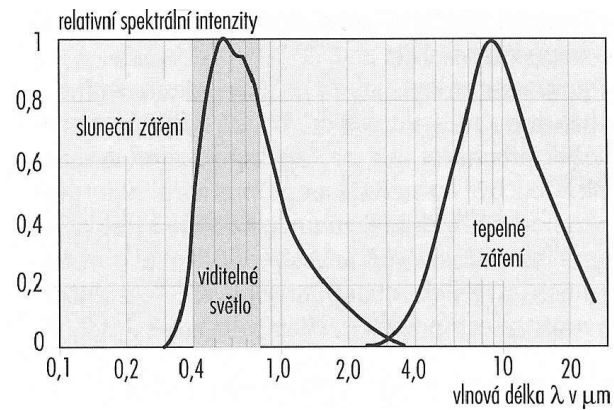


Zdroj: F. Vranay

Veličiny vplývajúce na účinnosť slnečného kolektora

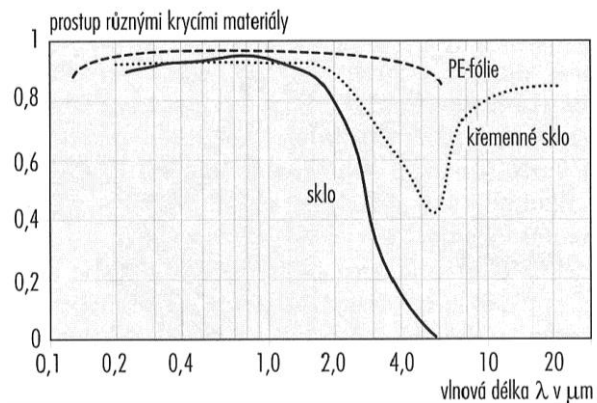
- **Vlastnosti krycieho skla** - Prechod žiarenia podľa vlnovej dĺžky pre rôzne druhy materiálov : slnečné žiarenie do kolektora sklo prepúšťa a tepelné žiarenie z kolektora von neprepúšťa

Obr. 6.21 Relatívne spektrálne rozdelenie solárneho žiarenia (povrchová teplota slnka cca 6000 °C, a teplota absorbéra cca 70 °C)



Zdroj: F. Vranay

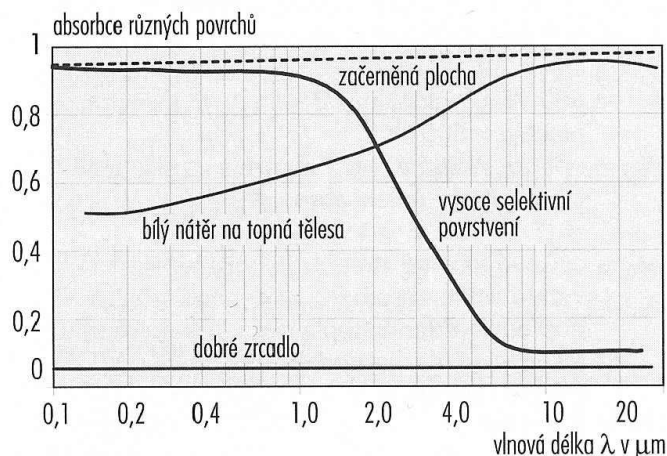
Obr. 6.22 Prechod žiarenia podľa vlnovej dĺžky pre rôzne druhy materiálov: (slnečné žiarenie 0,4 – 1 μm) do kolektora sklo prepúšťa a tepelné žiarenie 4-20 μm y kolektora neprepúšťa.



Zdroj: F. Vranay

- **Vlastnosti absorbéra** - Slnečné žiarenie pohlcuje, tepelné žiarenie emituje minimálne (vysoko selektívny povlak)

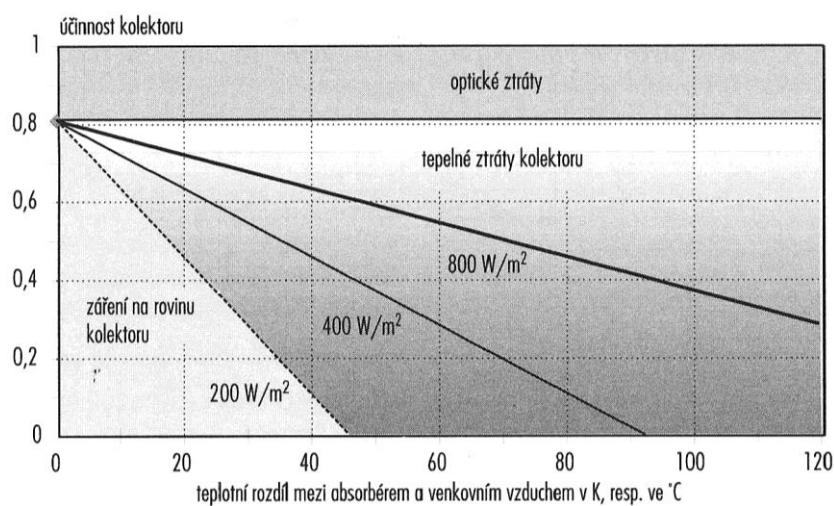
Obr. 6.23 Absorpcia rôznych povlakov absorbéra: Slnéčné žiarenie pohlcuje, tepelné žiarenie emituje minimálne (vysoko selektívny povlak)



Zdroj: F. Vranay

- **Tepelnoizolačné vlastnosti kolektora** - vplyv na tepelné straty kolektora,
- **Prevádzková teplota v slnečných kolektoroch** - Účinnosť kolektora ako funkcia rozdielu teplôt medzi absorbérom a okolím pri slnečnom žiarení. Straty nevyužitého žiarenia (optické straty) a tepelné straty spôsobené teplotou sa násobia,
- **Charakteristika kolektora** - plochý kolektor a vákuový kolektor. Vákuový kolektor sa javí výhodnejší hlavne pri vyšších rozdielov teplôt medzi absorbérom a vzduchom,
- **Vplyv uhla dopadu slnečného žiarenia** – sklon kolektora, azimut kolektora.

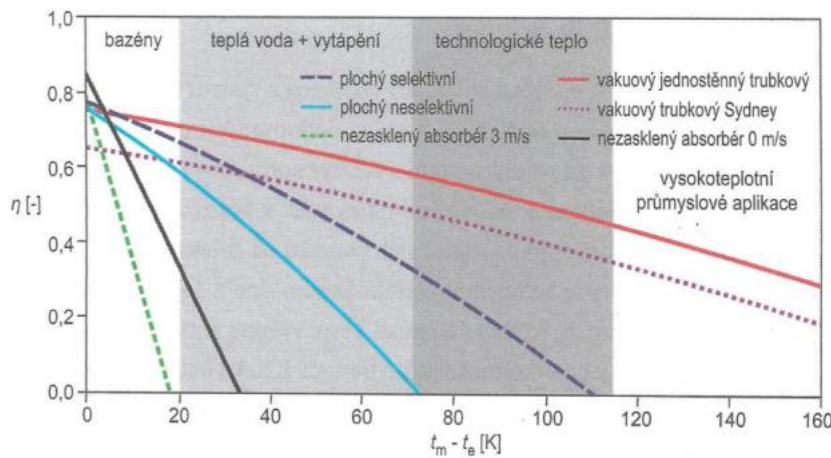
Obr. 6.24 Účinnosť kolektora ako funkcia rozdielu teplôt medzi absorbérom a okolím pri slnečnom žiarení 800, 400 a 200 W/m².



Poznámka: Straty nevyužitého žiarenia (optické straty) a tepelné straty spôsobené teplotou sa násobia

Zdroj: F. Vranay

Obr. 6.25 Charakteristiky rôznych konštrukcií kolektorov.



ORIENTAČNÉ HODNOTY STAGNAČNEJ TEPLoty SOLÁRNYCH KOLEKTOROV

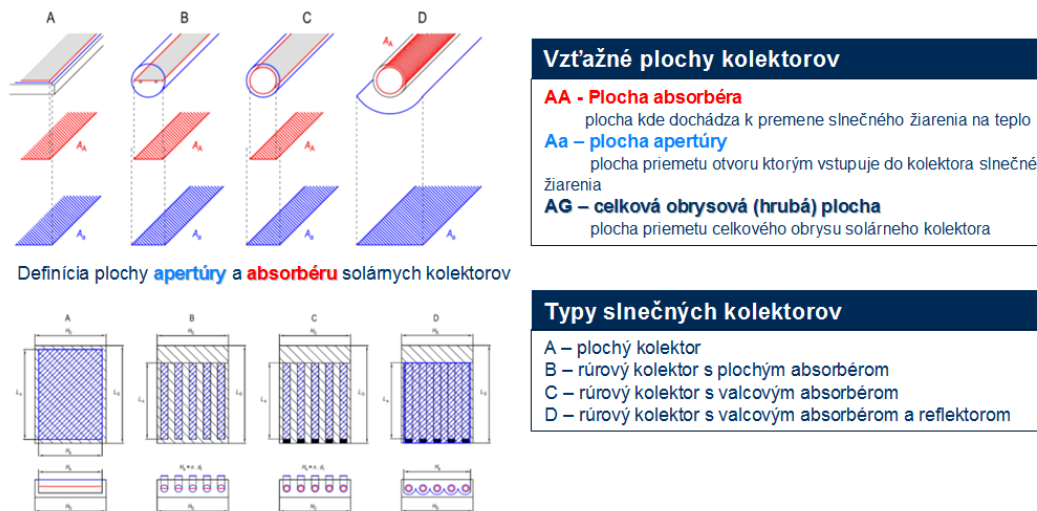
TYP KOLEKTORA	t_{stg} (°C)
NEZASKLENÝ KOLEKTOR	65
ZASKLENÝ NESELEKTÍVNY KOLEKTOR	100
ZASKLENÝ SELEKTÍVNY KOLEKTOR	180
RÚROVÝ JODNOSTENNÝ VÁKUOVÝ KOLEKTOR	300
RÚROVÝ VÁKUOVÝ SYDNEY KOLEKTOR	250

Poznámka: t_{stg} = stagnačná teplota kolektora pri ktorej zisk kolektora = jeho tepelným stratám (pri chode naprázdno, bez odberu)

Zdroj: F. Vranay

Definovanie plochy kolektora

Obr. 6.26 Definícia plochy apertúry a obrysovej plochy solárnych kolektorov



Zdroj: F. Vranay

Slnečné kolektory – PLOCHÉ KVAPALINOVÉ

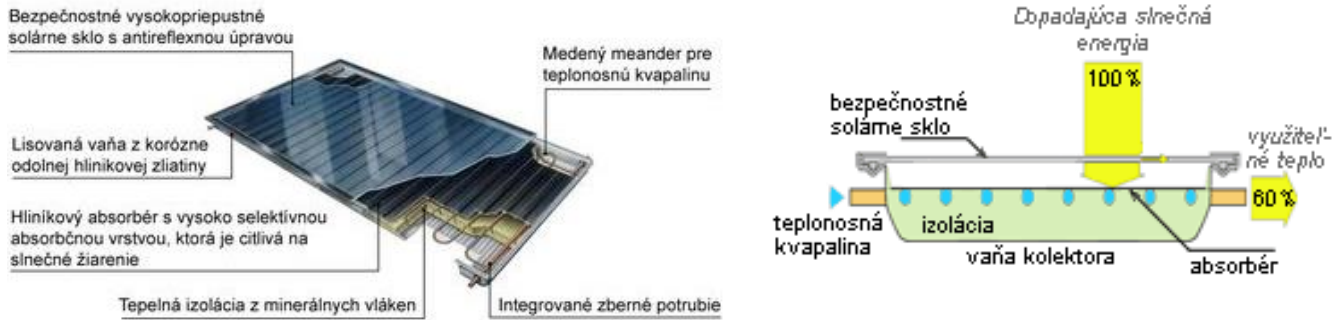
Materiál absorbéra:

- medený, alebo hliníkový plech so solárnym lakom, alebo selektívnou povrchovou vrstvou,
- krycie sklo chudobné na železo, odolné voči krupobitiu.

Použitie:

- ohrev teplej vody,
- ohrev bazénovej vody,
- podpora vykurovania.

Obr. 6.27 Ploché kolektory kvapalinové



Zdroj: F. Vranay

Slné kolektory – PLOCHÉ TEPLOVZDUŠNÉ

Materiál absorbéra:

- medený, alebo hliníkový plech so solárnym lakom, alebo selektívnou povrchovou vrstvou,
- krycie sklo chudobné na železo, odolné voči krupobitiu,

Použitie:

- ohrev vzduchu na vykurovanie,

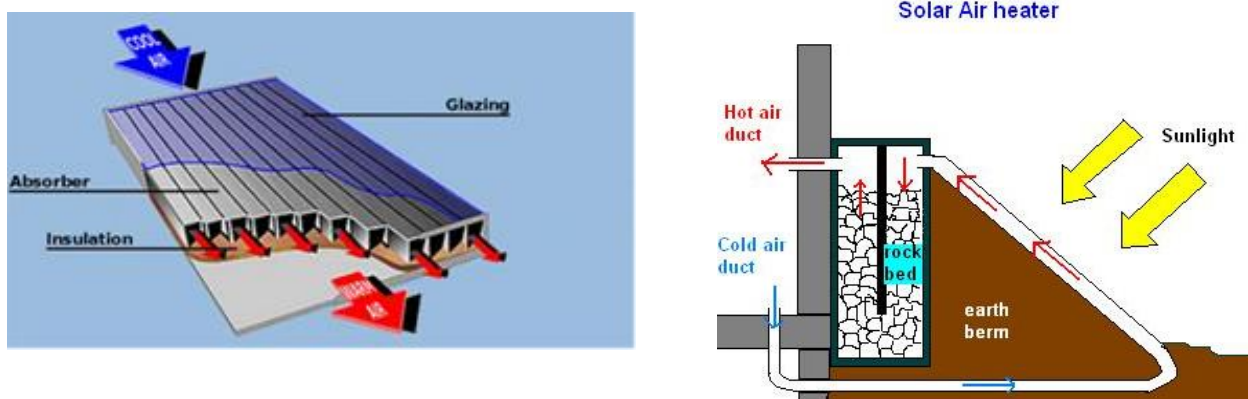
Výhody:

- nezávislosť na nosnom médiu,
- nezamŕza v zimnom období,
- prehriatie systému bez následkov,

Nevýhody:

- veľká potrebná plocha kolektorov,
- vysoké nároky na ventilačný systém,
- ťažkosti so skladovaním získanej energie.

Obr. 6.28 Ploché kolektory vzduchové



Zdroj: F. Vranay

Slné kolektory – VÁKUOVÉ

Prevedenie:

- absorpčná plocha je priamo vo vákuu,
- absorbér umiestnený v trubici v atmosfére, ale trubica je vo vákuu,
- teplo je odvádzané prostredníctvom teplonosnej látky.

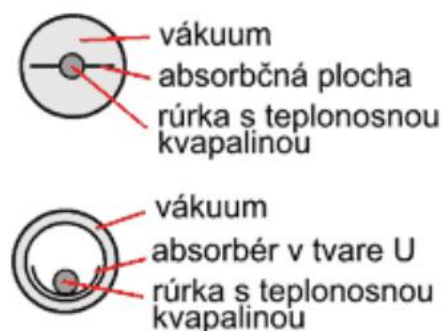
Výhody:

- zamedzenie tepelným stratám medzi absorbércom a vonkajším vzduchom,

Použitie:

- ohrev teplej vody,
- podpora vykurovania.

Obr. 6.29 Slné kolektory vákuové



Zdroj: F. Vranay

Delenie podľa typu teplonosnej látky

Kolektory s priamym prúdením

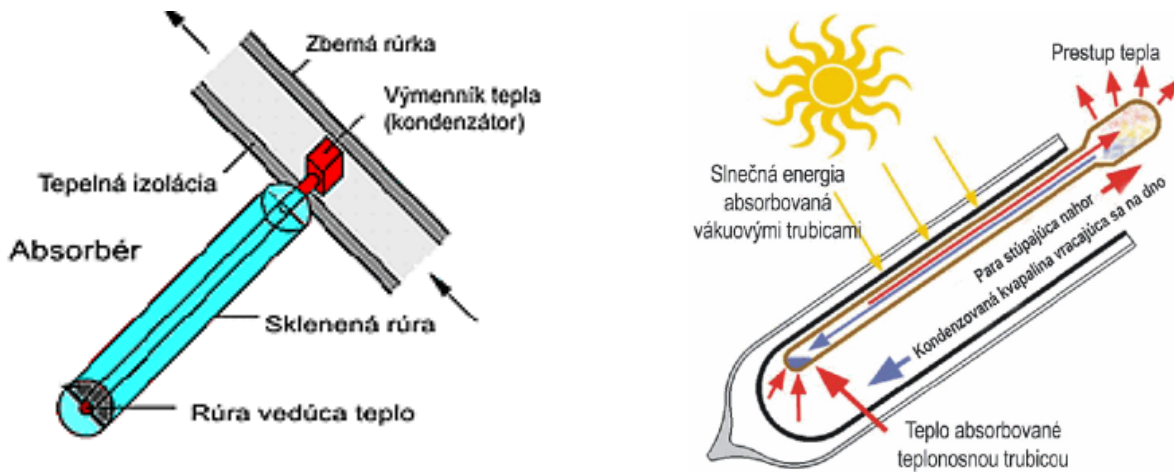
Teplonosné médium preteká od rozdeľovača ku koncu rúry, odoberá teplo absorbéra, ktorý sa nachádza vo vákuu a tečie opäť do zberača. Ich prednosťou je, že nie je potrebný ani minimálny sklon kolektorov. Cirkulácia je nútená čerpadlom.

Kolektory na princípe tepelnej trubice (heat pipe)

V rúre sa nachádza kvapalina, väčšinou alkohol, ktorá sa odparuje pri nízkej teplote. Táto para stúpa v rúre až na horný koniec, na ktorom je umiestnený malý výmenník tepla. Tu para kondenzuje a odovzdáva svoje teplo nepriamo teplonosnému médiu. Odtekajúca kvapalina sa opäť zohrieva, vyparuje a kolobeh začína od začiatku. Aby tento kolobeh fungoval, kolektor musí mať sklon minimálne 30°.

Prednosťou tohto je, že kolektor sa nikdy neprehreje - pretože po úplnom vyparení sa kvapaliny (teda keď sa neuskutočňuje odber tepla) sa kolobeh zastaví.

Obr. 6.30 Slnéčné kolektory vákuové s priamym prúdením a na princípe tepelnej trubice

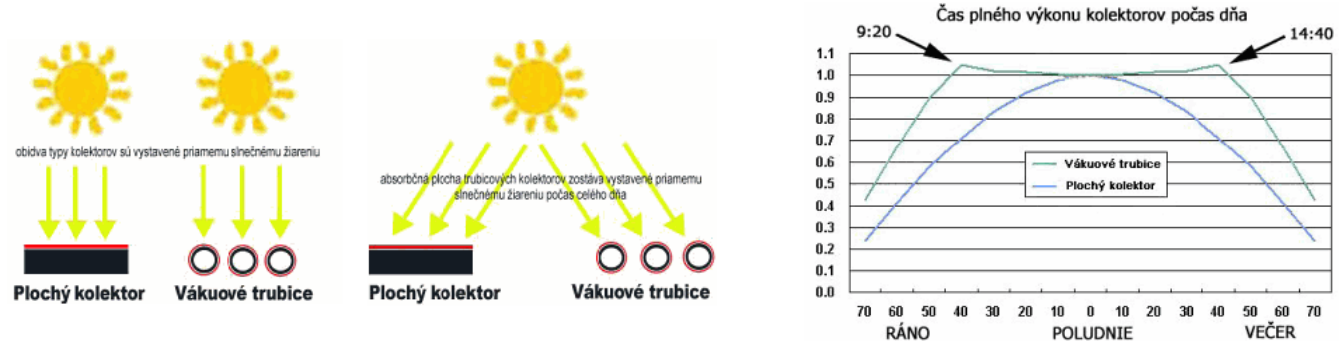


Zdroj: F. Vranay

Vplyv zmeny uhla dopadu na kolektor

Povrch absorbéra kolektora je parabolický. Nedosahuje najvyšší výkon pri 0°, ale okolo 40°. V tomto prípade sa totiž využíva efekt odrazu svetla od jednotlivých trubíc vedľa seba. Absorbér trubice pracuje vo vysokom výkone prakticky po celý čas slnečného svitu (aj 8 hodín), kedy naň dopadajú slnečné lúče kolmo.

Obr. 6.31 Vplyv zmeny uhla dopadu na výkon kolektora



Zdroj: F. Vranay

Porovnanie kolektorov plochých a vákuových

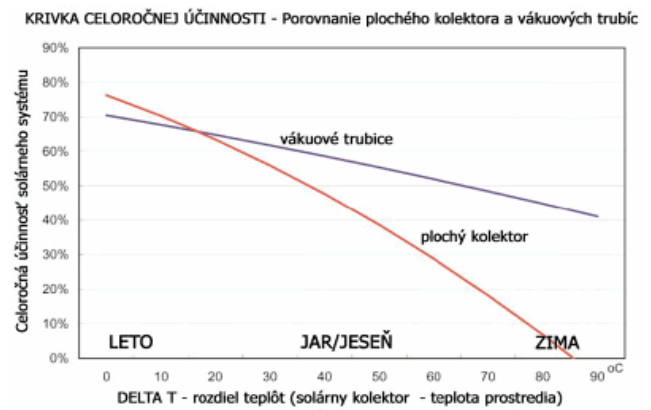
Porovnanie tepelnoizolačných vlastností:

Skutočné vákuum v solárnych vákuových trubicách tepelno-izolačne vysoko prevyšuje tepelno-izolačné vlastnosti bežných plochých kolektorov.

Porovnanie celoročných tepelných ziskov:

Skutočné vákuum v solárnych vákuových trubicách tepelno-izolačne vysoko prevyšuje tepelno-izolačné vlastnosti bežných plochých kolektorov.

Obr. 6.32 Porovnanie kolektorov (plochý a vákuový) - termovízne a grafické



Zdroj: F. Vranay

Aplikácie kolektorov pre administratívne budovy

Obr. 6.33 Porovnanie aplikácie kolektorov: a) na konštrukcii strechy, b) súčasť strešnej krytiny

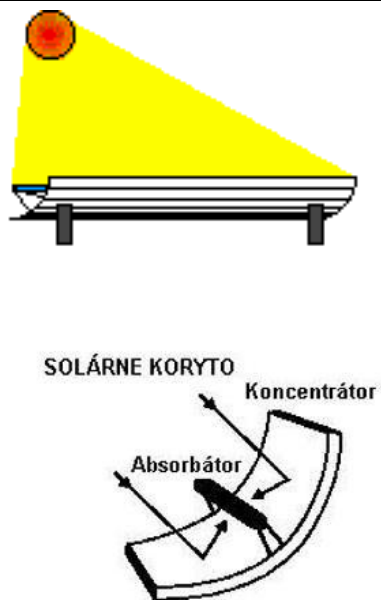


Zdroj: F. Vranay

Kolektory koncentrujúce – solárne parabolické korytá

Systémy využívajú parabolické zrkadlá v tvare korytá, ktoré koncentruje slnečné žiarenie do potrubia umiestneného do ohniska zariadenia. V potrubí prúdi kvapalina, ktorá sa ohrieva na takmer 400 stupňov.

Obr. 6.34 Solárne korytá

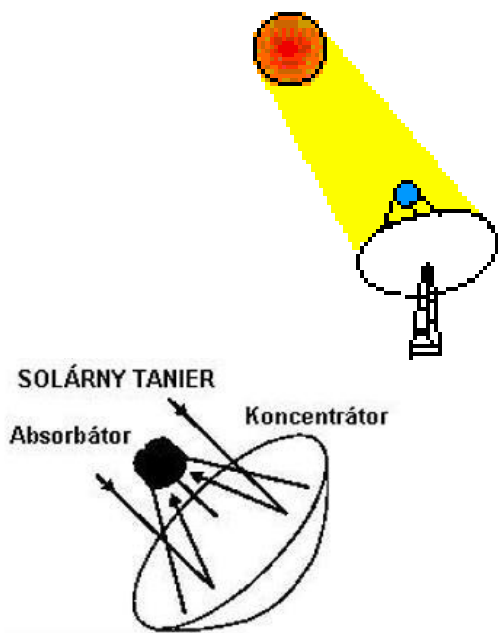


Zdroj: F. Vranay

Kolektory koncentrujúce – solárne taniere

Systémy využívajú sústavu parabolických zrkadiel v tvare tanierov (podobných satelitným anténam), ktoré koncentrujú slnečné žiarenie do absorbátora umiestneného v ohnisku taniera. Kvapalina v absorbátore sa zohrieva až na 1000 stupňov Celzia a je využívaná priamo na výrobu elektriny v malej turbíne (napr. v Stirlingovom motore) pripojenej k absorbátoru.

Obr. 6.35 Solárne parabolické taniere

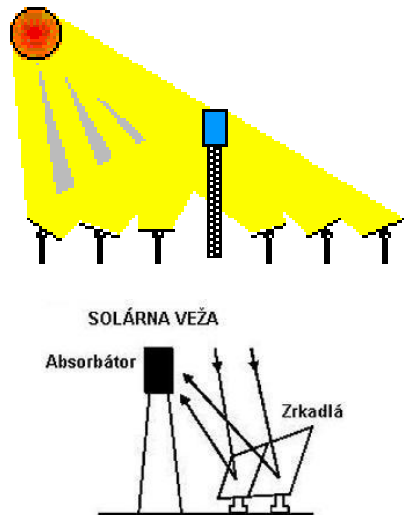


Zdroj: F. Vranay

Kolektory koncentrujúce – solárne veže

Solárne veže využívajú kruhové pole osadené veľkými zrkadlami natáčanými smerom k Slnku a koncentrujúcimi lúče do ohniska centrálnej veže. Absorbované teplo sa odovzdáva kvapaline, z ktorej sa v parogenerátore vyrába para poháňajúca turbínu vyrábajúcu elektrinu. Natáčanie je riadené počítačom. Teploty, ktoré sú dosahované v absorbátore sa pohybujú od 538 do 1482 stupňov Celzia.

Obr. 6.36 Solárne veže



Zdroj: F. Vranay

6.5.2 Systémy so slnečnými kolektormi

Rozdelenie slnečných systémov s kolektormi

Podľa spôsobu odovzdávania energie :

- S priamym odovzďavaním tepla
- Do zásobníka s akumuláciou
- Do kvapaliny
- Do tuhej hmoty (náplň z kameniva u vzduchových kolektorov)
- Do látky so zmenou skupenstva

Podľa teplotnej látky :

- Vodné systémy
- Vzduchové systémy

Podľa časového využitia:

- Sezónny ohrev vody
- Pre celoročný ohrev teplej vody
- Pre podporu vykurovania s krátkodobou akumuláciou tepla
- Pre podporu vykurovania s dlhodobou akumuláciou tepla

Použitie slnečných systémov s kvapalinovými kolektormi

Podľa spôsobu odovzdávania energie do akumuláčnej nádrže:

▪ Otvorený kolektorový okruh bez výmenníka

V kolektore v rúrkach a zásobníku prúdi kvapalina (voda).

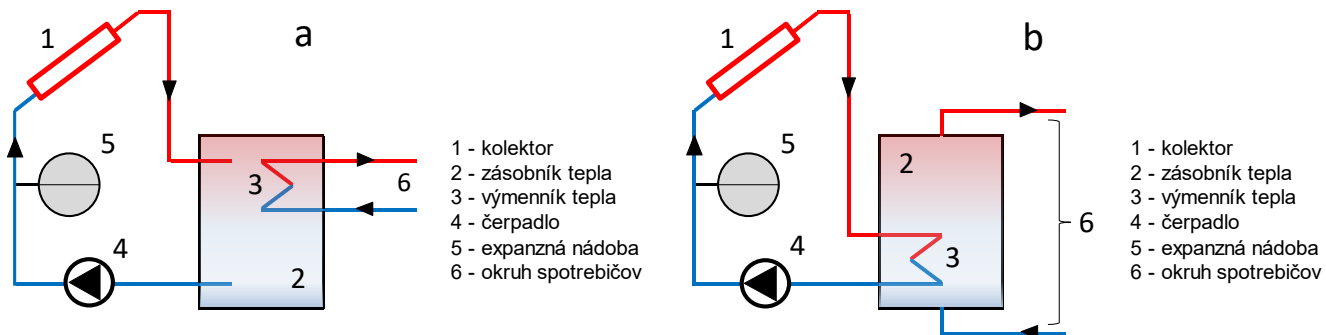
- Výhody
 - nie je potrebná drahá nemrznúca zmes.
- Nevýhody
 - nemožné využívať v zimných mesiacoch, je nutné systém vypustiť, čím sa chráni pred zamrznutím.

▪ Uzavretý kolektorový okruh (povrchovým výmenníkom)

V kolektore v rúrkach a výmenníku prúdi nemrznúca zmes (solaren, glykol, ...).

- Výhody
 - možná celoročná prevádzka
- Nevýhody
 - dodatočné náklady za nemrznúcu zmes
 - nemrznúca zmes má nižšie merné teplo ako voda, takže nie je schopná transportovať v rovnakom objeme také množstvo tepla
 - hustota nemrznúcej zmesi je vyššia ako u vody, preto je nutná väčšia čerpacia práca
 - postupná degradácia nemrznúcej zmesi, (životnosť kvapaliny cca 5 rokov), kvôli zníženiu nákladov za nemrznúcu zmes je oddelená od ostatnej kvapaliny výmenníkom, čím sa minimalizuje jej objem, nakoľko sa nenachádza v objeme zásobníka.

Obr. 6.37 Otvorený (a) a uzavretý (b) kolektorový okruh



Zdroj: F. Vranay

Podľa spôsobu cirkulácie kvapaliny v okruhu kolektorov:

▪ Prirodzená cirkulácia (samotiažou)

Kolektor je pod úrovňou akumuláčnej nádrže

- Výhody
 - Na cirkuláciu nie je potrebné čerpadlo
 - Pri oslnení kolektora sa voda v kolektore zahrieva, čím sa znižuje jej objemová hmotnosť. To spôsobuje samotiažový efekt, ktorý teplú vodu vytláča do zásobníka a ťažšiu studenú tlačí do kolektora. Čím je oslnenie intenzívnejšie, nastáva väčší teplotný rozdiel a následne

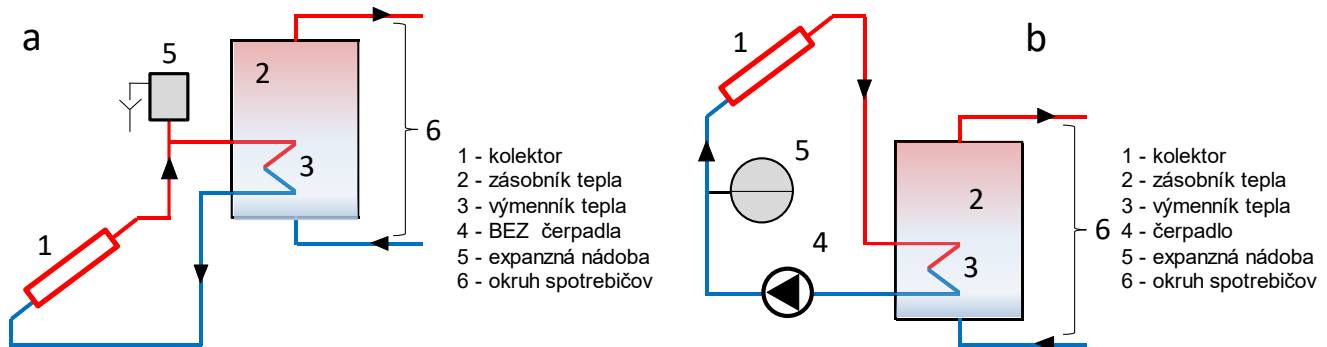
intenzívnejšia cirkulácia. Ak slnko neožaruje kolektor, voda v ňom vychladne a cirkulácia sa automaticky zastaví

- Bezporuchová prevádzka
- Nie je potrebná elektronická regulácia
- Nevýhody
 - Poloha zásobníka musí byť vyššie ako kolektory, čo je niekedy problém zabezpečiť
 - Zásobník s vodným objemom má vysokú hmotnosť, čo spôsobuje problémy so statikou a spôsobom umiestnenia nádrže
 - Pre správnu funkciu samotiaže je nutné použiť potrubia s väčšími dimenziami
- Nútená cirkulácia (čerpádlom)

Poloha kolektorov a nádrží je ľubovoľná, cirkuláciu zabezpečuje obehové čerpadlo

 - Výhody
 - Vzhľadom k použitiu obehového čerpadla je možné použiť potrubia menšej dimenzie (spravidla kvôli agresívnej nemrznúcej zmesi sa používajú drahšie medené potrubia)
 - Nevýhody
 - Potreba obehového čerpadla a elektrickej energie na prevádzku
 - Nutná elektronická regulácia spínania systému
 - Možná poruchovosť systému.

Obr. 6.38 Kolektorový okruh s prirodzenou cirkuláciou (a) a s nútenou cirkuláciou (b)



Zdroj: F. Vranay

Podľa celkovej koncepcie ohrevu je systém:

- Monovalentný (jediný zdroj sú slnečné kolektory)
 - Výhody
 - Jediný zdroj, lacný systém
 - Jednoduchá regulácia
 - Nevýhody
 - Nestabilná dodávka energie v prípade solárneho systému
- Kombinovaný bivalentný (dva zdroje)

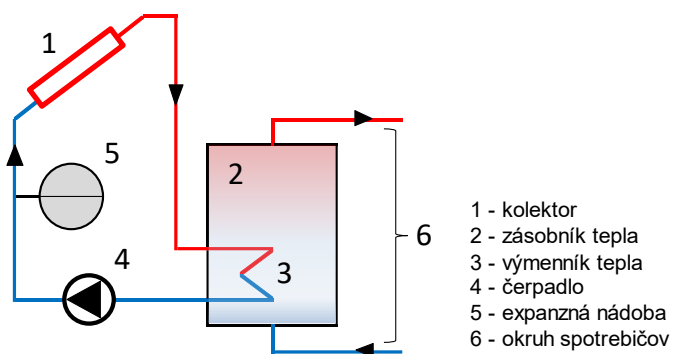
Bez ohľadu na to ktorý je hlavný zdroj (dodáva viac energie do systému) je podstatné umiestnenie pripojenia zdrojov do zásobníka. Odber tepla kvôli vrstveniu teploty vody v zásobníku je z hornej časti kde je voda najteplejšia. Zásada je pripájať prevádzkovo najlacnejší zdroj na spodnú časť (solár), kde je voda najchladnejšia a tým sa zvyšuje účinnosť výroby tepla v solárnom systéme. Ak solár nepostačuje, ohrieva sa len horná časť zásobníka bivalentným zdrojom (tepelné čerpadlo, kotol, elektrická špirála, ...)

- Výhody
 - Maximálne využitie lacného zdroja solárneho systému
 - Chýbajúca energia sa dopĺňa z bivalentného zdroja
- Nevýhody
 - Nároky na reguláciu
- Kombinovaný trivalentný (tri zdroje)

Platia rovnaké zásady pripojenia, podľa prevádzkových nákladov na výrobu tepla. Prevádzkovo najlacnejší je solár pripojený dole, vyššie napr. tepelné čerpadlo, a na najvyššie kotol, alebo elektrická špirála.

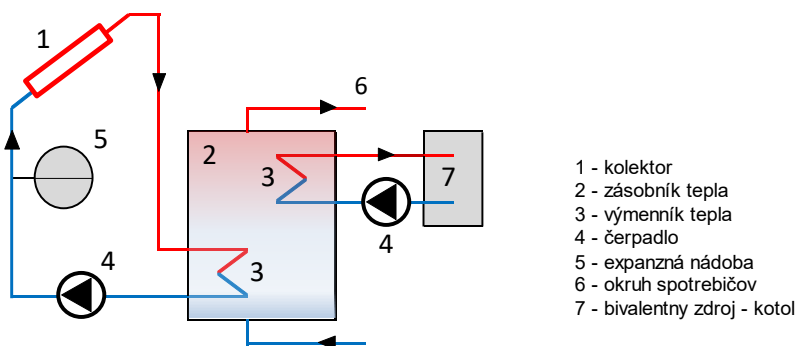
 - Výhody
 - Maximálne využitie lacného zdroja solárneho systému
 - Chýbajúca energia sa dopĺňa z ďalších zdrojov
 - Pripájanie zdrojov podľa aktuálnej výhodnosti
 - Nevýhody
 - Nároky na reguláciu
 - Náklady na realizáciu.

Obr. 6.39 Monovalentný systém



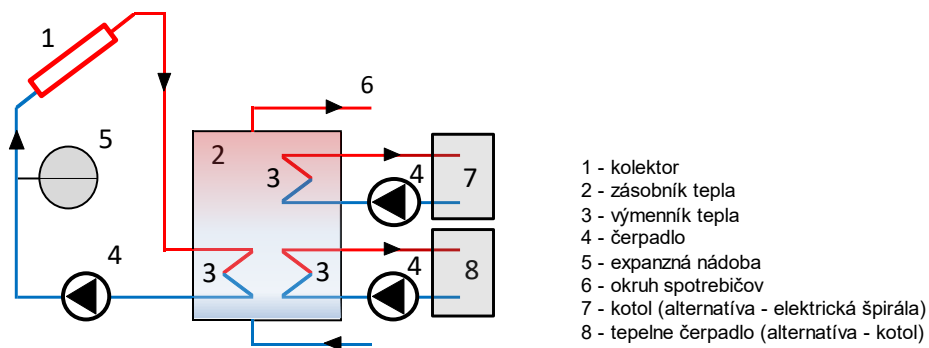
Zdroj: F. Vranay

Obr. 6.40 Bivalentný systém



Zdroj: F. Vranay

Obr. 6.41 Trivalentný systém



Zdroj: F. Vranay

Obr. 6.42 Hlavné prvky systému solárnych kolektorov



Legenda: a – kolektor, b-výmenník tepla, c-čerpadlo, d-expanzná nádoba, e-zásobník

Zdroj: F. Vranay

Použitie slnečných systémov s kvapalinovými kolektormi

Solárny systém na prípravu teplej vody

Solárny systém je vhodný na prípravu teplej vody hlavne v letných mesiacoch, kedy je vysoký tepelný zisk. Spôsoby ohrevu teplej vody sú schematicky znázornené na obrázkoch 6.31 až 6.35.

- Výhody
 - Využitie lacného tepla zo solárneho systému
 - Dlhá životnosť solárnych systémov
- Nevýhody
 - Nerovnomerný zisk a dodávka tepla
 - Nutnosť doplniť o bivalentný zdroj na výrobu chýbajúcej energie
 - Pri nesprávnom návrhu, alebo výpadku odberu nutnosť likvidácie prebytočnej získanej energie
 - Nároky na reguláciu

Spôsob návrhu solárneho systému na predohrev teplej vody pre administratívnu budovu

- Definovanie odberového diagramu
- Výpočet solárnych ziskov pre parametre ohrevu teplej vody
- Návrh veľkosti kolektorovej plochy
- Návrh akumulácie tepla

Zásady návrhu solárneho systému na ohrev teplej vody, pri zanedbaní kolísania teploty studenej vody počas roka

- Optimálne navrhnutý monovalentný systém zabezpečí pokrytie (úspora) cca 60% tepla za rok na ohrev TV chýbajúce teplo dohrejete bivalentný zdroj
- Plocha kolektorov 1,5 - 2 m² kolektora na osobu
- Spotreba vody 40 - 50 litrov na osobu/deň
- Teplota TV 45 - 50°C
- Objem solárnej akumuláčnej nádrže = (spotreba vody l/osobu,den x 2,5), príklad (45 x 2,5 = 112,5 l/osobu)
- Energetické straty závisia od spôsobu akumulácie a distribúcie (cirkulačné straty) z=0,2–0,5
- Pre potreby výpočtu uvažujeme s 1 osobou. Pri inom počte je potreba súčinom počtu osôb

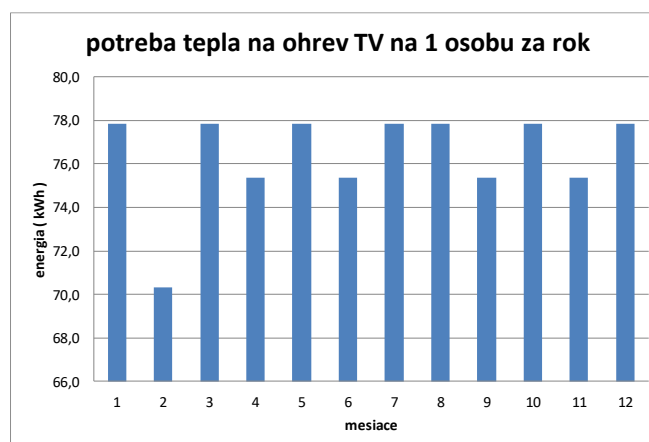
POZOR

- Pri predimenzovanej ploche kolektorov v lete nastáva prebytok tepelnej energie, môže spôsobiť prehriatie (vrenie) vody čo sa považuje za havarijný stav, ak sa vhodne neeliminuje
- Pri malom akumuláčnom zásobníku sa voda prehreje na vysokú teplotu s malým objemom, solár má výrazne nižšiu účinnosť výroby tepla, a dôsledkom je nedostatočné množstvo teplej vody
- Pri predimenzovanom akumuláčnom zásobníku je teplota v zásobníku nízka, čo má za následok potrebu dohrevu pomocou bivalentného zdroja s nákladnejšou prevádzkou

Obr. 6.43 Parametre pre výpočet potreby tepla na ohrev teplej vody

pocet osob	PO	1	[-]
potreba vody na osobu	$V_{TV,os}$	45	[litre/deň]
celkova potreba vody	V_{TV}	0,045	[m ³ /deň]
teplota studenej vody	θ_1	10	[°C]
teplota ohriatej vody	θ_2	50	[°C]
koeficient energ. strát	z	0,2	[-]
merna hmotnosť TV	ρ	1 000	[kg/m ³]
merna tep. Kapacita TV	c	4,186	[kJ/(kg.K)]
denna spotreba tepla	$Q_{TV,den}$	2,512	[kWh]

$$Q_{TV,den} = (1+z) \cdot (\rho \cdot c \cdot V_{TV} \cdot (\theta_2 - \theta_1)) / 3600$$



Zdroj: F. Vranay

Solárny systém na podporu vykurovania AB:

Solárny systém na podporu vykurovania je vhodný len v prípadoch, keď letné prebytky je kde využiť.

- Výhody
 - Využitie lacného tepla zo solárneho systému
 - Dlhá životnosť solárnych systémov
 - Využitie v kombinácii s ohrevom teplej vody
- Nevýhody

- V zimných mesiacoch veľmi nízky zisk tepla zo solárnych panelov (nízka úroveň žiarenia, krátke doby slnečného svitu)
- Veľmi nízka účinnosť solárneho systému v zime
- Nutnosť doplniť o bivalentný zdroj na výrobu chýbajúcej energie
- Sneženie a námraza zakrýva solárne panely, problém s odstraňovaním
- Potreba umiestnenia letných prebytkov energie
- Nároky na reguláciu

Spôsob návrhu solárneho systému na podporu vykurovania pre administratívnu budovu

- Definovanie odberového diagramu
- Výpočet solárnych ziskov pre parametre vykurovania
- Návrh veľkosti kolektorovej plochy
- Návrh akumulácie tepla
- Spôsob využitia letných prebytkov energie

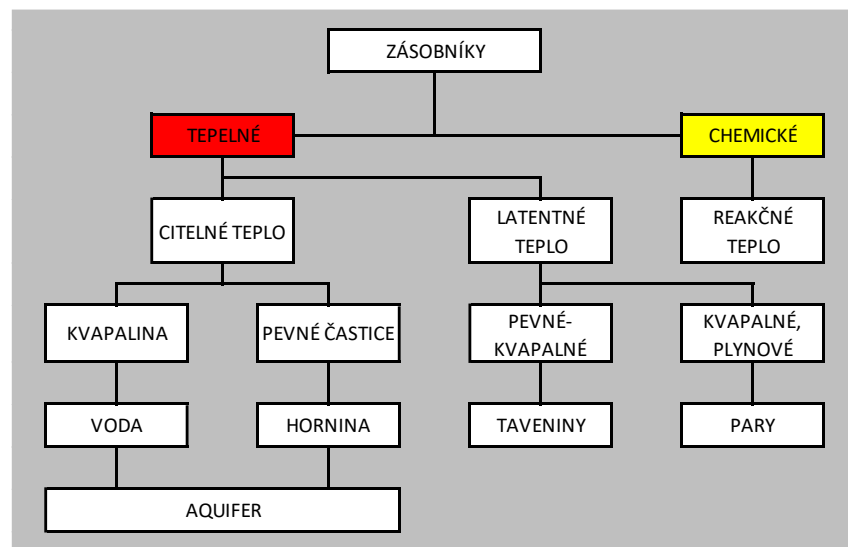
Solárne zásobníky

Solárne zásobníky sú zariadenia na uskladňovanie energie pre odber v inom časovom období ktoré sa líši od obdobia výroby energie.

Základné kritériá pre zásobníky tepla:

- Hustota akumulácie tepla a súvisiaca veľkosť
- Účinnosť (straty, exergia)
- Cena
- Životnosť
- Bezpečnosť
- Ekológia

Obr. 6.44 Rozdelenie zásobníkov podľa spôsobu akumulovanej energie



Zdroj: F. Vranay

Rozdelenie zásobníkov podľa časových parametrov akumulácie:

- Krátkodobé zásobníky (denné, viacdenné) využívajú sa pre akumuláciu zo dňa na noc,
- Dlhodobé zásobníky dlhodobo (rádovo mesiace) uchovávajú solárne zisky pre využitie v inom ročnom období

Podľa typu zásobníkov:

- Akumulačné bez teplovýmennnej plochy
- Monovalentné s 1 teplovýmennou plochou
- Bivalentné s 2 teplovýmennými plochami
- Multivalentné s viacerými teplovýmennými plochami

Podľa tlaku vody:

- Tlakové zásobníky nutný expanzný systém
- Netlakové nutné oddeliť od ostatných systémov cez výmenník tepla

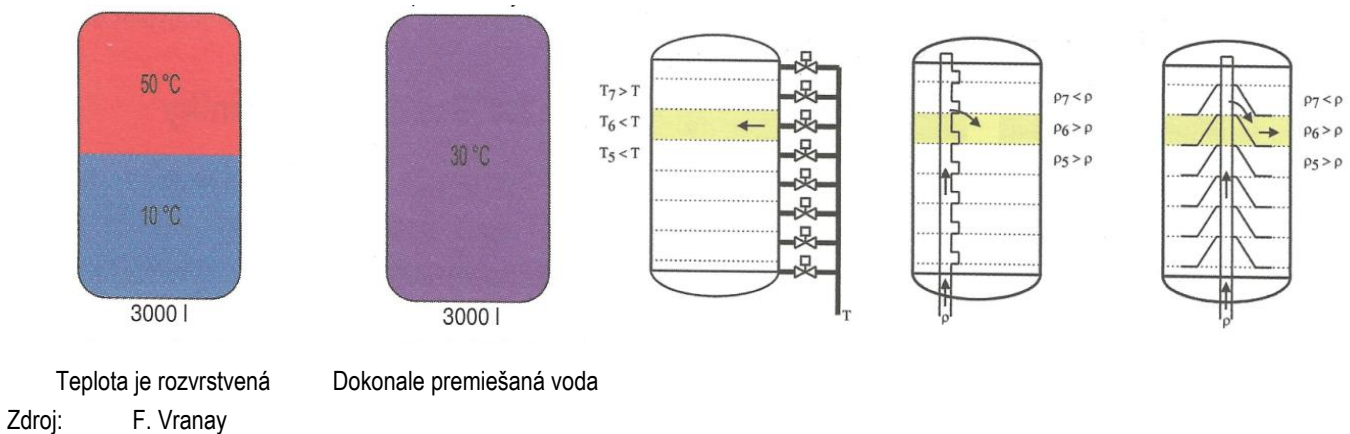
Podľa účelu použitia:

- Zásobník teplej vody podlieha požiadavkám na hygienu teplej vody
- Zásobník vykurovacej vody akumulujú tepelnú energiu
- Kombinované pre ohrev TV aj pre vykurovanie

Podmienky účinnej akumulácie – vrstvenie vody v zásobníku

Akumulácia tepla v zásobníku je za účelom prípravy energie pre odber. V oboch zásobníkoch je rovnaké množstvo energie. V prvom je teplota vody 50°C postačujúca priamo na odber. V druhom prípade teplota je nízka a pre zabezpečenie požadovanej kvality vody je nutné vodu dohrievať iným zdrojom. Pre optimálne vrstvenie teploty vody v zásobníku je vhodné použiť zásobníky štíhle a vysoké, alebo so špeciálnym systémom ktorý vnútornou konštrukciou systémom rúr a prepážok zabezpečí vrstvenie teploty vody.

Obr. 6.45 Porovnanie rôznych systémov zapojenia zásobníkov tepla





Zdroj: F. Vranay

6.5.3 Fotoelektrická premena

Fotovoltaika

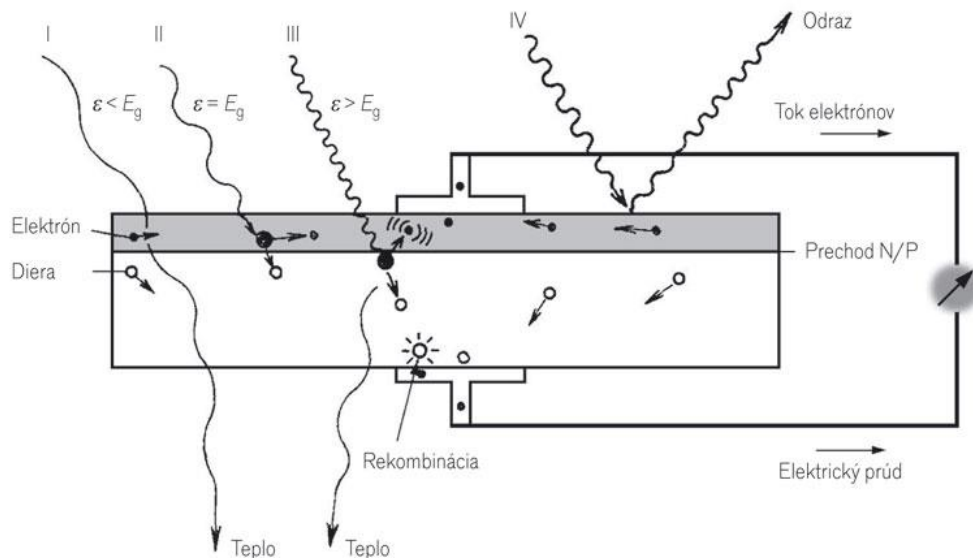
Fotovoltaika znamená priamu premenu slnečnej energie na elektrinu. Slnečné žiarenie nám neposkytuje len teplo, ale je ho možné využiť aj na výrobu elektrickej energie. Fyzikálny proces, ktorý to umožňuje sa nazýva fotovoltický jav a zariadenia využívajúce tento jav sa nazývajú fotovoltické články - tie priamo premieňajú slnečné žiarenie na elektrickú energiu. Z hľadiska ochrany životného prostredia sa jedná o mimoriadne čistý - bezodpadový zdroj energie, pri využívaní ktorého nevznikajú žiadne škodlivé emisie, hluk, a ktorý nesprievádzajú žiadne riziká vyplývajúce z ich prevádzky. A predovšetkým Slnko ako zdroj je z pohľadu ľudských potrieb nevyčerpatelný.

História fotovoltaiky

Fotovoltaika (FV) je výraz odvodený z gréckeho slova "photos" (svetlo) a názvu jednotky napätia – volt podľa talianskeho fyzika Alessandra Volta. Vývoj slnečných článkov má za sebou relatívne dlhú históriu siahajúcu až do roku 1839, kedy mladý francúzsky fyzik Alexander Edmund Becquerel objavil fotovoltický jav pri experimentovaní s kovovými elektródami ponorenými v elektrolyte. Prvý fotovoltický článok, v tuhej fáze bez nutnej potreby elektrolytu, vyvinuli Adams a Day v roku 1887. V roku 1883 americký elektrikár Charles Edgar Fritts skonštruoval selénový solárny článok. Článok mal účinnosť premeny svetla na elektrinu 1% až 2% (takéto selénové články sa používajú ešte aj dnes v senzoch rôznych kamier). V roku 1904 fyzikálne fotovoltaiku popísal Albert Einstein a v roku 1921 mu bola za „prácu pre rozvoj teoretickej fyziky, obzvlášť objav zákona fotoelektrického efektu“ udelená Nobelova cena. V roku 1930 nemecký fyzik Walter Schottky teoreticky objasnil princíp fotovoltického javu. Russell S. Ohl si nechal v roku 1946 patentovať kremíkový fotovoltický článok v USA. S objavením tranzistoru v roku 1947, kde hlavným prvkom bolo použitie kremíka, sa položili skutočné základy pre vývoj solárnych článkov na premenu slnečnej energie na energiu elektrickú. V roku 1950 bol Czochralskim vyvinutý spôsob výroby vysoko čistého – polovodičového kremíka. V roku 1954 Bell Telephone Laboratories vďaka Czochralského metódy vyrobili kryštalický kremíkový fotovoltický článok s účinnosťou 4%, ktorá neskôr vzrástla na 11%. O sedem rokov neskôr od objavenia tranzistoru, skúsenosti a vedomosti o kremíku získané pri výrobe tranzistorov položili pevné základy pre vývoj solárnych článkov, ktoré sa ako prvé začali využívať pre kozmické účely. V tomto období bola cena fotovoltických článkov príliš vysoká, ale v kozmickom programe cena nehrala žiadnu zásadnú úlohu, keďže fotovoltické články boli jediným spôsobom, ako získať elektrickú energiu vo vesmíre. V roku 1958 bol v americkom vesmírnom satelite Vanguard inštalovaný malý rádiový vysielateľ s výkonom 1 Watt napájaný kremíkovým solárnym článkom. Od tohto obdobia vesmírny program zohráva veľkú úlohu vo výskume a samotnom vývoji fotovoltických článkov. V sedemdesiatych rokoch minulého storočia sa začali uplatňovať solárne fotovoltické články aj v bežných prevádzkach, vďaka poklesu cien jednotlivých solárnych zariadení. V období prvej

veľkej ropnej krízy (1973-74) a bezprostredne po nej sa viacero krajín začalo zaoberať otázkou, ako sa zbaviť závislosti na rope. Následne sa do vývoja a výroby fotovoltaických článkov začali investovať nemalé finančné prostriedky, čo malo za následok inštalovanie viac ako 3100 systémov na výrobu elektriny len v USA. Viaceré z týchto systémov pracujú dodnes.

Obr. 6.47 Schéma premeny slnečného žiarenia na elektrickú energiu



Zdroj: F. Vranay

Princíp výroby elektrickej energie pomocou fotovoltaiky

Princíp spočíva v tom, že fotón dopadajúci na polovodičovú štruktúru s PN prechodom excituje elektrón a vytvorí tak dva nositeľa elektrického prúdu: voľný elektrón a diera. Solárne články sa skladajú z dvoch kremíkových vrstiev. Horná vrstva kremíka je polovodič typu N (vodivosť sprostredkujú elektróny), dolná vrstva kremíka je polovodič typu P (vodivosť sprostredkujú tzv. diery). Keď do blízkosti PN prechodu prenikne fotón, dôjde k fotoefektu a uvoľnené elektróny začnú prechádzať do hornej vrstvy. Elektróny v spodnej vrstve začnú preskakovať z jedného atómu na druhý, aby zaplnili prázdne miesta. Voľné elektróny v hornej vrstve sa odvádzajú z článku do elektrického obvodu, do ktorého je solárny článok vsadený. Takto vzniká v obvode elektrický prúd počas doby, kedy na solárny článok dopadá svetlo. Elektrická energia sa týmto spôsobom vyrába nehlučne, bez akýchkoľvek pohyblivých súčastí a bez vedľajších produktov. Fotovoltaický systém pracuje automaticky, bez obsluhy a veľkých nárokov na údržbu.

Fototerálna konverzia je založená na odoberaní tepelnej zložky slnečného žiarenia. Je to najjednoduchší spôsob premeny. Deje sa v zariadeniach:

- Fotoelektrická premena
- Termoelektrická premena
- Termoemisná premena
- Palivové články
- Slnečné elektrárne

Generačný vývoj fotovoltaických článkov

Prvá generácia

Táto generácia sa vyznačuje použitím monokryštalického kremíka na výrobu fotovoltaických článkov. Fotovoltaické články vyrobené na báze kremíka sú v súčasnej dobe najviac používanými a predávanými na trhu, vďaka ich dobrej účinnosti premeny energie (až do 24 %) a stabilného výkonu. Ich veľkou nevýhodou je použitie veľmi čistého, a tým pádom drahého kremíka.

Druhá generácia

Použitie drahého kremíka vo fotovoltaických článkoch prvej generácie bolo impulzom pre zníženie výrobných nákladov použitím tenkovrstvových článkov. Články druhej generácie sa vyznačujú použitím až 1000 krát tenšej aktívnej absorpčnej polovodičovej vrstvy (thin-film). Najbežnejšie články sa vyrábajú z mikrokryštalického, polykryštalického a amorfného kremíka. Hlavnou nevýhodou druhej generácie fotovoltaických článkov je ich nízka účinnosť (pod 10 %) a menšia stabilita výkonu, kedy účinnosť klesá s časom používania. V súčasnej dobe sa používajú flexibilné materiály, ktoré umožňujú širšie použitie fotovoltaických článkov od fotovoltaických fólií až po autonómne nabíjacie zariadenia.

Tretia generácia

Fotovoltaické články sa vyznačujú tým, že k separácii nábojov a na maximalizáciu počtu absorbovaných fotónov sa používajú iné metódy a materiály ako polovodiče. Sú to napríklad fotoelektrochemické (fotogalvanické) články, polymérne články, nanoštruktúry vo forme uhlíkových nanotrubičiek alebo nanotyčíniek. Zatiaľ jediným komerčne fungujúcim článkom tretej generácie sú viacvrstvé solárne články (dvojvrstvé alebo trojvrstvé), ktoré využívajú p-i-n prechod na absorbovanie určitej časti spektrálneho slnečného žiarenia a maximálnej možnej miere sa využije energetická využiteľnosť fotónu. Vo všeobecnosti majú tieto články problém s nízkou účinnosťou a stabilitou výkonu.

Materiály fotovoltaických článkov

Najčastejšie použitie polovodičových materiálov je v diódach, tranzistoroch, a tak ďalej. Polovodiče sa stali neoddeliteľnou súčasťou slnečného priemyslu. O ich vhodnosti na výrobu fotovoltaických článkov rozhoduje predovšetkým šírka zakázaného pásma energií, ktorá by sa mala pohybovať v rozmedzí od 1,1 eV do 1,7 eV. Ďalšími dôležitými vlastnosťami sú vysoká pohyblivosť a dlhá životnosť minoritných nosičov náboja.

Kremík (Si) – Najbežnejšie a najdlhšie používaný materiál na výrobu fotovoltaických článkov. Kremík patrí medzi najčastejšie sa vyskytujúce prírodné materiály na zemi. Napriek tomu sa na výrobu fotovoltaických článkov využíva iba jedno percento z dostupného množstva kremíka. Na samotnú výrobu článkov sa kremík používa vo viacerých podobách.

Monokryštalický kremík – Najstarší používaný materiál na výrobu fotovoltaických článkov využívaných v praxi. Na začiatku články dosahovali iba 6% účinnosť. Na dlhšiu dobu sa pokrok vo výskume pozastavil, dôvodom čoho bol vesmírny program. Kremík je aj v súčasnosti drahým materiálom, preto sa vedci snažili o využitie lacnejších materiálov a výskumu zvyšovania účinností sa venovala slabá pozornosť. V dnešnej dobe sa pokrok urýchlil aj v tejto sfére, čoho výsledkom bolo zvýšenie účinnosti na 18% v bežnej prevádzke. Samotný kremíkové monokryštalické články sa vyrábajú z ingotov polykryštalického kremíka vyrábaných pomocou Czochralského metódy. Ingoty sa následne narežú na tenké plátky o hrúbke 0,35 až 0,1 mm. Na povrch sa pridá vrstva fosforu, ktorá zabezpečí polovodičový PN prechod

Polykryštalický kremík – V dnešnej dobe sa tento materiál najčastejšie používa na výrobu fotovoltaických článkov. Samotná výroba je jednoduchšia ako pri monokryštalických článkoch, ale je tu nižšia celková účinnosť a nižší vyrobený prúd. Nižšia účinnosť je v dôsledku vyššieho odporu pri stykoch kryštálových zŕn. Výroba je založená buď na odlievaní článkov do foriem alebo rezaním ingotov.

Multikryštalický kremík – Odroda polykryštalického kremíka, ktorý dosahuje vyššiu účinnosť (do 14%) a je podstatne lacnejší ako monokryštalický kremík. Z dôvodu znižovania odporu pri stykoch jednotlivých kryštálov, je tu snaha o výrobu článkov použitím čo najväčších kryštálov.

Amorfny kremík – Tento materiál nemá kryštalickú štruktúru a po chemickej úprave s vodíkom, sa zlepšujú jeho vodivostné vlastnosti. Jeho výhodou je nízka cena a pri samotnej výrobe sa spotrebuje menšie množstvo tohto materiálu, vďaka vysokej pohltivosti slnečnej energie pri vrstvách tenších ako 1 mm. Nevýhodou amorfného kremíka je jeho nízka účinnosť premeny energie, ktorá sa pohybuje v rozmedzí 5% až 7%. Tenká vrstva fotovoltického článku vyrobeného z amorfného kremíka a jeho nízka cena predurčuje tento materiál na výrobu článkov do kalkulačiek [43]

Arzenid galitý (GaAs) – Fotovoltické články vyrobené na báze arzenu a gália majú výhodu v tom, že pri vyšších teplotách nestrácajú veľmi svoju účinnosť ako je to u kremíkových článkov. Pri koncentrácii slnečného žiarenia sa používa menšie množstvo GaAs bez zníženia jeho účinnosti. Vďaka tejto vlastnosti sa používajú pri koncentrátoroch. Medzi značné nevýhody patrí ich krehkosť, vzácnosť gália a jedovatosť arzenu.

Telurid kademnatý (CdTe) – Vyznačuje sa veľmi dobrou schopnosťou absorbovať slnečné žiarenie. Nie je možné ho však aplikovať na väčšie rozmery, pretože je to veľmi vzácny materiál v zemskej kôre. Uplatnenie tak získa v domácnostiach a drobnej elektrotechnike [16].

Sulfid kademnatý (CdS) – Fotovoltické články vyrobené zo sulfidu kademnatého sa nepovažujú za perspektívne, pretože tieto články majú nízku stabilitu. Pôvodne boli články navrhnuté pre kozmický priemysel, vďaka nízkej hmotnosti a pomerne jednoduchom získaní 10% účinnosti. Jedna z možných aplikácií sa naskytá pri zlúčení s teluridom kademnatým [43].

Pripojenie fotovoltických článkov

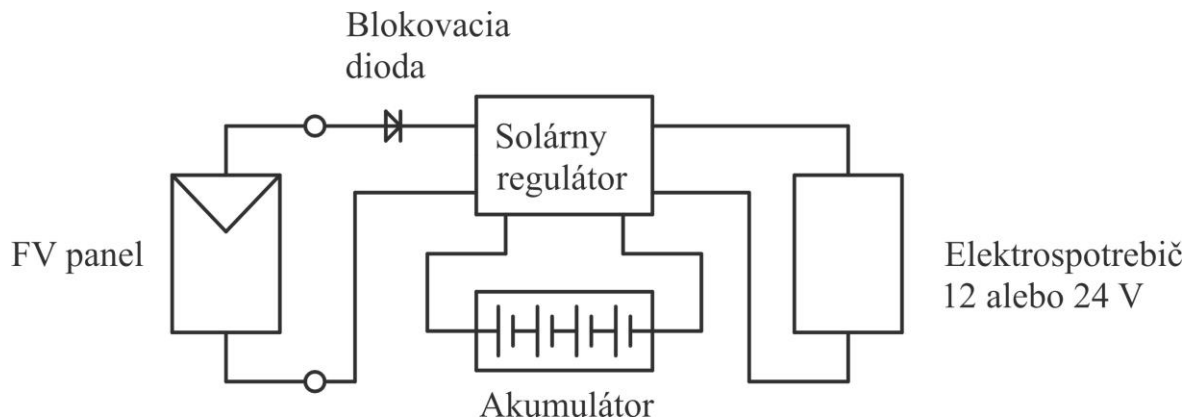
Z hľadiska aplikácie môžeme fotovoltické systémy rozdeliť na autonómne, hybridné a priamo napojené do elektrickej siete.

Autonómny systém (grid-off) – táto aplikácia FV systémov sa používa na miestach, kde nie je možné, alebo nie je vhodné sa priamo napojiť na elektrickú sieť. Autonómny systém môže byť s akumuláciou, alebo bez akumulácie elektrickej energie:

Autonómny systém s priamym napájaním – systém sa používa v menších aplikáciách, ktoré nie sú závislé na neustálom slnečnom žiarení, ako sú napríklad kalkulačky, hodinky, atď. V súčasnej dobe je veľký dopyt po malých prenosných nabíjačkách na mobility a počítače.

Autonómny systém s akumuláciou elektrickej energie – nutnou súčasťou systému je akumulátor, ktorý zabezpečuje naakumulovanie elektrickej energie vyprodukovanej zo slnečného žiarenia pre potreby, kedy nie je dostatok slnečného žiarenia a je vyššia spotreba energie (Obr.6.50).

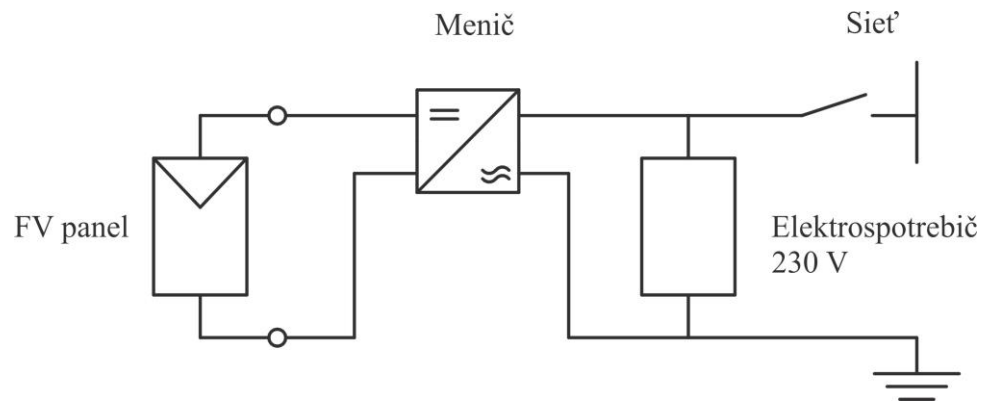
Obr. 6.48 Schéma autonómneho fotovoltického systému



Zdroj: F. Vranay

Priame pripojenie na elektrickú sieť (grid-on) – najviac využívaný systém pripojenia fotovoltických panelov. Široké uplatnenie tohto FV systému je v oblastiach, kde je dostatočné pokrytie elektrickou rozvodnou sieťou. Systém nepotrebuje žiaden akumulátor, pretože vyrobená elektrina sa buď priamo spotrebuje spotrebičmi v budove, alebo prebytočná vyrobená elektrická energia sa dodáva do elektrickej rozvodnej siete. Pri tomto zapojení sa dá očakávať návratnosť systému (Obr. 6.51).

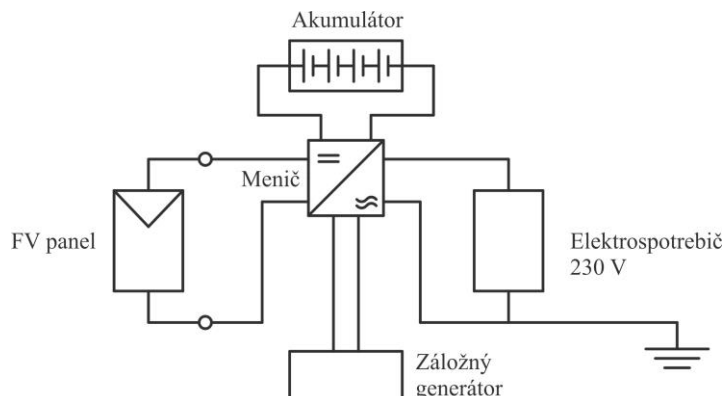
Obr. 6.49 Schéma priameho pripojenia fotovoltického systému do rozvodnej siete



Zdroj: F. Vranay

Hybridný systém – autonómny systém pripojenia, ktorého súčasťou je aj pomocný generátor. Za takýto generátor považujeme napríklad dieselaagregát, vodnú alebo veternú elektrárňu. Samotný systém sa vyznačuje zložitejšou reguláciou, čo je zapríčinené optimalizáciou všetkých energetických zdrojov (Obr.6.50).

Obr. 6.50 Schéma hybridného fotovoltaického systému [16]

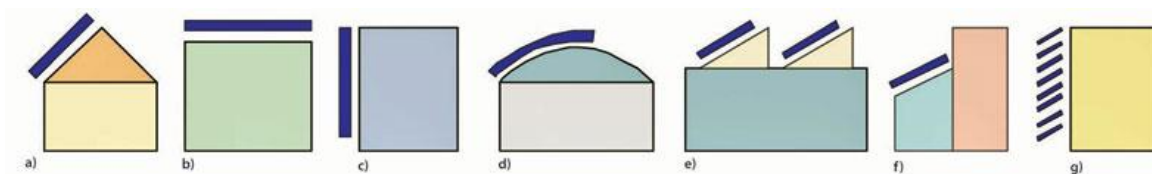


Zdroj: F. Vranay

Možnosti inštalácie fotovoltaických článkov

Inštalácia fotovoltaických modulov môže byť prevedená dvoma spôsobmi. Prvým spôsobom uchytenia panelov, ktorý sa vo väčšine prípadov používa pre strechy a fasády, je pevná inštalácia (nepohovateľná). Na nasledujúcom obrázku sú najčastejšie spôsoby začlenenia FV prvkov do budov (Obr. 6.53).

Obr. 6.51 Spôsoby začlenenia fotovoltaických prvkov do budov



a – šikmá strecha, b – plochá strecha, c – fasáda, d – tenkovrstvové FV systémy na veľké strešné plochy, e – priemyselné aplikácie, f – semitransparentné FV systémy pre átria a výplne otvorov, g – vonkajšie tieniace systémy

Zdroj: F. Vranay

Na základe stavebného, architektonického a funkčného vzťahu fotovoltaika – budova existujú tri hlavné kategórie opisujúce spôsob inštalácie FV panelov:

- FV panely v otvorenej polohe – prevažne FV panely, ktoré nesú rámové konštrukcie na plochých strechách – nízka miera integrácie,
- FV panely v tesnej blízkosti iných konštrukcií – FV panely ako súčasť fasádnych či strešných plášťov alebo fotovoltaické tieniace prvky a systémy – vysoká miera integrácie,
- FV panely na rozhraní vonkajšieho a vnútorného prostredia – najmä semitransparentná fotovoltaika ako súčasť výplne otvorov – maximálna miera integrácie.

Druhým spôsobom uchytenia panelov je tzv. polohovaná inštalácia. Táto inštalácia sa využíva najmä pre otvorené priestranstvá, kde sa zamedzí nežiaducemu tieneniu okolitých objektov. Výhodou polohovateľného systému oproti pevnej inštalácii je zvýšenie produkcie elektrickej energie až o 37 %. Poznáme dva základne druhy takýchto sledovacích fotovoltaických zariadení. Prvou možnosťou sú jednoosové sledovacie systémy, ktoré umožňujú sledovanie slnka po oblohe pomocou naklonenia panelov v jednom smere.

Druhou možnosťou je využitie dvojosových sledovacích systémov, ktoré sledujú polohu slnka na oblohe vo všetkých smeroch.

Obr. 6.52 Jednoosový sledovací systém



Zdroj: F. Vranay

Obr. 6.53 Dvojosový sledovací systém



Zdroj: F. Vranay

Účinnosť premeny fotovoltaických článkov

Účinnosť premeny (potenciálne dopadajúceho) svetla na fotovoltaický článok na elektrickú energiu je najdôležitejším parametrom článku. Na celkovú účinnosť má vplyv niekoľko parametrov:

- čistota na povrchu
- odrazy na povrchu
- uhol dopadu - použitie natáčania zvyšuje cenu, znižuje spoľahlivosť a je potrebné zvážiť, či energetický zisk vyrovná príkon a cenu natáčacej sústavy
- reflektivita povrchu - kvôli veľkému rozdielu indexov lomu na rozhraní vzduch/polovodič je potrebné použiť prispôbovaciú (antireflexnú) vrstvu (resp. sústavu vrstiev)
- úzka oblasť absorpcie - nosiče nábojov generované mimo oblasť priestorového náboja PN prechodu nie sú separované, rekombinujú, a neprispievajú k výslednému prúdu. Preto je dôležité, aby PN prechod bol umiestnený čo najbližšie k povrchu a aby bol čo najširší

- absorpčné spektrum - u polovodičov je pomerne úzke, t.j. časť dopadajúcich fotónov prejde polovodičom a časť je absorbovaná, avšak na generáciu elektrón-dierového páru sa využije len časť ich energie, zvyšok sa mení na teplo, ďalšia časť sa mení len na teplo. Pre zvýšenie účinnosti sa používa sústava vrstiev rôznych kompozitných polovodičov (s rôznou šírkou zakázaného pásma) a teda s viacerými PN prechodmi nad sebou
- rekombinácia fotogenerovaných nosičov - pre zníženie je potrebné použiť čisté monokryštalické polovodiče
- sériový odpor (spôsobuje ohmické straty) :
 - polovodiča - fotogenerované nosiče prechádzajú P a N vrstvou polovodiča ku kontaktom na povrchu, preto je dôležitá vysoká vodivosť najmä substrátu
 - kontaktov - priehľadné horné kontakty (okrem vyššej ceny) majú významný sériový odpor (a aj nezanedbateľnú reflektivitu), preto sa aj napriek strate časti povrchu používajú nepriehľadné hrebeňovité kontakty.

K celkovej účinnosti celej fotovoltaickej sústavy pristupujú ešte straty v prepojeniach medzi článkami, účinnosť výkonovej elektroniky (meniča) prípadne účinnosť ukladania a znovuzískania energie v akumulátoroch.

Výhody fotovoltaických systémov

- používajú sa ako prakticky nevyčerpatel'ný zdroj energie
- pri prevádzke nevznikajú žiadne emisie alebo iné škodlivé látky
- prevádzka je úplne bezhlučná, bez pohyblivých dielov
- jednoduchá inštalácia solárneho systému
- prevádzka zariadenia prakticky nevyžaduje obsluhu, ľahká elektronická regulácia
- zariadenia majú vysokú prevádzkovú spoľahlivosť [47,48].

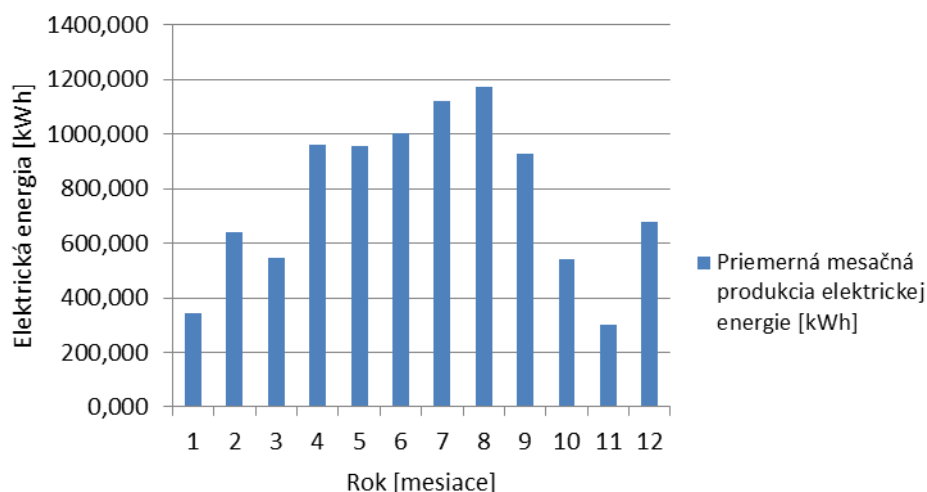
Nevýhody fotovoltaických systémov

- pomerne nízka priemerná ročná intenzita slnečného žiarenia
- krátka priemerná ročná doba slnečného svitu
- veľké kolísanie intenzity žiarenia v priebehu roka
- malá účinnosť premeny, a z toho plynúce nároky na plochu generátora
- vysoké investičné náklady na inštaláciu
- pomerne malá životnosť (20 rokov) v pomere k cene
- potreba záložného zdroja elektriny [47,48].

Výpočet produkcie elektrickej energie pomocou fotovoltaického systému pre administratívnu budovu

V našom prípade sa zameriame na simuláciu fotovoltaického systému, ktorý je už nainštalovaný na administratívnej budove. Tento systém obsahuje 40 fotovoltaických panelov s modulovým sklonom 36° od horizontálnej roviny a 13° odchýlkou od južnej strany smerom na západ. Pri tejto simulácii je možné následne potvrdiť správnosť fungovania výpočtového modelu, keďže tieto výsledky je možné porovnať s už nameranými hodnotami daného systému. Pri aplikácii výpočtového modelu sa zistili odchýlky vo výpočte, kedy sa pri mínusových vonkajších teplotách množstvo vyrobenej elektrickej energie neúmerne zväčšuje oproti hodnotám, ktoré sú v danom období predurčené. Dané odchýlky sú znázornené na nasledujúcom grafe. Po takomto zistení sa uvažovalo, ako upraviť výpočtový model tak, aby fungoval správne. Prišlo sa na jednoduché riešenie daného problému, kedy sa hodnoty vonkajšej teploty posunuli do kladných hodnôt, respektíve na nulovú teplotu. Vybrala sa najnižšia priemerná vonkajšia teplota. O rozdiel tejto vonkajšej teploty a nulovej teploty sa posunú všetky priemerné teploty smerom nahor.

Obr. 6.54 Priemerná mesačná produkcia elektrickej energie – pred úpravou



Zdroj: F. Vranay

Po zvolenej úprave sa hodnoty vypočítané pomocou výpočtového modelu dostali na úroveň, ktorá je predpokladaná na dané ročné obdobie.

V tabuľke sú rozpísané jednotlivé hodnoty, ktoré sú výsledkom simulácie fotovoltaického systému. Hodnota E_D nám udáva priemernú dennú hodnotu vyrobenej elektrickej energie a E_M je hodnota priemernej mesačnej vyrobenej elektrickej energie vďaka fotovoltaickému systému.

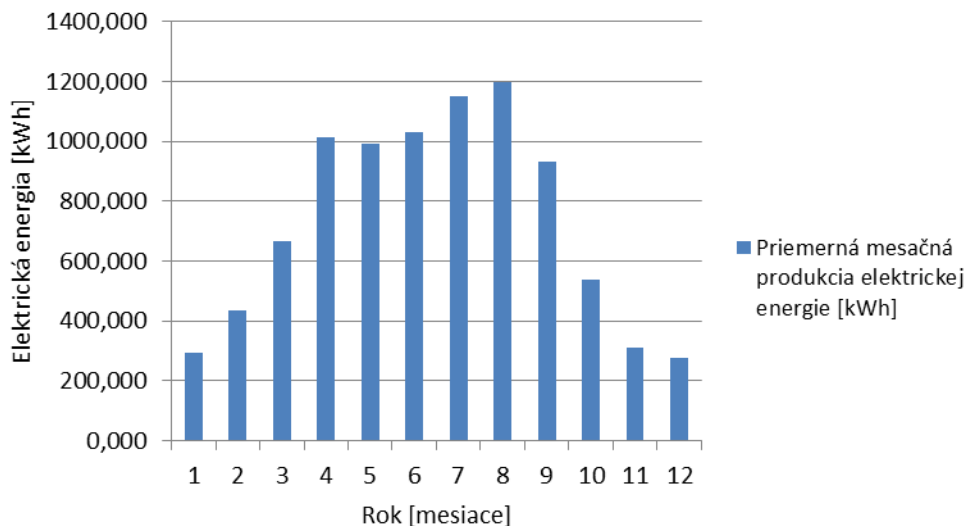
Tab. 6.1 Priemerné vypočítané hodnoty fotovoltaického systému

mesiac	dni	E_D [kWh]	E_M [kWh]	H_D [kWh/m ²]	H_M [kWh/m ²]
január	31	9,5247	295,265	1,1465	35,540
február	28	15,4988	433,966	1,9524	54,666
marec	31	21,5105	666,825	3,2892	101,964
apríl	30	33,7266	1011,797	4,9611	148,834
máj	31	32,0030	992,094	4,6432	143,939
jún	30	34,4124	1032,372	4,9538	148,614
júl	31	37,1413	1151,382	5,3051	164,457
august	31	38,6433	1197,942	5,4747	169,716
september	30	31,0887	932,662	4,3438	130,314
október	31	17,3186	536,878	2,3573	73,076
november	30	10,3819	311,457	1,3664	40,993
december	31	8,9786	278,336	1,0624	32,934
Ročný priemer		24,1857	736,748	3,4047	103,754
Celkovo za rok			8840,974		1245,048

Zdroj: F. Vranay

Grafické vyjadrenie číselných hodnôt z tabuľky je vykreslené v nasledujúcom obrázku. Podľa predpokladov sa najväčšie množstvo elektrickej energie vyrobí v letných mesiacoch júl a august a najmenej v zimných mesiacoch.

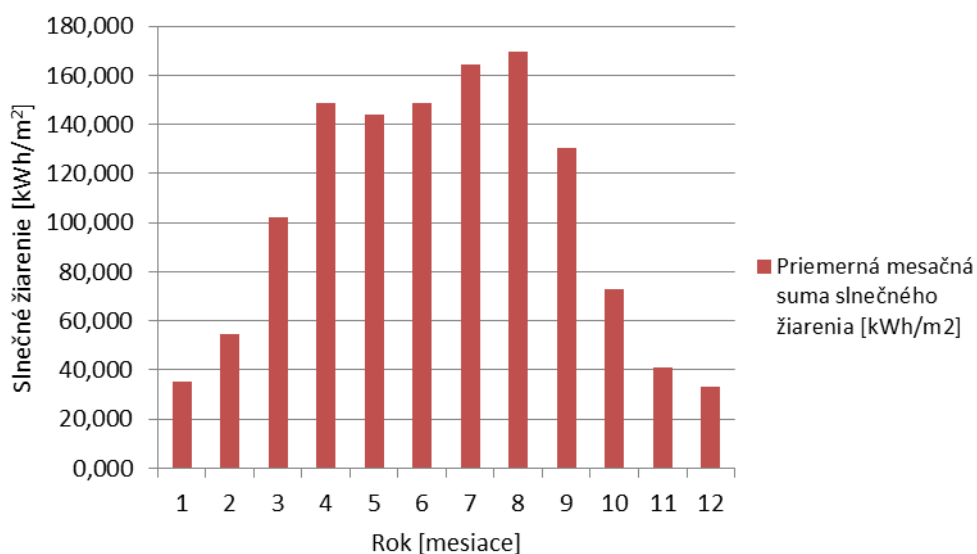
Obr. 6.55 Priemerná mesačná produkcia elektrickej energie



Zdroj: F. Vranay

Na ďalšom obrázku je naznačený priebeh priemerných vypočítaných hodnôt mesačného úhrnu slnečného žiarenia, ktoré dopadne na naklonenú oslnenú plochu 1 m².

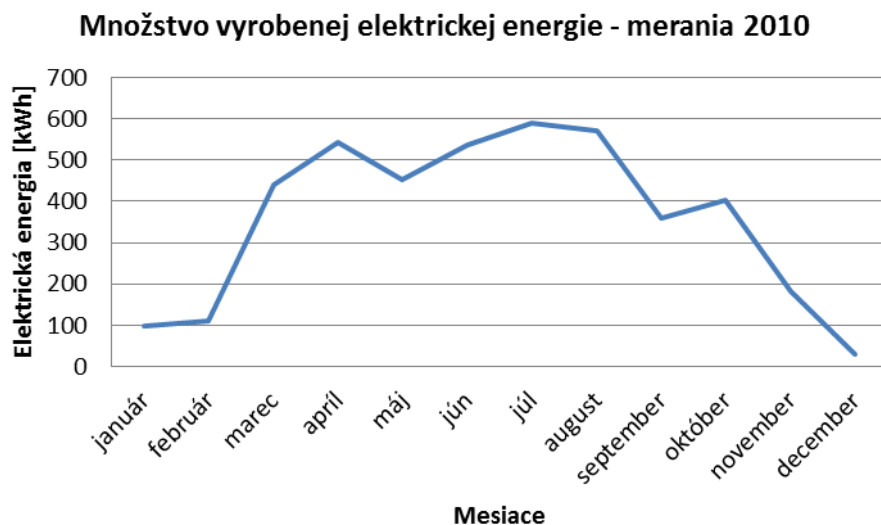
Obr. 6.56 Priemerná mesačná suma slnečného žiarenia



Zdroj: F. Vranay

V nasledujúcom grafe sú spracované namerané výsledky z fotovoltického systému osadeného v širšom centre mesta Košice. Merania prebiehali počas celého roku 2010. Jednotlivé merané údaje boli zaznamenané v 5 minútovom intervale. V grafe je vyznačený priebeh priemerných mesačných nameraných hodnôt.

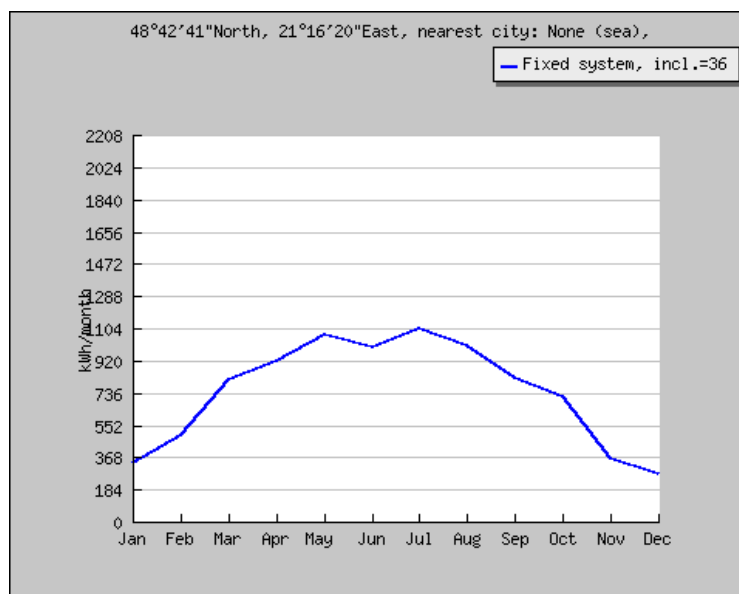
Obr. 6.57 Vyrobená elektrická energia – merania FVS



Zdroj: F. Vranay

V ďalšom grafe je vykreslená krivka množstva vyrobenej elektrickej energie, ktorá je výsledkom simulácie reálneho fotovoltického systému v programe PVGIS. Tento program je voľne dostupný na internete a v praxi je veľmi často používaný na spracovanie simulácií fotovoltických systémov.

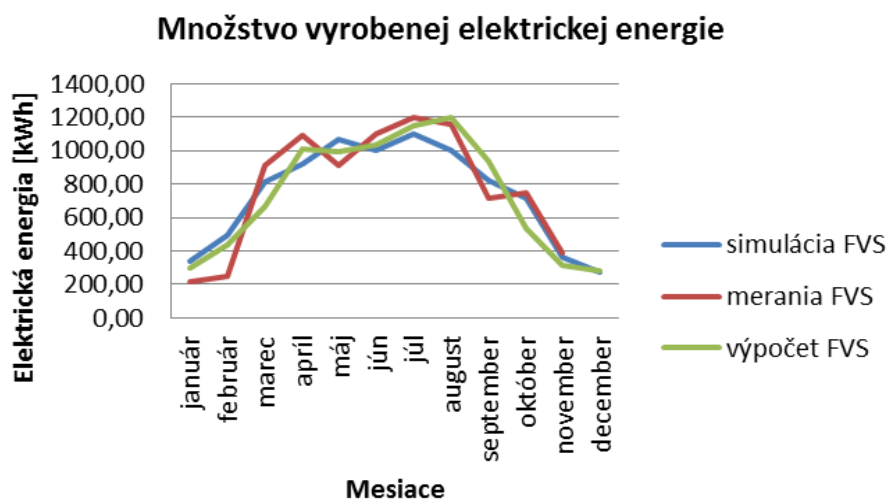
Obr. 6.58 Vyrobená elektrická energia – simulácie FVS



Zdroj: F. Vranay

Pri porovnaní týchto troch ročných grafov nám vychádzajú určité mesačné odchýlky, ale vo všeobecnosti sú tieto odchýlky zanedbateľné. V tomto smere je dôležitým faktorom výsledná ročná hodnota vyrobenej elektrickej energie. Je to z dôvodu nestabilnosti slnečného žiarenia, ktoré dopadáva na oslnenú plochu. Toto množstvo slnečného žiarenia sa môže meniť každú sekundu a preto je pre simuláciu podstatná priemerná mesačná, ako aj celoročná vyrobená elektrická energia.

Obr. 6.59 Porovnanie vyrobenej elektrickej energie



Zdroj: F. Vranay

Pri porovnávaní ročných nameraných údajov z inštalovaného fotovoltického systému s údajmi, ktoré boli nasimulované pomocou programu PVGIS, alebo nášho výpočtového modelu, dostávame potešujúce výsledky. Pri porovnaní nameraných ročných hodnôt a simulovaných pomocou PVGIS programu dostávame odchýlku 1,88 %. Ak porovnáme namerané hodnoty s výpočtovým modelom, dostaneme odchýlku iba 1,00 %. Takže môžeme tvrdiť že výpočtový model je vo svojej simulácii presnejší.

Tab. 6.2 Porovnanie výsledných hodnôt

	El. energia [kWh/rok]	Odchýlka [%]
Merania FVS	8752,505	-
Simulácie FVS	8920,000	1,88
Výpočty FVS	8840,974	1,00

Zdroj: F. Vranay

6.6 Energia prostredia – tepelné čerpadlá

Základnou koncepciou tepelných čerpadiel (ďalej TČ) je transformácia energie z nízopotenciálneho tepla na vyšší teplotný potenciál s možnosťou priameho využitia. Spravidla sa energia získava z obnoviteľného zdroja, alebo z odpadného tepla inak nevyužiteľného. Na túto transformáciu sa používa energia na pohon zariadenia, ktorá je výrazne nižšia, ako energia v tomto procese získaná. Z tohto dôvodu sa tepelné čerpadlá radia k alternatívnym zdrojom energie.

Typ TČ je určený druhom média, z ktorého sa energia získava a média, do ktorého sa energia transformuje:

- Voda / voda
- Zem / voda
- Vzduch / voda
- Vzduch / vzduch.

Vlastnosť TČ je rozlíšená pohonnou jednotkou a palivom, resp. energiou spotrebovanou v pohonnej jednotke.

- Kompresorové elektrické
- Kompresorové plynové
- Absorpčné
- Adsorpčné.

História tepelných čerpadiel

Základnú myšlienku princípu tepelného čerpadla vyslovil už v roku 1852 Lord Kelvin vo svojej druhej termodynamickej vete. Prvé tepelné čerpadlo zostrojil americký vynálezca Robert C. Webber v roku 1940, išlo však iba o náhodu. Pri experimentovaní s mraziacimi zariadeniami sa nechtiac dotkol výstupného zariadenia, ktoré ho popáľilo.

6.6.1 Princíp činnosti tepelných čerpadiel

Základnými časťami tepelného čerpadla sú výparník, kondenzátor, kompresor, expanzný ventil a vhodné chladivo. Tieto hlavné zariadenia umožňujú vďaka vloženému energii na pohon prečerpať energiu z primárneho zdroja na sekundárnu stranu. Na primárnej strane sa „vyrába“ chlad, na sekundárnej výstupnej strane teplo. Preto tepelné čerpadlo je možné používať v režime chladenia aj v režime vykurovania. Princíp činnosti je na uplatnení fyzikálnych zákonov.

Prvá veta termodynamická

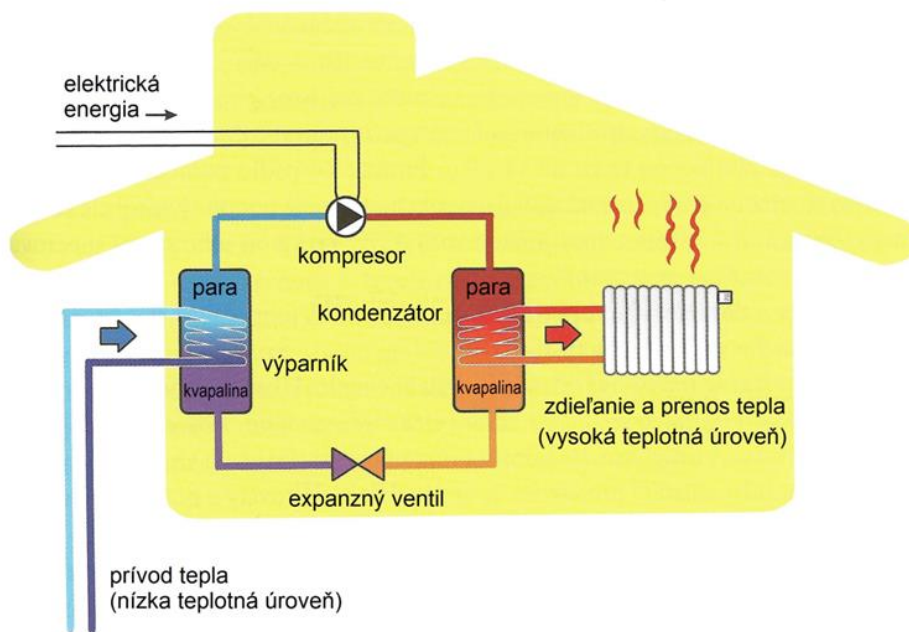
Množstvo energie v uzavretej sústave je konštantné. Energia môže byť premenená len na inú formu energie, ale nemôže dôjsť k jej strate, alebo nárastu.

Druhá veta termodynamická

Teplo sa prenáša len z prostredia s vyššou teplotou do prostredia s nižšou teplotou.

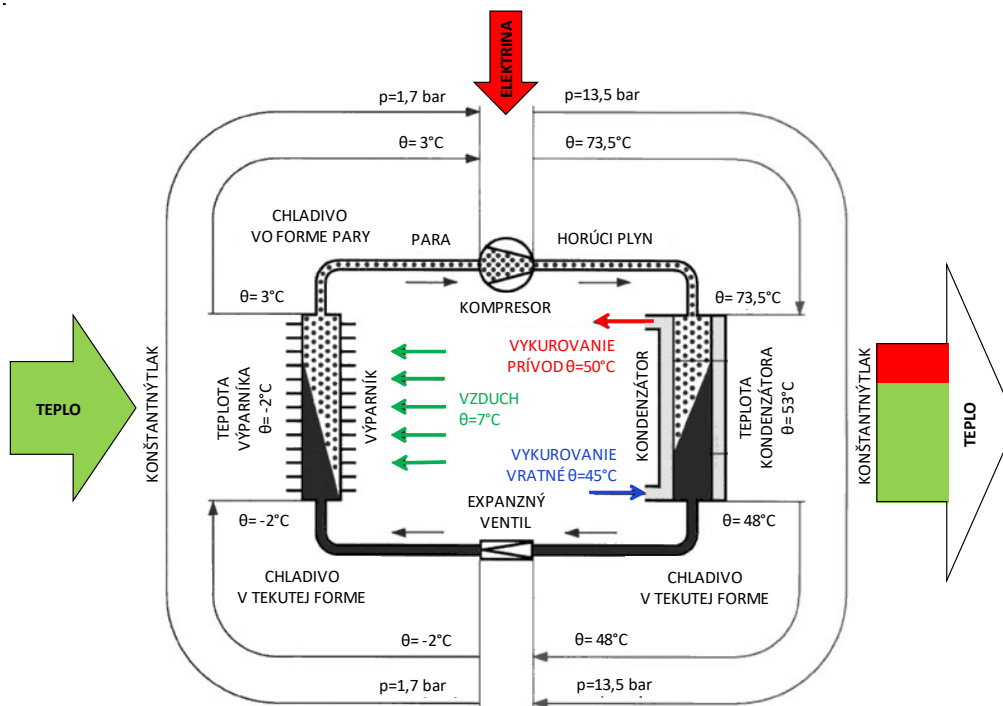
Práve druhá veta termodynamická je dôvodom, prečo na prenos tepla z chladnejšieho do teplejšieho prostredia je potrebné TČ. Na tento prenos je potrebné dodať do TČ energiu na pohon. Princíp všeobecne známy ako pracuje TČ je chladnička v domácnosti. Ochladzované potraviny sú prostredie, z ktorého čerpáme energiu pomocou výparníka. Na pohon chladničky slúži kompresor, ktorý potrebuje energiu na pohon (najčastejšie elektrinu). Zadná strana chladničky obsahuje kondenzátor, ktorý je pri činnosti teplý, pomocou ktorého sa odovzdá celková energia do prostredia v danom prípade miestnosti. Táto tepelná energia sa využíva pri prevádzke TČ na vykurovanie, ohrev médií, alebo iných zariadení.

Obr. 6.60 Princíp kompresorového tepelného čerpadla



Zdroj: F. Vranay

Obr. 6.61 Princíp funkcie tepelného čerpadla s definovaním stavov chladiacej zmesi



Zdroj: <https://scroll.in/latest/818250/european-union-approves-ratification-of-paris>

Na obrázkoch Obr.6.60 a 6.61 je schematicky vyjadrená činnosť TČ a toky energií v rámci pracovného cyklu. Podstatné pre samotnú činnosť je chladivo ktorým je plnený systém a práve ono pri cirkulácii svojimi skupenskými zmenami zabezpečuje možnosť prečerpávať energiu. Vlastnosti chladiva (teplota varu a teplota skvapalnenia pri určitých tlakoch) určujú pracovný rozsah TČ. Bežné prevádzkové teploty ochladzovaného prostredia na primárnej strane sú cca -20 až +25°C.

Chladivo vo výparníku pri odparovaní odoberá teplo z daného prostredia (vzduch $\theta=7$ °C). Ochladzovaným prostredím môže byť zem, voda, vzduch. Chladivo vo forme pary vstupuje do kompresora ($\theta=3$ °C a $p=1,7$ bar). Po stlačení sa výrazne zvýši tlak plynov a ich teplota ($\theta=73,5$ °C a $p=13,5$ bar). V kondenzátore prídu do kontaktu cez steny výmenníka s chladnejšou vykurovacou vodou ($\theta=50/45$ °C) čím plyny skondenzujú a odovzdajú svoju tepelnú energiu bez zmeny tlaku ($\theta=48$ °C a $p=13,5$ bar). Na sekundárnej strane sú teploty ohrievaného prostredia pri bežných TČ v rozsahu cca +25 až +55 °C. Expanzný ventil má za úlohu prepúšťať (vstrekovať) chladivo v kvapalnej forme do potrubia s výparníkom. Po znížení tlaku za expanzným ventilom sa zníži teplota a tlak ($\theta=-2$ °C a $p=1,7$ bar). Táto látka opätovne vstupuje do výparníka, kde zmenou na plynné skupenstvo odoberie z okolia teplo. Proces sa takto opakuje.

Najbežnejšie chladivá používané v tepelných čerpadlách sú R407C a R410A.

Tab. 6.3 Teplotné hodnoty bežne používaných chladív v TČ

označenie	názov	bod varu pri tlaku 1 bar (0,1 MPa)	teplota skvapalnenia pri 26 baroch (2,6 MPa)
R 12	Dichlorfluormetan	-30 °C	86 °C
R143a	1,1,1,2 + Tetrafluoretan	-26 °C	80 °C
R290	Propan	-42 °C	70 °C
R4040A	zmes fluorovaných uhľovodíkov	-47 °C	55 °C
R407C	zmes fluorovaných uhľovodíkov	-45 °C	58 °C
R410A	zmes fluorovaných uhľovodíkov	-51 °C	43 °C
R600A	Bután	-12 °C	114 °C
R717	Amoniak	-33 °C	60 °C
R744	CO ₂	-57 °C	-11 °C
T1070	Propen	-48 °C	61 °C

Zdroj: F. Vranay

6.6.2 Energetická efektívnosť tepelných čerpadiel

Energetická efektívnosť tepelných čerpadiel podľa COP

Pri transformácii tepla je energetická efektívnosť charakterizovaná výkonovým číslom. Označuje sa COP (z anglického „coefficient of performance“ = „výkonové číslo“, alebo tiež používaný „vykurovací faktor“) a vyjadruje pomer

$$COP = \frac{\text{vyrobená tepelná energia}}{\text{dodaná energia na pohon TČ}} = \frac{Q_t}{Q_e} \quad [-] \quad (6.1)$$

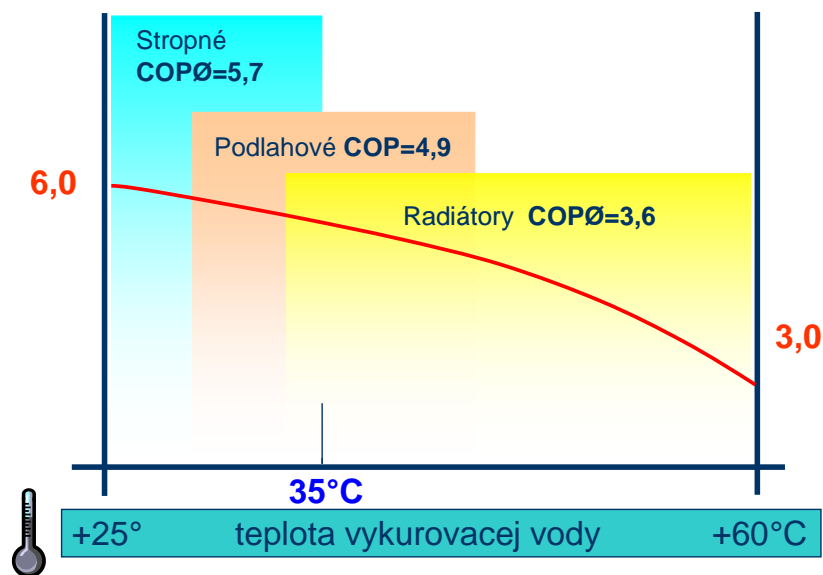
kde: podľa Obr. 6.62

Q_t vyrobená energia je nameraná meračom M2,

Q_e dodaná energia na pohon TČ je nameraná elektromerom E2.

Čím vyššia je hodnota COP, tým sme schopní získať viac užitočnej tepelnej energie na jednotku dodávanej pohonnej energie. TČ je teda energeticky účinnejšie. Táto hodnota sa často používa pre porovnávanie TČ s rovnakým druhom pohonnej energie. Hodnota COP ale nie je konštantnou. Vplýva na ňu teplotné pásmo, v ktorom čerpadlo pracuje (výparná teplota a kondenzačná teplota pracovnej látky v TČ). V zásade platí, že pri nižšom rozdiel teplot medzi ochladzovaným a zohrievaným médiom je vyššia hodnota COP. Ochladzované médium sa deklaruje ako primárna strana a ohrievané médium ako sekundárna strana tepelného čerpadla. Preto je výhodné nasadzovať TČ do systémov nízkoteplotných. Pri vykurovaní je to podlahové, stenové, resp. stropné vykurovanie, alebo nízkoteplotné radiátorové vykurovanie. Na obr.13.6.4. je zobrazený priebeh hodnoty COP počas vykurovania pre rôzne druhy vykurovacích systémov. Najlepší z hľadiska porovnania COP je systém s najvyššou hodnotou.

Obr. 6.62 Celoročný priebeh hodnoty COP pri prevádzke TČ poháňaného elektromotorom (voda/voda) pri rôznych druhoch vykurovania počas vykurovacej sezóny.



Pozn.: Teplota primárnej vody sa uvažuje v danom prípade 10°C.

Zdroj: F. Vranay

Z obrázka je vidieť, že pre aplikáciu TČ je najvýhodnejší systém stropného, resp. stenového vykurovania. Teplota vykurovacej vody sa počas vykurovacej sezóny pohybuje medzi hodnotami 25 – 35 °C s priemernou hodnotou COP cca 5,7. Pri bežnom vykurovaní radiátormi medzi 32 – 60°C s priemerným COP cca 3,6. Využitie TČ je možné aj pri iných aplikáciách, napr. ohrev teplej vody, ale aj v procese výroby chladu.

Energetická efektívnosť tepelných čerpadiel podľa SPF

Pri dodávke tepelnej energie, do procesu vstupujú aj ďalšie zariadenia, hlavne na dopravu média na primárnej, ale aj sekundárnej strane TČ. Sú to hlavne sacie a cirkulačné čerpadlá. Ich podiel na celkovej spotrebovanej energii sa v sezóne výroby tepla mení. Vyjadrením je energetická efektívnosť cez hodnotu SPF (z anglického „seasonal performance faktor“ = „sezónny výkonový faktor“). Do procesu dodávky energie na distribúciu a spotrebu zahrňame aj energiu na prevádzku bivalentného zdroja. V prípade elektrických tepelných čerpadiel chýbajúci výkon je doplnený bivalentným zdrojom (elektrická špirála, elektrokotol, ...). Tento zdroj môže byť súčasťou TČ a preto sa podieľa na jeho celkovej spotrebe. Obeh vody v systéme zabezpečujú obehové čerpadlá ČO.

$$SPF = \frac{\text{vyrobená tepelná energia}}{\text{dodaná energia na pohon (TČ + BZ + ČO)}} = \frac{Q_t}{Q_d} \quad [-] \quad (6.2)$$

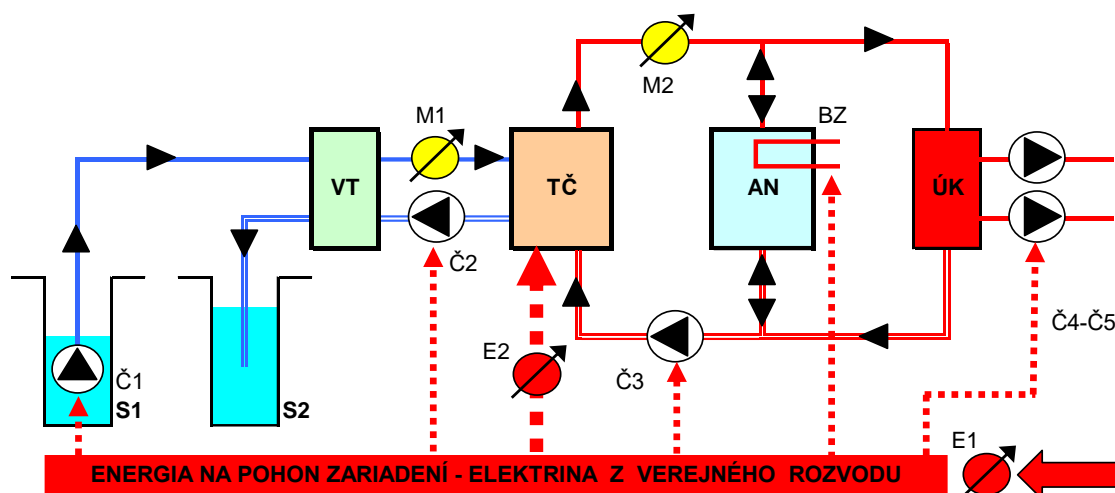
kde: podľa Obr. 6.63

Q_t vyrobená energia je nameraná meračom M2,

Q_d E1 = energia na pohon TČ + pohon BZ + ČO (elektrická energia na čerpadlá obehové Č1 - Č5).

Hodnota SPF je preto vždy nižšia ako hodnota COP. Zníženie ovplyvňuje činnosť podporných systémov, čiže ich účinnosť na celkovej transformácii a doprave tepla. Do ekonomických, ale aj energetických porovnaní je preto nutné používať hodnotu SPF, ktorá vystihuje reálne prevádzkové spotreby energií a náklady za porovnávacie obdobie. Spôsob zapojenia TČ v systéme výroby tepla je veľmi rôznorodý a je ho možné zapojiť samostatne (monovalentný systém), alebo ho kombinovať aj s inými zdrojmi (systém bivalentný, trivalentný,...).

Obr. 6.63 Schéma zapojenia tepelného čerpadla voda/voda v systéme výroby tepla pre vykurovanie v bivalentnom zapojení



LEGENDA :

VT	VÝMENNÍK TEPLA	BZ	BIVALENTNÝ / ZÁLOŽNÝ ZDROJ TEPLA
TČ	TEPELNÉ ČERPADLO VODA / VODA	S1-2	STUDŇA ZDROJOVÁ SACIA / VSAKOVACIA
M1-2	MERAČ TEPLA	VT	VÝMENNÍK TEPLA
E1-2	ELEKTROMER	Č1	ČERPADLO VÝTLAČNE V STUDNI
AN	AKUMULAČNÁ NÁDRŽ TEPLA	Č2-3	ČERPADLÁ CIRKULAČNÉ STROJOVNÁ
ÚK	VYKUROVANÝ OBJEKT	Č4-5	ČERPADLÁ CIRKULAČNÉ OBJEKTOVÉ

Zdroj: F. Vranay

Schéma popisuje základné prvky, ktoré slúžia na prenos tepelnej energie z OZE (voda v studni), jej transformáciu na vyšší energetický potenciál (TČ zvyšuje teplotu vody vykurovacej o energiu odobratú zo studne a energiu práce elektrinou poháňaného kompresora premenenú na teplo). Pre účely vyhodnotenia práce systému a energetickej účinnosti sú rozhodujúce namerané veličiny.

Energia elektrická:

Q_{e1} = energia elektrická nameraná elektromerom E1 = (kWh) spotrebovaná na prevádzku celého systému (spotrebiče TČ, čerpadlá Č1-Č5, BZ bivalentný zdroj elektrická špirála),

Q_{e2} = energia elektrická nameraná elektromerom E2 = (kWh) spotrebovaná v TČ na jeho prevádzku.

Energia tepelná:

Q_{t1} = energia tepelná nameraná meračom tepla M1 = (kWh) získaná z vody z OZE (studňa)

Q_{t2} = energia tepelná nameraná meračom tepla M2 = (kWh) vyrobená v TČ a použitá na dodávku do systému (v danom prípade do vykurovania).

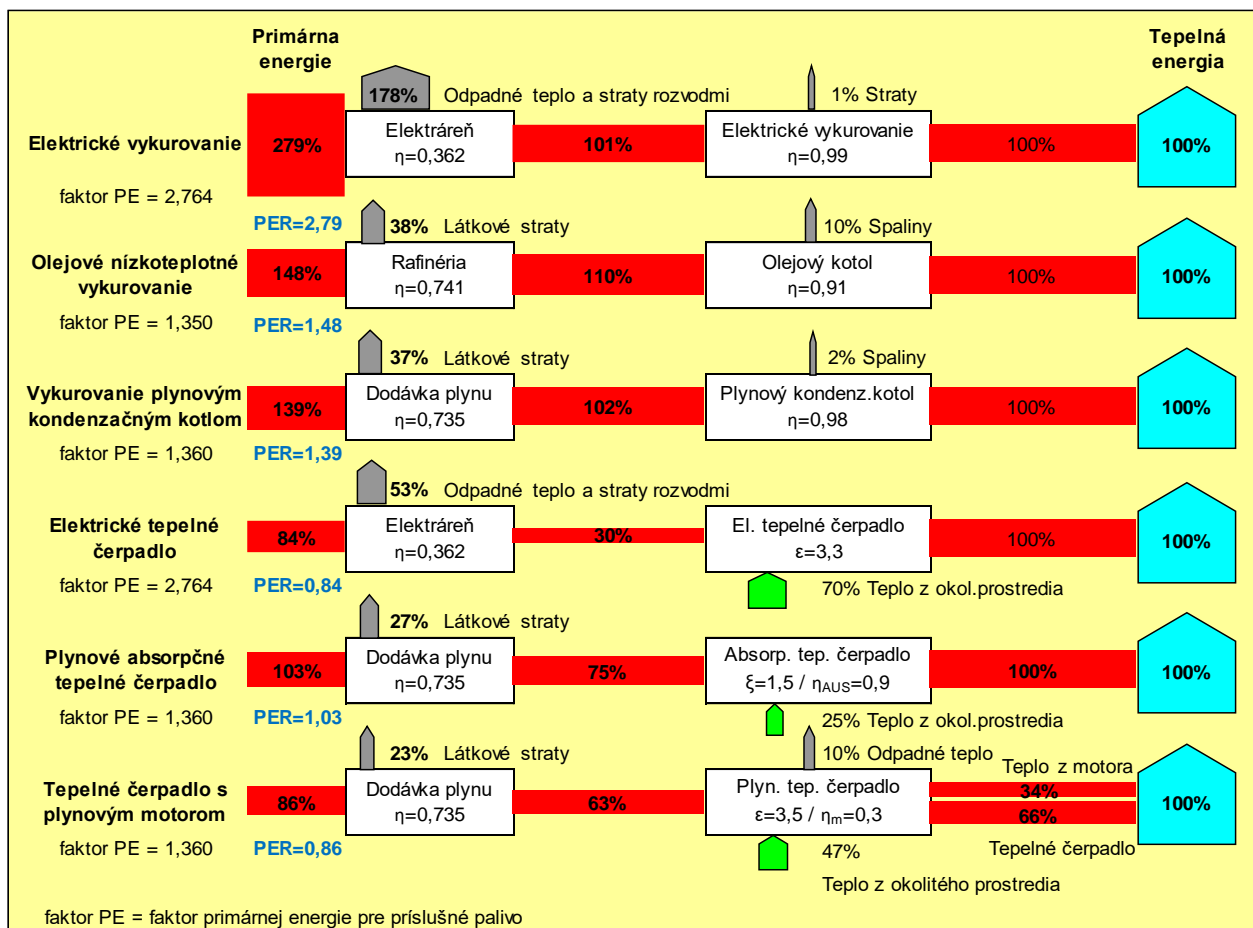
Energetická efektívnosť tepelných čerpadiel podľa PER

Objektívnejšie vyjadrenie energetickej efektívnosti je možné hodnotou stupňa využitia primárnej energie PER (z anglického „primary energy rate“ = „stupeň využitia primárnej energie“)

$$PER = \frac{\text{spotrebovaná primárna energia}}{\text{získaná užitočná energia}} = \frac{Q_t}{Q_d} \quad [-] \quad (6.3)$$

Využívaných palív, alebo energií na pohon TČ je využívaných viac druhov, preto aj metodika všeobecného porovnávania cez hodnotu COP je neobjektívna. Do porovnania cez hodnotu PER takto vstupuje tepelná energia obsiahnutá v primárnom palive, vyjadrená jeho výhrevnosťou na jednotku získanej užitočnej tepelnej energie. Pomocou hodnoty PER je možné porovnávať ľubovoľné energetické systémy na výrobu tepla, chladu, elektrickej energie s rôznymi druhmi pohonnej energie. Najlepší z hľadiska porovnania PER je systém s najnižšou hodnotou.

Obr. 6.64 Spotreba primárnej energie pri rôznych systémoch transformácie tepla



Zdroj: F. Vranay

kde	
η	účinnosť premeny (transformácie) energie [-],
ε	sezónny výkonový faktor (SPF) [-],
PE	faktor primárnej energie pre príslušné palivo [-],
PER	stupeň využitia primárnej energie [-].

Poznámka: *Elektrické vykurovanie*: Potreba tepelnej energie pre objekt činí 100%. Účinnosť premeny elektrickej energie na teplo v objekte je s účinnosťou $\eta=99\%$. Straty elektrickej energie = 1%, do objektu musíme dodať 101% energie. Priemerná účinnosť pri jej konverzii a distribúcii elektrárneň-odberné miesto $\eta=0,362$. Je vyjadrená obrátenou hodnotou faktoru primárnej energie ($PE=1/0,362=2,764$). Pre získanie 101% elektrickej energie pre objekt energetické straty sú =178%. Potrebná energia dodaná v palivách = 279%. Hodnota ($PER=279\% / 100\% = 2,79$). V tabuľke je to najnepriaznivejšia hodnota v porovnaní s inými systémami. *Elektrické tepelné čerpadlo*: Oproti priamemu elektrickému vykurovaniu je pri zhodnotení elektrickej energie vykurovanie tepelným čerpadlom voda/voda s hodnotou $SPF=3,3$ výrazne priaznivejšie. Dôvodom je že do objektu je potrebné dodať len 30% energie vo forme elektriny. Rozdiel do 100% je tvorený energiou získanou z obnoviteľného zdroja (teplo z vody, zeme, alebo vzduchu,...). Hodnota $PER=0,84$ činí tepelné čerpadlo najvýhodnejšie z pohľadu potreby primárnej energie. Pri porovnaní podľa PER je zohľadnený aj pôvod a miesto vstupujúcej energie použitej na pohon TČ. Je vidieť hlavne pri elektrickej energii kde vstupujú rôzne palivá s rôznou účinnosťou pri transformácii na elektrickú energiu. Do bilancie sa zahrňujú ešte straty energie pri jej distribúcii a využití tepla, pri jeho spotrebe. Na Slovensku je skladba výroby elektrickej energie v pomere 66% jadrová energia, 21% z fosílnych palív, 13% vo vodných elektrárňach. Z pohľadu primárnej energie je množstvo premenenej energie na výsledné teplo definované. Percentuálne vyjadrenia jednotlivých tokov energie a paliva sú pre systémy s obvyklou priemernou účinnosťou. Na obrázku sú odvodené aj produkcie emisií ktoré sú vyprodukované v procese transformácie. Rozhodujúce pre prevádzku sú náklady za energiu pri dodávke tepla podľa jednotlivých systémov transformácie. Sú ovplyvnené rôznymi sadzbami, kde jednotkovú cenu ovplyvňuje veľa činiteľov (veľkoodberateľ, maloodberateľ, príslušný dodávateľ, cena distribúcie, poplatky za trvalé pripojenie,...) Preto je cenotvorbu nutné prehodnotiť na dané špecifické podmienky.

6.6.3 Nasadzovanie tepelných čerpadiel

Úspora primárnych energií

Primárnou nazývame energiu vo forme, v akej sa vyskytuje v prírode (nap: uhlie, ropa, zemný plyn, drevo, vietor, vodná energia, prírodný urán, slnečné žiarenie, ...). Ako vyplýva z princípu TČ množstvo dodanej energie na pohon je závislé od druhu pohonného zariadenia, jeho energetickej účinnosti, ale hlavne od prevádzkových podmienok ktoré ovplyvňujú teploty na primárnej a sekundárnej strane TČ. Druh energie na pohon TČ určuje aj druh primárnej energie (v prípade elektrickej energie je pri jej získavaní primárnou energiou jadrové palivo, uhlie, plyn a energia z mechanického potenciálu vody. V prípade priamej spotreby plynu, je plyn aj primárnou energiou. Vo všetkých prípadoch, ale ostatné podporné zariadenia (cirkulačné a výtlačné čerpadlá) pracujú pomocou elektrickej energie. Účelom primárnej energie (tej ktorú „musíme nakupovať“) je hlavne transformovať teplo z OZE na teplotný potenciál s možnosťou jeho priameho využitia. Pri tejto transformácii (mechanická práca) sa aj primárna energia premieňa na teplo a prispieva do celkovej bilancie tepla získaného pre spotrebu. Jednou z realizácie úspor primárnej energie je snaha vytesniť jej potrebu energiou z OZE (energia ktorú „nemusíme nakupovať“ = teplo z vody, zeme, vzduchu). Môžeme sem zaradiť aj odpadové teplo vhodné na využitie, ktoré však nemá charakter OZE. Najvyšší podiel využitia OZE v systéme je možný voľbou vhodného zdroja TČ a prispôbenie odberného miesta, aby umožňovalo vysoko účinnú prevádzku, čo je možné vyjadriť vysokou hodnotou SPF.

Využitie domácej energie

Slovensko vlastní veľmi malé množstvo energetických zdrojov fosílného pôvodu. V procese výroby tepla sú v súčasnosti fosílné zdroje zastúpené vo vysokej miere. Nákup týchto palív výrazne zaťažuje obchodné saldo Slovenska. Povahou OZE je že sa nachádzajú priamo v mieste spotreby. Druh a množstvo je závislé od prírodných daností a geologických pomerov (jedná sa o zdroje využiteľné pre TČ, t.j. voda, zem, vzduch, nepriamo aj slnko). Využitie týchto zdrojov znamená zníženie potreby fosílnych palív, s priamym dopadom na priaznivejšiu cenu tepla z OZE, a nepriamo aj podporu výroby a zamestnanosti.

Zníženie emisií CO₂ pri výrobe energie

Obnoviteľné zdroje majú aj charakter nízkoemisnej, alebo bezemisnej energie. Pri ich využití produkciu emisií spôsobujú primárne zdroje na transformáciu a pohon zariadení. Základné potreby primárnych energií pri najbežnejších spôsoboch získavania tepla sú v tab. 6.5. Pre určenie emisií je rozhodujúca účinnosť, alebo transformácia dodanej energie na získanú tepelnú energiu. Energia dodaná priamo ku zdroju je meraná fakturačným meradlom a jej prináleží súčiniteľ emisií CO₂. Údaje korekčných faktorov vyjadrujú účinnosť získania tepla, resp. transformáciu paliva na tepelnú energiu. Dodaná energia je súčinom získanej tepelnej energie a korekčného faktora. Vyprodukované emisie sú súčinom dodanej energie a súčiniteľa emisií CO₂, a sú prevedené na transformáciu 1 MWh tepla príslušným spôsobom. Z pohľadu dodanej energie a emisií CO₂ je najvýhodnejšie použiť drevo, alebo tepelné čerpadlá.

Tab. 6.4 Výpočet vyprodukovaného množstva emisií CO₂ pri rôznych systémoch výroby tepla

URČENIE VYPRODUKOVANÉHO MNOŽSTVA EMISÍ CO ₂	potreba energie	prepočítavacie faktory			dodaná energia	primárna energia	emisie CO ₂
		podľa (vyhláška 324/2016 Z.z.)					
SPOSOB VYKUROVANIA	kW/m ²	transformácie	emisií CO ₂	primar.energie	kW/m ²	kWh/m ²	tona
zemný plyn	100	1,00	0,2200	1,10	100,0	110	22,0
zemný plyn TČ vduch/voda	100	1,60	0,2200	1,10	62,5	69	13,8
LPG	100	1,00	0,2484	1,35	100,0	135	24,8
koks	100	0,73	0,3600	1,10	137,0	151	49,3
čierne uhlie	100	0,74	0,3600	1,10	135,1	149	48,6
hnede uhlie	100	0,70	0,3600	1,10	142,9	157	51,4
olej	100	0,90	0,2900	1,10	111,1	122	32,2
drevo pelety	100	0,86	0,0200	0,20	116,3	23	2,3
drevo štiepka	100	0,78	0,0200	0,15	128,2	19	2,6
drevo kusove	100	0,70	0,0200	0,10	142,9	14	2,9
drevo splyňovanie	100	0,83	0,0200	0,10	120,5	12	2,4
elektrina	100	0,99	0,1670	2,20	101,0	222	16,9
elektro TČ voda/voda	100	3,40	0,1670	2,20	29,4	65	4,9
elektro TČ vzduch/voda	100	2,60	0,1670	2,20	38,5	85	6,4
elektro TČ zem/voda	100	2,90	0,1670	2,20	34,5	76	5,8
CZT plyn/uhlie KOŠICE	100	0,74	0,2900	0,70	136,1	95	39,5

Zdroj: F. Vranay

6.6.4 Kritériá pre výber tepelného čerpadla a jeho návrh

Tepelné čerpadlo kompresorové, najčastejšie používané, je zdroj pracujúci na mechanickom princípe, s premenlivou účinnosťou, obmedzenou životnosťou a nárokmi na údržbu. Tieto vlastnosti ho radia k náročným zariadeniam s vysokou nadobúdacou cenou voči iným zdrojom tepla. Nevýhodou je aj úzky teplotný rozsah jeho využitia, ktorý je ovplyvnený druhom pracovnej látky v TČ. Preto sa kladie vysoký dôraz na jeho správny návrh a priaznivý prevádzkový režim. Špecifiká pre použitie sú podrobnejšie popísané v kapitolách jednotlivých typov tepelných čerpadiel. Spoločným ukazovateľom je spôsob návrhu výkonu (veľkosti TČ) a jeho kombinácia s bivalentným zdrojom. Potrebný výkon každého iného zdroja tepla (okrem TČ) sa dimenzuje tak, aby pokryl tepelné straty objektu. Výpočet tepelných strát objektu sa realizuje pri vonkajšej najnižšej výpočtovej teplote. Na území Slovenska sú od -18 do -11 °C. Lokality sa od seba líšia aj počtom vykurovacích dní, ktoré sú obmedzené vonkajšou priemernou dennou teplotou +13 °C. Výkon tepelného čerpadla je ale hodnota premenlivá. U vzduchových TČ je vonkajší vzduch zároveň zdrojom tepla. Nižšia teplota vzduchu spôsobuje požiadavku na vyššiu teplotu vykurovacej vody. Teda s klesajúcou teplotou vonkajšieho vzduchu klesá výkon, ale aj vykurovací faktor (COP). Tento fakt je zásadný pre návrh výkonu TČ. U klasických TČ s kompresorom scroll, alebo u väčších výkonov cca nad 50 kW s piestovými kompresormi, ktoré nemajú regulovateľný

výkon sa obvykle navrhuje na 75 % - 80 % maximálnych tepelných strát. Dôvodom je aby pri nízkych tepelných stratách okolo +13 °C nedochádzalo v TČ k častému vypínaniu a zapínaniu (taktovaniu), čo má nepriaznivý dopad na jeho životnosť. Čiastočným riešením je zaradenie akumuláčnej nádrže do systému, ktorá predlžuje pracovné cykly TČ a znižuje počet štartov. Naakumulovaná energia z nádrže sa dodáva do systému, a až po vychladení nádrže následne zapína TČ. Pre správnu činnosť je rozhodujúci správny objem nádrže (odporúča sa 20-30 litrov na 1 kW výkonu TČ). Teplotný rozkmit v nádrži sa (teplota vypínacia a zapínacia pre TČ) pohybuje cca $\pm 2,5$ °C okolo požadovanej teploty dodávanej do systému. Možnou alternatívou je použitie invertorových TČ s osadeným frekvenčným meničom, ktorý umožňuje meniť požadovaný výkon TČ v rozpätí cca 30 – 100 %. V tomto prípade je možné TČ navrhovať aj na maximálnu tepelnú stratu objektu aj bez nutnosti používať akumuláčnú nádrž. Do akumulácie sa započítava aj vodný objem systému vykurovania.

Podmienky / požiadavky

- Vhodný nízkoteplotný systém vykurovania, alebo zásobovania teplom,
- Maximálny požadovaný výkon (tepelná strata objektu, ...),
- Pripojovacie parametre pohonnej energie v prípade elektriny vhodnosť rozvodov a ich zaťažiteľnosť,
- Nárok na prisúdenie výhodnej sadzby elektriny pre činnosť systému s TČ,
- Riešenie odstávky TČ pri vysokej zaťažnosti rozvodnej siete, čas a dĺžka odstávky vo vysokej odberovej tarife elektrickej energie,
- Pri väčších aplikáciách potreba samostatného merania strojovne TČ,
- Pri prítomnosti aj iných energetických médií je potrebné ekonomické prehodnotenie vhodnosti použitia daného systému.

6.6.5 Návrh tepelného čerpadla

Návrh TČ na optimálny výkon - BIVALENTNÁ PREVÁDZKA

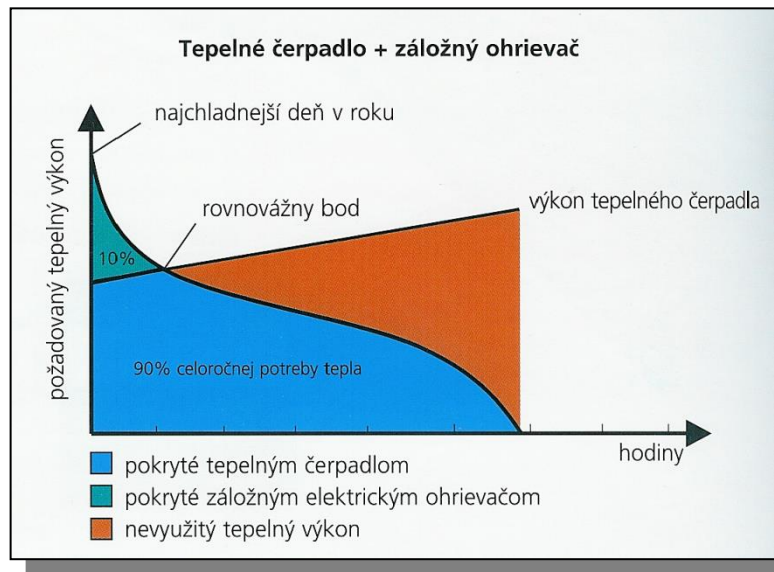
Popisované riešenie je rozumným kompromisom medzi investičnými a prevádzkovými nákladmi systému s TČ.

NÁVRH

- Určenie zaťaženia zdroja tepla (vykurovanie, ohrev teplej vody, ohrev bazéna, vzduchotechnika, chladenie),
- Maximálna potreba výkonu (spravidla maximálna tepelná strata objektu),
- Výkon TČ sa volí v rozpätí 65 – 80% maximálnej potreby výkonu,
- Výkon bivalentného zdroja je doplnkom do 100% maximálnej potreby výkonu.

POPIS

- TČ má premenlivý výkon v závislosti od teploty vykurovacej vody,
- Chýbajúci výkon pri najchladnejších dňoch sa doplní o záložný ohrievač = bivalentný zdroj (pri vhodnom návrhu bivalentný zdroj pokrýva cca 5-10% dodanej energie počas roka),
- Teplota, pri ktorej je tepelná strata objektu rovná výkonu TČ sa nazýva bod bivalencie (rovnovážny bod),
- Pri teplotách vzduchu vyšších ako bod bivalencie TČ dodáva samostatne celý výkon. Jeho reguláciou sa eliminuje prebytočný výkon,
- Pri teplotách vzduchu nižších ako bod bivalencie TČ dodáva výkon spolu s bivalentným zdrojom. TČ pracuje spravidla bez prestávky na plný výkon,
- V prípade poruchy TČ bivalentný zdroj je schopný zabezpečiť aspoň minimálnu dodávku tepla.



Zdroj: F. Vranay

Príklad:

Vstupné údaje:

- Vykurovanie AB radiátormi (teplota vykurovacej vody = 50/40°C)
- Maximálna tepelná strata objektu pri $\theta_e = -13^\circ\text{C}$ rovná $\Phi_i = 9,0 \text{ kW}$
- Počet vykurovacích dní $n_i = 220$ (z metrologických meraní, alebo normových hodnôt pre riešenú oblasť) = počet dní s priemernou dennou teplotou vzduchu nižšou a rovnou $+13^\circ\text{C}$. (pri teplote nad $+13^\circ\text{C}$ sa vykurovanie vypína)
- Výber systému - tepelné čerpadlo voda/voda

Postup – riešenie presné:

- Určenie početnosti dní z nameraných teplôt

Hodnoty sú z meraní pre príslušné miesto inštalácie systému s TČ. Údaje je možné zistiť z metrologických meraní, ktoré sú dostupné pre sieť staníc pre Slovensko.

- Definovanie teploty vykurovacej vody pre príslušnú teplotu vzduchu

Teplota vykurovacej vody je závislá od zvoleného systému vykurovania a projektového návrhu. Pre radiátory v našom prípade 50/40°C. V prípade podlahového vykurovania obvykle 40/30°C.

- Určenie tepelných strát objektu pre príslušnú priemernú vonkajšiu teplotu (interpoláciou pri $\theta_e = -13^\circ\text{C}$ je $\Phi_i = 9,0 \text{ kW}$, pre $\theta_e = +20^\circ\text{C}$ je $\Phi_i = 0 \text{ kW}$)
- Návrh typu – veľkosti tepelného čerpadla

Pre zvolený systém vykurovania s tepelným čerpadlom sa určí konkrétny typ a veľkosť TČ.

- Z vybraného typu TČ zistenie priebehu výkonov pri príslušných teplotách
- Určenie COP pre tepelné čerpadlo (v tomto príklade má táto hodnota len informatívnu hodnotu)
- Určenie bodu bivalencie, počet dní činnosti bivalentného zdroja a dodaná energia z TČ a z bivalentného zdroja tepla)

Pri definovaní činnosti TČ a jeho prevádzkovej účinnosti sa vychádza z priebehu teplôt vzduchu a početnosti ich výskytu. Teplota vonkajšieho vzduchu je na obr. 6.67. cez požadovaný tepelný výkon na zvislej osi. Vodorovná os je časová, vyjadrená v hodinách (dňoch). Na obrázku je vidieť že početnosť dní s nízkou teplotou je malý. Najviac dní je s teplotou vzduchu okolo 0°C. Na obr. 6.67 je tiež vidieť závislosť výkonu TČ. S poklesom teploty vzduchu klesá jeho výkon, ale aj COP. V celoročnej prevádzke TČ má nevyužitý tepelný výkon. Zároveň sa tu prejavujú neduhy tohto riešenia. Časté spínanie a krátka doba chodu TČ s nepriaznivým dopadom na životnosť TČ. Riešením je použitie vhodnej akumuláčnej nádrže, alebo TČ s možnosťou regulácie výkonu. Vysoký výkon TČ má vplyv aj na jeho cenu, čím sa predlžuje návratnosť vložených investícií do TČ.

Výsledky riešenia:

- Počet dní s priemernou dennou teplotou rovnou a menšou ako 0°C je 58. S teplotou menšou a rovnou ako +13°C je 220 dní.
- Bod bivalencie kde $\Phi_i = \Phi_{su}$ je pri teplote vzduchu $\theta_e = -5,4^\circ\text{C}$
- Počet dní keď musí byť v činnosti bivalentný zdroj tepla $N_i = 10$ dní
- Výkon TČ pri $\theta_e = -13^\circ\text{C}$ je $\Phi_{su} = 6,7$ kW čo tvorí $6,7/9,0 = 0,74 = 74\%$
- Potrebný výkon bivalentného zdroja tepla je $(9,0 - 6,7) = 2,3$ kW = 26%
- Porovnaním plôch v obr.13.6.8. TČ kryje potrebu tepla pre objekt 98%, bivalentný zdroj kryje potrebu tepla „len“ 2%.

Tab. 6.7 Určenie základných parametrov návrhu a celoročnej prevádzky tepelného čerpadla v režime vykurovania

θ_e	n_i	N_i	Φ_i	θ_{uk}	Φ_{su}	COP
[°C]	[-]	[-]	[kW]	[°C]	[kW]	[-]
-13	0	0	9,0	50,0	6,70	3,60
-12	1	1	8,7	49,1	6,73	3,71
-11	0	1	8,4	48,2	6,76	3,82
-10	1	2	8,1	47,3	6,79	3,93
-9	0	2	7,9	46,3	6,82	4,04
-8	1	3	7,6	45,4	6,85	4,15
-7	2	5	7,3	44,5	6,88	4,26
-6	2	7	7,1	43,6	6,91	4,37
-5	4	11	6,8	42,7	6,94	4,47
-4	6	17	6,5	41,8	6,97	4,58
-3	4	21	6,2	40,9	7,00	4,69
-2	5	26	6,0	40,0	7,03	4,80
-1	15	41	5,7	39,1	7,06	4,91
0	17	58	5,4	38,2	7,09	5,02
1	13	71	5,2	37,3	7,12	5,13
2	14	85	4,9	36,4	7,15	5,24
3	11	96	4,6	35,4	7,19	5,35
4	12	108	4,3	34,5	7,22	5,46
5	19	127	4,1	33,6	7,25	5,56
6	15	142	3,8	32,7	7,28	5,67
7	19	161	3,5	31,8	7,31	5,78
8	15	176	3,3	30,9	7,34	5,89
9	15	191	3,0	30,0	7,37	6,00
10	10	201	2,7	29,1	7,40	6,11
11	10	211	2,4	28,2	7,43	6,22
12	4	215	2,2	27,3	7,46	6,33
13	5	220	1,9	26,4	7,49	6,44

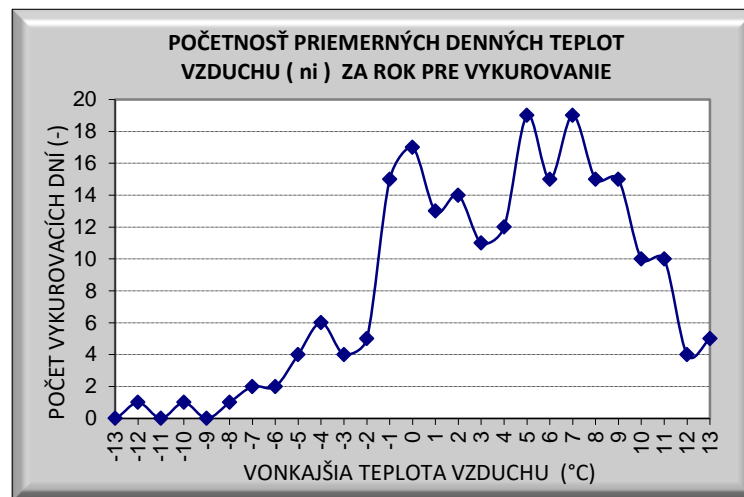
$\Sigma n_i = 220$

výsledné COP = 5,25

Pozn.: θ_e priemerná denná teplota vonkajšieho vzduchu [°C]
 n_i početnosť výskytu dní za rok, s danou priemernou dennou teplotou za vykurovacie obdobie [-]
 N_i kumulatívna početnosť dní [-]
 Φ_i tepelná strata objektu pri príslušnej priemernej teplote vzduchu [kW]
 Φ_{su} výkon tepelného čerpadla (konkrétneho) pri príslušnej teplote vonkajšieho vzduchu spôsobujúcej inú teplotu vykurovacej vody [kW]
 θ_{uk} priebeh teploty vykurovacej vody pre príslušné denné teploty [°C]
COP vykurovací faktor (konkrétneho) tepelného čerpadla [-]

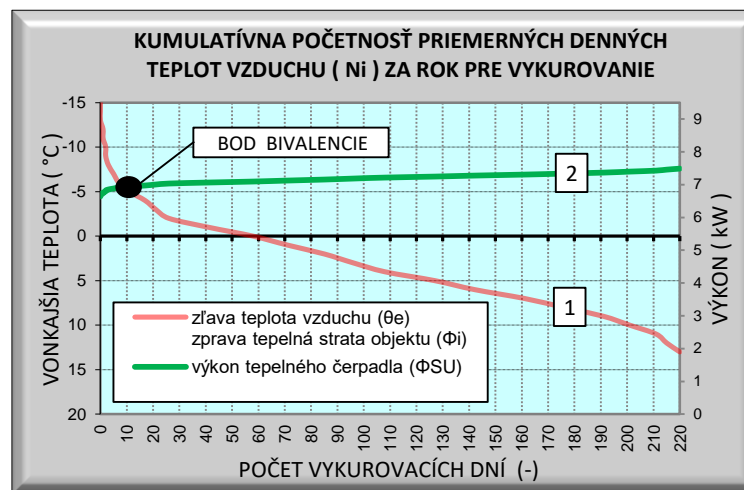
Zdroj: F. Vranay

Obr. 6.66 Početnosť dní (n_i) s priemernou dennou teplotou za vykurovacie obdobie



Zdroj: F. Vranay

Obr. 6.67 Kumulatívna početnosť dní (N_i) s priemernou dennou teplotou za vykurovacie obdobie (krivka č.1) a priebeh výkonu navrhnutého tepelného čerpadla (krivka č.2)



Zdroj: F. Vranay

Návrh TČ na maximálny výkon - MONOVALENTNÁ PREVÁDZKA

Popisované riešenie využíva ako zdroj tepla len tepelné čerpadlo. Prevádzka je najlacnejšia, avšak investičné náklady na TČ a súvisiace zariadenia sú vyššie.

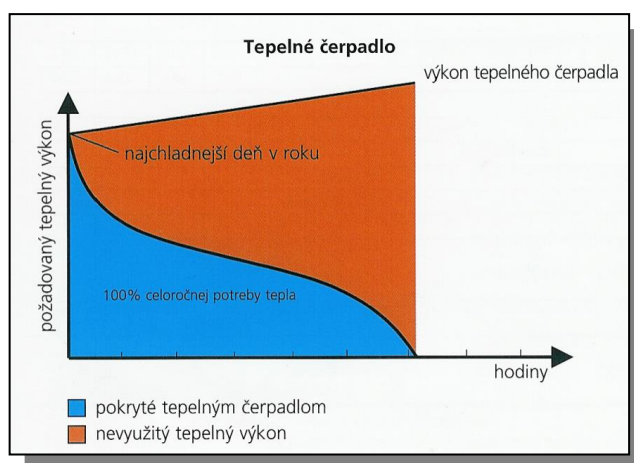
NÁVRH

- Určenie zaťaženia zdroja tepla (vykurovanie, ohrev teplej vody, vzduchotechnika, chladenie)
- Maximálna potreba výkonu (spravidla maximálna tepelná strata objektu)
- Výkon TČ sa volí na 100% maximálnej potreby výkonu
- Bivalentný zdroj nie je

POPIS

- TČ má premenlivý výkon v závislosti od teploty vykurovacej vody
- Celý potrebný výkon zabezpečuje TČ počas celého roka
- Pri vyšších teplotách vzduchu. Jeho reguláciou sa eliminuje prebytočný výkon (vhodné kombinovať TČ s akumulacnou nádržou)
- Vzhľadom k vysokému výkonu TČ sú vyššie investičné náklady
- V prípade poruchy je objekt bez zdroja tepla

Obr. 6.68 Celoročný priebeh energetického pokrytia dodávky tepla tepelným čerpadlom pri monovalentnej prevádzke



Zdroj: F. Vranay

Návrh TČ - BIVALENTNÁ PREVÁDZKA SO ZÁLOŽNÝM ZDROJOM

Popisované riešenie využíva TČ na dodávku tepla len po teplotu bivalencie, kedy je účinnosť TČ vysoká. Pri nižších teplotách vzduchu pod bodom bivalencie celý výkon dodáva záložný zdroj. Systém TČ je lacnejší, účinnosť TČ vysoká. Bivalentný zdroj je nákladnejší na investície. Toto riešenie kombinácie zdrojov je výhodnejšie pri TČ vzduch/voda, kde SPF TČ pri nízkych vonkajších teplotách je výrazne nižšie.

NÁVRH

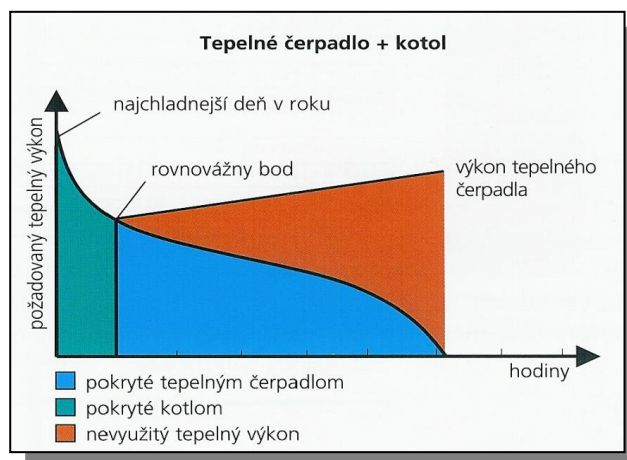
- Určenie zaťaženia zdroja tepla (vykurovanie, ohrev teplej vody, vzduchotechnika, chladenie)
- Maximálna potreba výkonu (spravidla maximálna tepelná strata objektu)
- Výkon TČ sa volí v rozpätí 65 – 80% maximálnej potreby výkonu
- Výkon bivalentného zdroja je 100% maximálnej potreby výkonu

POPIS

- TČ má premenlivý výkon v závislosti od teploty vykurovacej vody
- Chýbajúci výkon pri najchladnejších dňoch sa doplní o záložný ohrievač = bivalentný zdroj (pri vhodnom návrhu bivalentný zdroj pokrýva cca 10-20% dodanej energie počas roka)
- Teplota pri ktorej je tepelná strata objektu rovná výkonu TČ sa nazýva bod bivalencie (rovnovážny bod)
- Pri teplotách vzduchu vyšších ako bod bivalencie TČ dodáva samostatne celý výkon. Jeho reguláciou sa eliminuje prebytočný výkon
- Pri teplotách vzduchu nižších ako bod bivalencie TČ dodáva celý výkon len bivalentný zdroj.

- V prípade poruchy TČ bivalentný zdroj je schopný zabezpečiť celú 100% dodávku tepla

Obr. 6.69 Celoročný priebeh energetického pokrytia dodávky tepla tepelným čerpadlom pri bivalentnej prevádzke so záložným zdrojom



Zdroj: F. Vranay

6.6.6 Tepelné čerpadlo s primárnym zdrojom energie zem

Tepelné čerpadlá využívajú geotermálne teplo obsiahnuté v zemi (v pevnej látke). Na jeho využitie je potrebné realizovať vhodný výmenník tepla (kolektor). Jedná sa o uzavretý okruh tvorený rúrami z plastu ktoré sú naplnené nemrznúcou zmesou (solankou). Zmes je cirkulovaná cez potrubie kolektora (prívodné a vratné potrubie) do TČ kde odovzdá energiu na transformáciu. Základné spôsoby odberu tepla sú:

- Hlbinný kolektor = zemné suché vrty o hĺbke 100-150 m.
- Plošný kolektor, alebo výkopový s potrubiami v hĺbke 1,5-2,0 m
- Energetické pilóty.

Hlbinné vrty

Podliehajú schvaľovaciemu procesu. Nevýhodou sú vysoké náklady na realizáciu. Pri väčších aplikáciách je nutné urobiť test TRT (thermal response test = test teplotnej odozvy), ktorý potvrdí výkon vrtu na 1m hĺbky. Služi na rozhodovanie o počte nutných vrtov pre využitie. V prevádzke vykurovania sa vrt dlhodobo podchladzuje, čím sa znižuje SPF tepelného čerpadla. Preto je výhodné vrty využívať aj v letnej prevádzke v režime chladenia. Pri získavaní chladu sa podlažie opätovne ohrieva odpadným teplom, čo napomáha regenerácii vrtu a jeho príprave na zimné obdobie. Do vrtu vstupuje potrubie prívodné na dne, cez oblúk sa vracia späť cez vratné potrubie do TČ pomocou cirkulačného čerpadla. Jedná sa o uzavretý okruh. Vrt sa po realizácii a osadení potrubí vyplní látkou (bentonit) ktorá zabezpečí prestup tepla medzi rúrkami a okolitou horninou. Pri väčšom počte vrtov sú rúry spájané paralelne, hydraulicky vyvážené a privádzané k TČ.

Zásady návrhu:

- Nerobiť vrty pod objektom - odstup min 2m. (kvôli novej tlakovej vode),
- Od hĺbky 15 m už nepôsobí na vrt povrchová teplota (prvých 10 m sa do výkonu vrtu nezapočítava),
- Odstup vrtov je cca 10% ich hĺbky (problém pri zvislom vŕtaní, kde je možnosť prekríženia vrtov a tým ich vzájomnému ovplyvňovaniu),
- Optimálna hĺbka vrtu je cca 120 metrov. Pri väčších hĺbkach narastá čerpacia práca,

- Merný výkon pri odbere 1800 hodín prevádzky
 - 25 W/m pre horšie podložie, suché sedimenty,
 - 60 W/m normálna pevná hornina, alebo vodou nasýtený sediment,
 - 84 W/m pevná hornina s vysokou tepelnou vodivosťou.

Plošné kolektory

Realizujú sa horizontálne pod povrch terénu spravidla na vlastnom pozemku. Systém rúr s nemrznúcou zmesou odoberá teplo z okolia. Teplota zo zemného kolektora nie je stabilná, pretože osadenie je relatívne v malej hĺbke. Dopadom pre rastlinstvo nad zemnými kolektormi je posun vegetačného obdobia kvôli vychladeniu o cca 2 mesiace. Nad kolektormi neporastú a nie sú dovolené hlbokokoreňové rastliny.

Zásady návrhu:

- Pri ich realizácii je požiadavka na veľkú plochu pozemku.
- Plošný výkon pri odbere 1 800 hodín prevádzky do roka je:
 - cca 10 W/m² pri suchej nesúdržnej hornine
 - 20 – 30 W/m² pri štrkoch a pieskoch
 - 40 W/m² pri pretekajúcej spodnej vode cez štrky a piesky
- Kolektory sa nemajú osadzovať pod objekt. Hĺbka uloženia plastového potrubia je cca 1,5-2,0 m. Odstup rúrok je 0,5 až 1,0.
- Osadenie rúr je do tvaru meandra, špirály, alebo do tzv. slinku kde je obmedzenie pre uloženie
- Dĺžka okruhu kvôli optimalizácii čerpacej práce je max 150 m. Pri potrebe väčších výkonov sa okruhy spájajú paralelne a privádzajú do TČ.
- Cirkuláciu nemrznúcej zmesi zabezpečuje obehové čerpadlo.

Energetické pilóty

V zásade ich využite je ako pri zemných vrtoch. Na energetický zisk sú využívané pilóty ktoré slúžia na zakladanie stavieb. Jedná sa o pilóty vŕtané a následne betónované. Pri armovaní pilót sa osadia plastové potrubia, ktoré obaľujú valcový tvar pilóty s krytím betónovou vrstvou. Výkon a prevedenie pilót je závislé od statických požiadaviek (hĺbka, priemer a rozostup).

Obr. 6.70 Spôsob odberu tepla pri zemných kolektoroch



A- hlbinný vrt



B- plošný kolektor



C- plošný kolektor

Zdroj: F. Vranay

6.6.7 Tepelné čerpadlo s primárnym zdrojom energie voda

Charakteristickou vlastnosťou TČ s primárnym zdrojom energie voda je zdroj OZE

Základné spôsoby odberu tepla sú:

- voda podzemná
- voda pôvodom povrchová

Voda podzemná

Najčastejšie sa využíva podzemná voda vzhľadom k jej celoročnej stabilnej teplote (v zimných mesiacoch 8 až 12 °C, v letných mesiacoch 11 až 15 °C.). Podmienkou využitia je jej dostupnosť a výdatnosť počas celého obdobia prevádzky TČ. V procese výroby tepla sa voda nespotrebuje, len sa z nej odoberie energia, voda sa ochladí a následne vráti späť do podzemia vsakovacou studňou. Tento proces vodu nijako neznehodnotí, ani nemení jej kvalitu. Teplota odčerpávanej vody počas roka osciluje okolo priemernej ročnej teploty vzduchu v mieste kde sa nachádza systém s TČ. Vyššie teploty môžu byť spôsobené vplyvom geotermálnych procesov vo vrstve vodonosného podložia. Vyššia teplota je pre TČ výhodnejšia, nakoľko zvyšuje účinnosť výroby tepla. Pri termálne ovplyvnených vodách je ale predpoklad, že budú mať chemické zloženie, ktoré je nepriaznivé pre proces dopravy a odovzdávania tepla vo výmenníkoch. Aj pri vodách s nízkou tvrdosťou sa odporúča pred TČ predradiť oddeľovací výmenník. Na primárnej strane medzi TČ a výmenníkom sa tak vsadí okruh s nemrznúcou zmesou (soľankou). Nemrznúca zmes zabráňuje vytváraniu námrazy v potrubí na strane výparníka.

Zásady návrhu:

- Existencia vhodného zdroja tepla z pohľadu výdatnosti počas celého obdobia prevádzky (studňa, vrty, ...). Požadovaná výdatnosť vody 3-5 m³/hod pre 10-15 kW. Ochladenie vody je cca 4°C. (požaduje sa čerpacia skúška),
- Vhodná teplota a chemické zloženie vody vyjadrené tvrdosťou, obsah a zloženie mechanických častí vo vode (vodný kal, ...),
- Existencia studne, alebo zariadenia na spätné navrátenie ochladenej vody do podložia s dostatočnou hĺbkou (požaduje sa vsakovacia skúška),
- Hĺbka hladiny vody z ktorej bude čerpaná, nakoľko má význam pre čerpaciu prácu,
- Studne podliehajú schvaľovaniu na príslušných úradoch,
- Pri väčších výkonoch zdrojov je nutná hydrodynamická skúška, ktorá potvrdí požadovanú výdatnosť sacej aj vsakovacej studne. Skúška pozostáva z čerpania a rozboru kvality vody a merania jej teploty po dobu 14 dní,
- Je možné v systéme prevádzkovať súčasne aj viac studní ak je to nutné,
- Rozhodujúce je rozloženie vrtov vzhľadom ku smeru toku podzemných vôd. Čerpacia studňa sa navrhuje na strane prívodu toku spodnej vody, vsakovacia po prúde, aby sací vrt nebol ovplyvnený vrátenou vodou,
- Vhodným riešením pre rýchlejšiu ekonomickú návratnosť je využitie použitej vody v TČ (už je vyčerpaná na povrchu) pre prevádzku objektu (úžitková voda, alebo voda na zavlažovanie).

Voda povrchová

Povrchová voda počas roka mení výrazne svoju teplotu, čím sa stáva pre energetické využitie síce vhodná, ale SPF systému s TČ je premenlivé. Počas zimných mesiacov sa môže stať, že teplota vody neumožní jej využitie cez bežné TČ. Podľa vzdialenosti od TČ je možné vodu buď priamo čerpať do strojovne a cez výmenník odoberať energiu a vrátiť, alebo na dno vodného toku, alebo nádrže osadiť systém rúrok plošne ako pri zemných kolektoroch. Pri dimenzovaní a výpočte energetických účinností je potrebné zohľadniť špecifiká dané prostredím. Podľa druhu zdroja je schválenie podmienené príslušnými úradmi, kde je nutné doložiť aj prípadnú dopadovú štúdiu.



A- voda podzemná



B- voda pôvodom povrchová s odberom cez plošný kolektor

Poznámka:

Zdroj: F. Vranay

6.6.8 Tepelné čerpadlo s primárnym zdrojom energie vzduch

Tepelné čerpadlá s primárnym zdrojom vzduch vývojovo najviac získali v dôsledku generačných zmien technológie kompresorov. Dnešné zariadenia sú schopné pracovať s primárnou látkou vzduch až do teploty -20°C pri ešte akceptovateľnej účinnosti. Takéto podmienky sa v našich klimatických pásmach buď nevyskytujú, alebo veľmi zriedka. Pri celoročnej prevádzke kde sa zohrieva aj teplá voda, vykazujú tieto TČ niekedy v letných mesiacoch (teplota vzduchu aj 30°C) aj vyššie účinnosti ako systémy s primárnym zdrojom voda. V celoročnej prevádzke tak môžu účinnosťou konkurovať systémom voda/voda a zem/voda pri neporovnateľne nižších investičných nákladoch. Prípadne extrémne nízke teploty vzduchu sa dopĺňujú v prevádzke chýbajúci výkon bivalentným zdrojom tepla.

Základné spôsoby odberu tepla sú:

Systém vzduch / voda:

- Kompaktné tepelné čerpadlo vo vnútornom prevedení,
- Tepelné čerpadlo pre vonkajšiu inštaláciu.

Systém vzduch / vzduch

- Systém s vnútornou a vonkajšou jednotkou (split).

Kompaktné tepelné čerpadlo vo vnútornom prevedení - vzduch / voda

Podstatné pre konštrukciu je, že TČ je kompaktné. Vzduch sa privádza nasávacou a výfukovou hadicou ktoré sú hlukovo a teplotne izolované. Vzduch po ochladení resp. ohriatí podľa druhu prevádzky (ohrev/chladenie) sa vyfukuje späť do ovzdušia. Systém vyžaduje minimálne stavebné úpravy, ktoré sú otvory na fasáde objektu opatrené žalúziami. Je potrebné zabezpečiť tok nasávaného a odvádzaného vzduchu tak, aby nedochádzalo k jeho opätovnému nasávaniu. Energia získaná vo forme teplej, alebo studenej vody je vedená do systému.

Tepelné čerpadlo pre vonkajšiu inštaláciu - vzduch / voda

Odlišnosťou voči vnútornému prevedeniu je jednotka delená na dve časti. Výparníková časť je v exteriéri, kde cez výparník je ventilátorom preháňaný vzduch. Vnútorná časť obsahuje ostatné prvky a je spojená s exteriérovou potrubiami s cirkulujúcim chladivom. Z pohľadu účinnosti a využitia sú systémy zrovnateľné.



Zdroj: F. Vranay

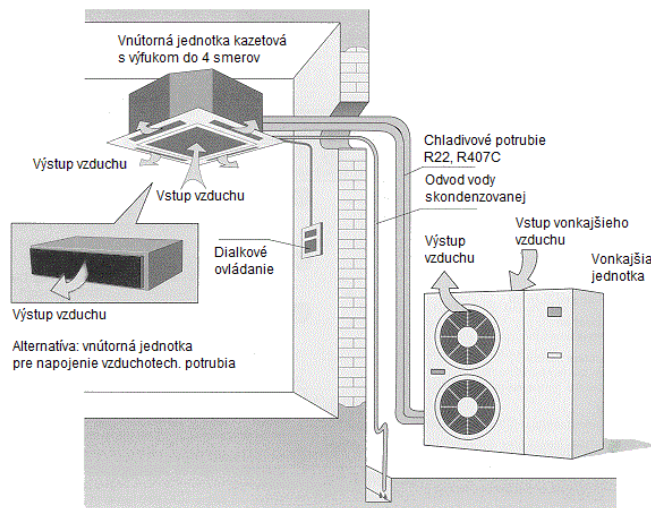
System s vnútornou a vonkajšou jednotkou vzduch / vzduch

Tento systém sa bežne uvádza pod názvom split, multisplit a VRV. Technologicky je to tepelné čerpadlo s jednou vonkajšou jednotkou so vzduchom chladeným kondenzátorom a vnútornými jednotkami. Rozvod je chladivový dvoj, alebo trojrúrovňový podľa prevedenia.

- split 1 vonkajšia + 1 vnútorná jednotka, (chladí, alebo vykuruje).
- split 1 vonkajšia + 2 vnútorné jednotky (s rovnakým chladiacim výkonom pričom jedna jednotka je riadiaca).
- multisplit 1 vonkajšia + 3 až 5 vnútorných jednotiek (pracujúcich na sebe nezávisle chladenie / vykurovane).
- VRV vonkajšia + 6 až 40 vnútorných jednotiek (pracujúcich na sebe nezávisle chladenie / vykurovane)-

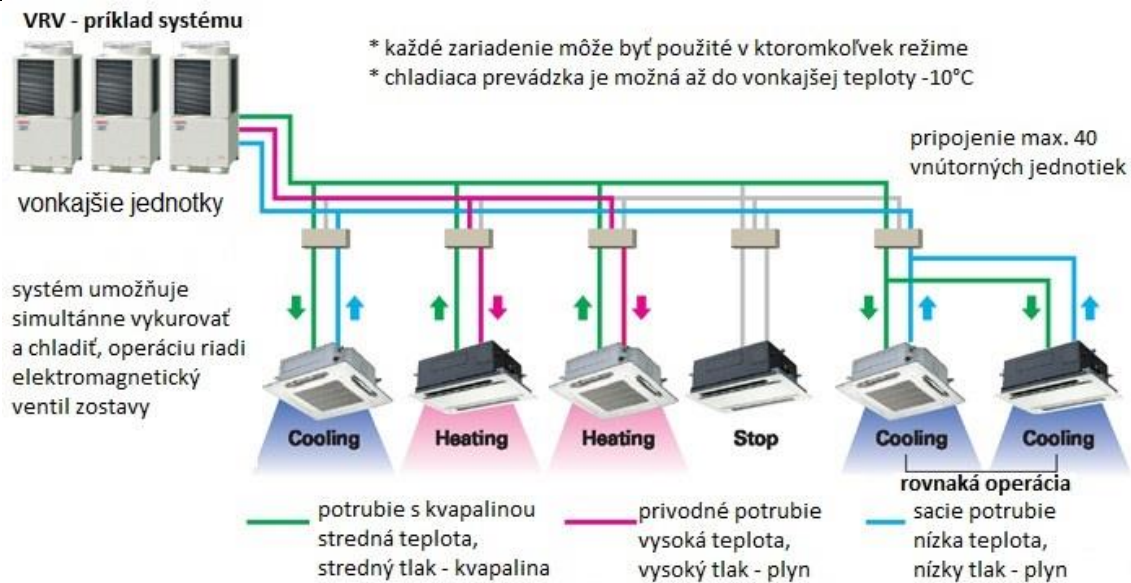
Ovládanie vnútorných jednotiek je cez samostatné ovládače, čo umožňuje nezávislú prevádzku. Pri systémoch multisplit a VRV je umožnené súčasne vykurovať a chladieť, čo znamená že energiu tepelnú získanú v chladenej miestnosti systém pretransformuje do vykurovanej miestnosti a naopak. Celková účinnosť systému sa takto zvyšuje.

Obr. 6.73 Schéma systému Split (tepelné čerpadlo vzduch/vzduch) na vykurovanie / chladenie (1x vonkajšia jednotka a 1x vnútorná jednotka)



Zdroj: F. Vranay

Obr. 6.74 Schéma systému VRV (tepelné čerpadlo vzduch/vzduch) na vykurovanie / chladenie

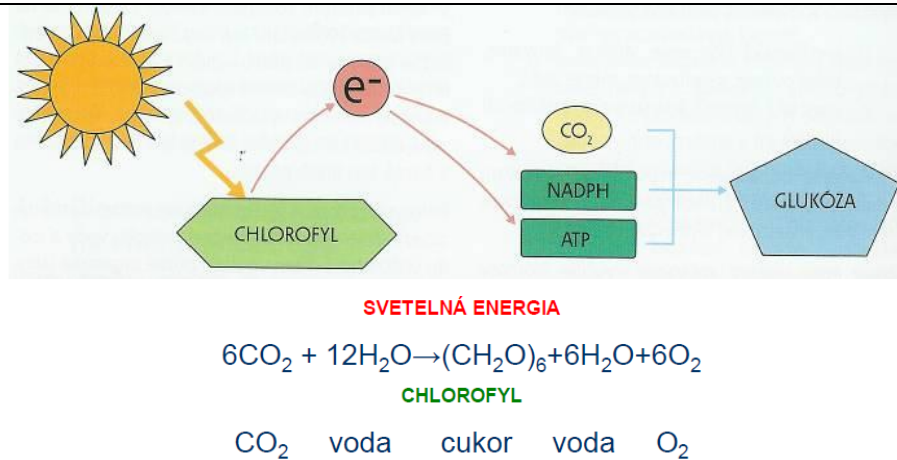


Zdroj: F. Vranay

6.7 Biomasa

Organická hmota či už vo forme dreva, rastlín, alebo zvyškov nám dokáže poskytnúť všetky užitočné formy energie - elektrinu, teplo aj kvapalné palivá pre motorové vozidlá. Biomasa je v podstate zakonzervovaná slnečná energia, ktorú rastliny vďaka fotosyntéze premieňajú na organickú hmotu. Rastliny na svoj rast využívajú oxid uhličitý z atmosféry a vodu zo zeme, ktoré vďaka fotosyntéze pretvárajú na uhľovodíky – stavebné články biomasy. Slnečná energia, ktorá je hybnou silou fotosyntézy je v skutočnosti uskladnená v chemických väzbách tohto organického materiálu. Pri spaľovaní biomasy opätovne získavame energiu uskladnenú v chemických väzbách. Kyslík zo vzduchu sa spája s uhlíkom v rastline, pričom vzniká oxid uhličitý a voda. Tento proces je cyklicky uzatvorený, pretože vznikajúci oxid uhličitý je vstupnou látkou pre novú biomasu.

Obr. 6.75 Model fotosyntézy



Zdroj: F. Vranay

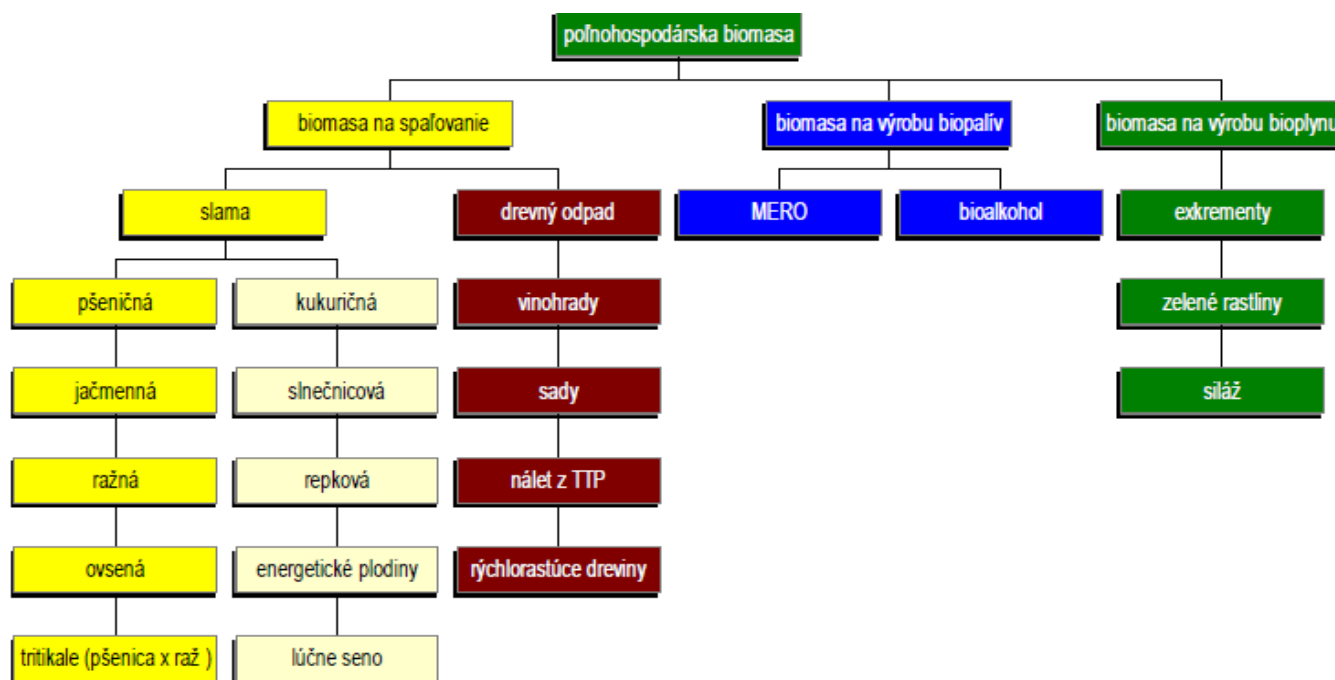
Rozdelenie biomasy podľa produkčného odvetvia

- fytomasa (obilná, repková, kukuričná slama. Konopa, odpady zo sádov a vinogradov, účelovo pestované energetické plodiny - vrba, topol, laskavec, štiavec...)
- zoomasa (živočíšne exkrementy),
 - lesná biomasa (dendromasa) – palivové drevo, konáre, pne, korene, kôra, štiepka, rýchlorastúce dreviny.
 - odpady z drevospracujúceho priemyslu – odrezky, hobliny, piliny
 - komunálny odpad – tuhý spáliteľný odpad, biologicky rozložiteľný odpad, skládkový plyn, kalový plyn

Poľnohospodárska biomasa – fytomasa

Poľnohospodárska biomasa je všetka biomasa, ktorá sa vyprodukuje pri hospodárskej činnosti na poľnohospodárskej pôde, v prvovýrobe a pri spracovaní poľnohospodárskych produktov.

Obr. 6.76 Rozdelenie poľnohospodárskej biomasy



Zdroj: F. Vranay

Celkový energetický potenciál biomasy z rezortu pôdohospodárstva (bez komunálneho odpadu a potravinárskeho priemyslu) predstavuje hodnotu 100 – 160 PJ, čo je 15 až 20 % celkovej spotreby energie SR.

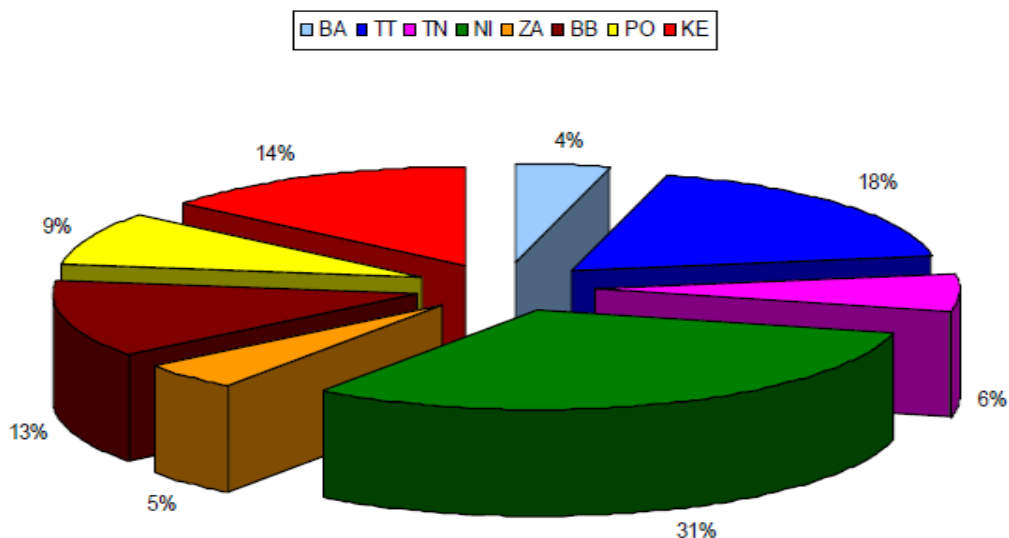
Poľnohospodárska biomasa, ako možný zdroj energie je rovnomerne rozmiestnený po celom území republiky, čo má veľký význam z hľadiska jej regionálneho využitia. Charakteristika zdrojov biomasy vyplýva z geografického charakteru územia Slovenskej republiky, keď z celkovej výmery 4 903 408 ha tvorí poľnohospodárska pôda 2 439 408 ha. Je teda zrejme, že pokiaľ bude v Slovenskej republike existovať poľnohospodárska výrobná činnosť, tak sa bude zabezpečovať aj produkcia biomasy.

Tab. 6.8 Energetický potenciál fytomasy

Druh biomasy	Možná ročná produkcia na energetické účely v t	Energetický ekvivalent	
		GW _h	TJ
biomasa na spaľovanie	4 990 200	18 845	67 841
exkrementy na bioplyn	11 357 600	2 366	8 518
siláž z TTP na bioplyn	3 200 000	2 138	7 695
kvapalné biopalivá z výmery	200 000 ha	6 100	22 000
spolu		29 449	106 054

Zdroj: F. Vranay

Obr. 6.77 Energetický potenciál fytomasy v % podľa krajov v SR

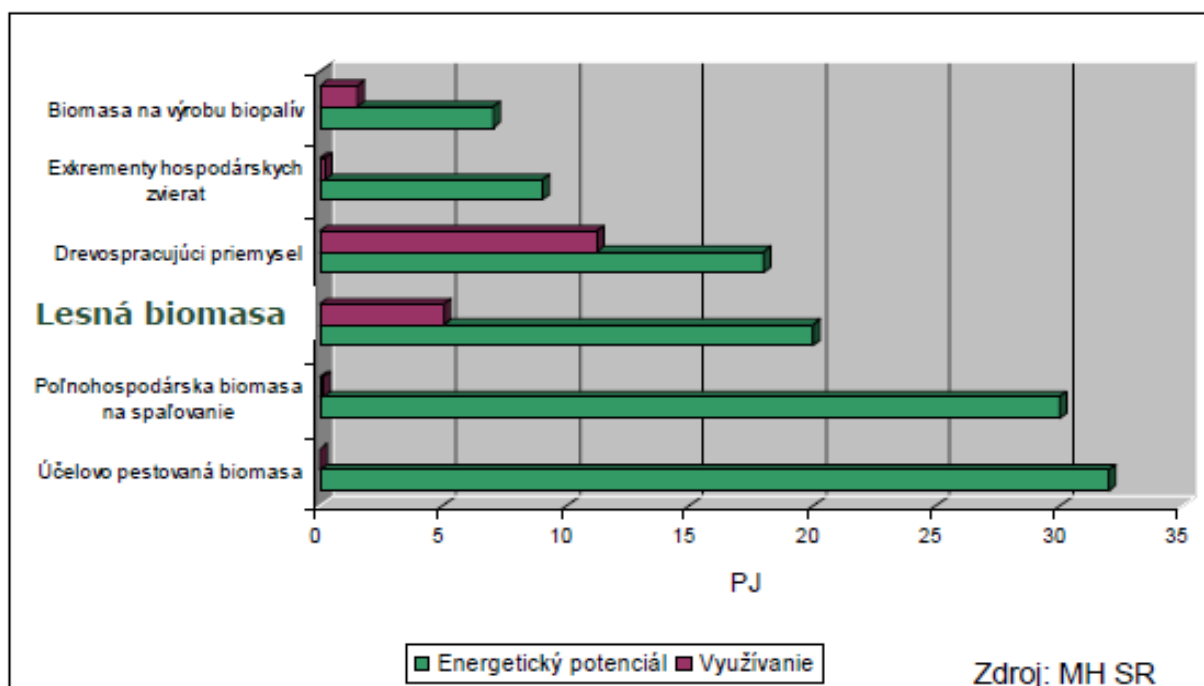


Zdroj: F. Vranay

Lesná biomasa – dendromasa

Významným zdrojom biomasy je biomasa z lesnej pôdy a z drevospracujúceho priemyslu. Najvýznamnejším lesohospodárskym podnikom na Slovensku sú Lesy Slovenskej Republiky, š.p., ktorý disponuje obrovským potenciálom biomasy vhodnej pre energetické účely. Z celkovej výmery pôdy SR 4 903 408 ha tvorí lesná pôda 2 002 129 ha, z toho 48 % obhospodarujú práve Lesy SR s potenciálom až 1 100 000 ton energetickej štiepky ročne.

Obr. 6.78 Energetický potenciál dendromasy a jej využívanie v SR



Zdroj: F. Vranay

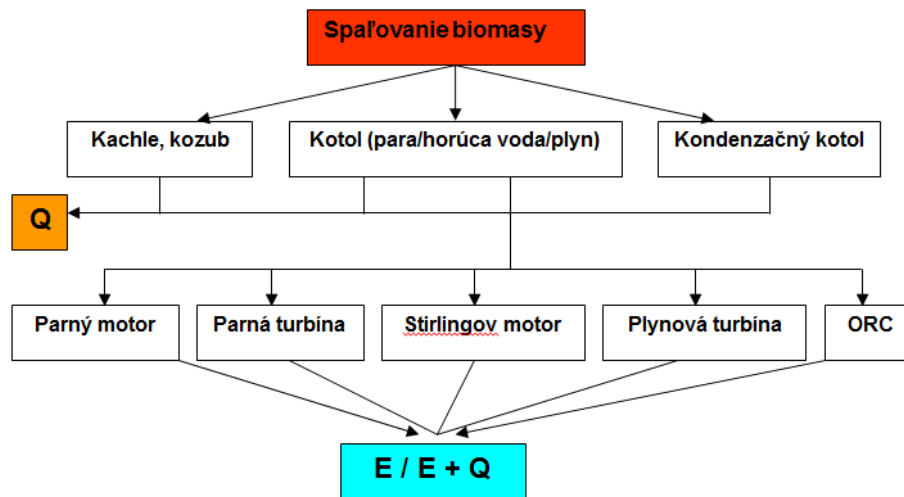
6.7.1 Spôsoby konverzie biomasy na energiu

Biomasu je možné energeticky využiť viacerými spôsobmi (Obr.6.79). V prvom stupni termochemická konverzia sa spaľovaním uvoľní chemicky viazaná solárna energia vo forme tepla, ktoré sa spravidla využije priamo na zásobovanie teplom. V druhom stupni transformuje na hodnotnejšiu konečnú energiu, plyn, kvapalné palivo, elektrinu, a pri kogenerácii odpadové teplo z tejto energetickej premeny sa využije na zásobovanie teplom.

Tab. 6.8 Spôsoby konverzie biomasy na energiu

Typ konverzie biomasy	Spôsob konverzie biomasy	Energetický výstup	Odpadový materiál alebo druhotná surovina
termochemická konverzia (suché procesy)	spaľovanie	teplo viazané na nosič	popol
	splyňovanie	generátorový plyn	dechtový olej, uhlíkaté palivo
	pyrolýza	generátorový plyn	dechtový olej, pevné horľavé zbytky
biochemická konverzia (mokré procesy)	anaeróbná fermentácia	bioplyn	fermentovaný substrát
	aeróbná fermentácia	teplo viazané na nosič	fermentovaný substrát
fyzikálno-chemická konverzia	esterifikácia bioolejov	metylester, biooleje	glycerín

Zdroj: F. Vranay



Zdroj: F. Vranay

Termochemická konverzia biomasy

Z prvotnej biomasy, z ktorej sa energia dá získať efektívne spaľovaním (kusové drevo, slama a iné odpady z poľnohospodárstva, lesného hospodárstva a drevospracujúceho priemyslu, účelne pestované energetické plodiny) alebo po úprave (štiepkovanie, peletovanie, briketovanie) sa zdá byť nerozumné nákladnou technológiou vyrábať bioplyn pre kombinovanú výrobu elektriny a tepla, ktorá je investične tiež dosť náročná. Z hľadiska environmentálnej záťaže je však bioplyn výhodnejšou alternatívou.

Spaľovanie

Technológie spaľovania využíva niekoľko princípov spaľovania:

- spaľovanie na rošte,
- spaľovanie so spodným prívodom paliva,
- špeciálne horáky, horákové prevedenia ohniska a
- spaľovanie vo fluidnej vrstve.

Spaľovacie zariadenia

Za spaľovacie zariadenia považujeme v prípade zdrojov pre vykurovanie lokálne zdroje – krby a pece, kotle pro ústredné vykurovanie rôznych prevedení, teplovodné a horúcovodné kotle pre lokálne centralizované systémy, parné kotle pre kogeneráciu tepla a elektriny.

- Pece, sporáky
- Krby a krbové pece
- Kachľové pece
- Kotle pre ústredné vykurovanie

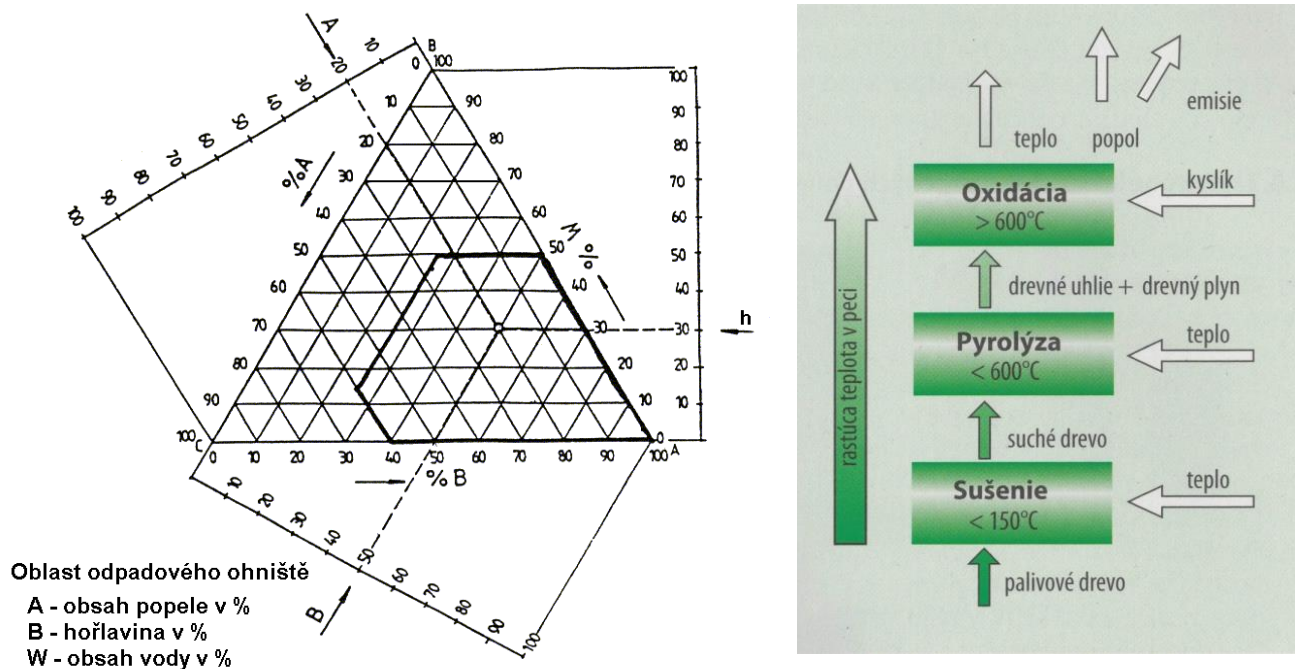
Proces spaľovania

- spaľovaním získavame tepelnú energiu – teplo
- dochádza tu k rozkladu organických látok v odpade najmä CO₂ a voda
- základná výhoda značná redukcia pôvodného objemu
- každé palivo je charakterizované:

- - obsahom horľaviny „B“
- - obsahom popola „A“
- - obsahom vody „W“
- palivo je schopné samostatne horieť iba ak platí:

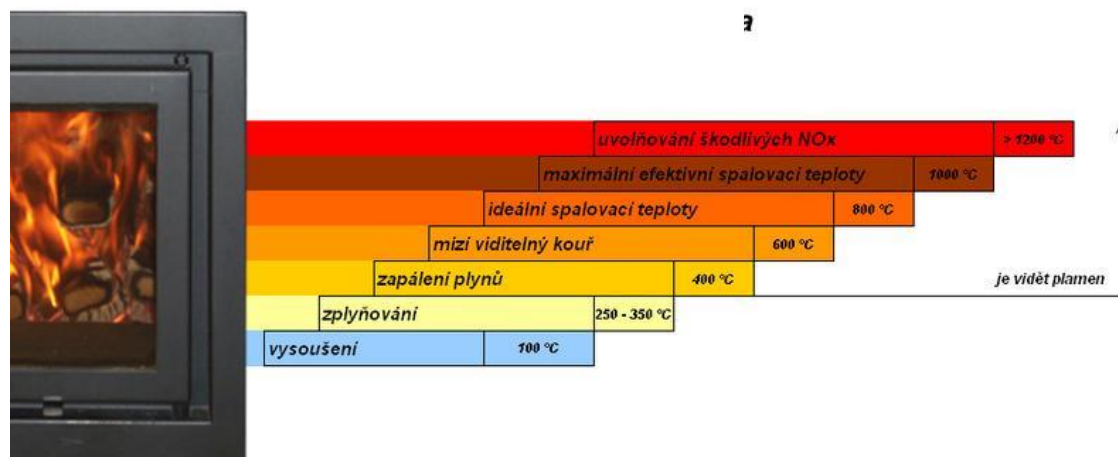
$A < 60\%$ $B < 50\%$ $W > 25\%$
 pričom musí platiť $A + B + W = 100\%$

Obr. 6.80 Proces spaľovania dreva

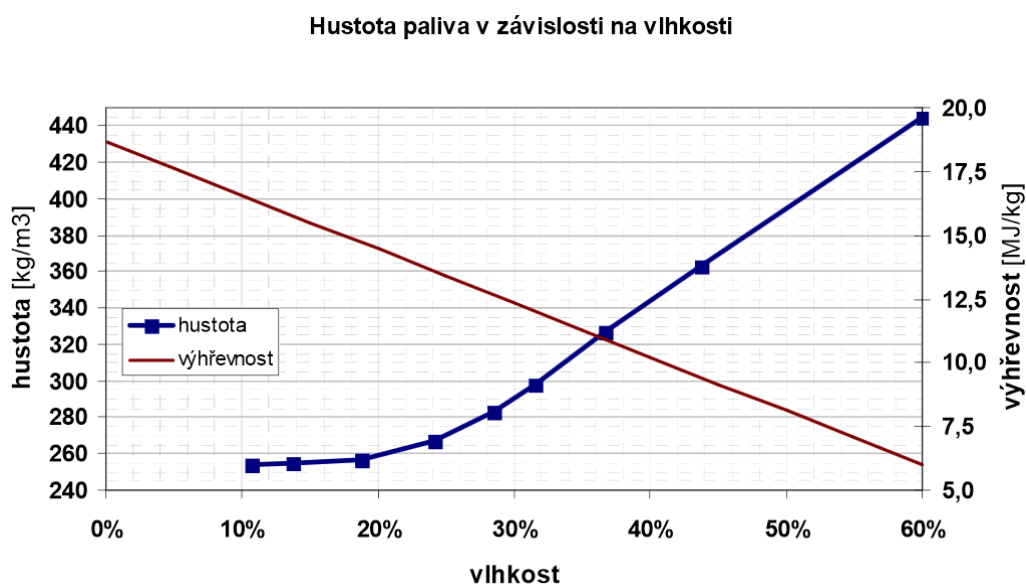


Zdroj: F. Vranay

Obr. 6.81 Priebeh spaľovania dreva



Zdroj: F. Vranay



Zdroj: F. Vranay

Palivá na báze dreva a biomasy

Pre lepšiu manipuláciu s palivom ktorého pôvod je drevo, alebo rastlinná hmota sa vyrábajú palivá vo forme:

- brikety z dreva, alebo rastlinného pôvodu (valce alebo kvádre s priemerom cca 10 cm s dĺžkou cca 15-30 cm),
- drevené pelety (z rozdrveného dreva sa lisovaním vyrábajú granule – pelety s priemerom cca 0,5 cm a dĺžke cca 1,5 cm),
- drevná štiepka (z rozdrveného dreva štiepka o dĺžke cca 5-10 cm),
- slama vo forme balíkov sa dopravuje do spaľovacieho kotla kde sa slama.

Obr. 6.83 Palivá na báze biomasy – brikety, drevené pelety, drevná štiepka, slama



Zdroj: F. Vranay

Splyňovanie

Spôsob úpravy biomasy na palivo vyššej kvality – horľavé plyny (vodík, oxid uhoľnatý, metán, ...). Proces prebieha pri nedokonalom (čiasočnom) horení. Vznikajúca zmes plynov sa využíva ako iné plynné palivo. Druhy splyňovacích procesov sa líšia podľa stavu splyňovacieho materiálu, prípadne podľa prúdu pevného materiálu a prúdu splyňovacieho média:

- spaľovanie na rošte,
- spaľovanie so spodným prívodom paliva,
- špeciálne horáky, horákové prevedenia ohnišťa a
- spaľovanie vo fluidnej vrstve.

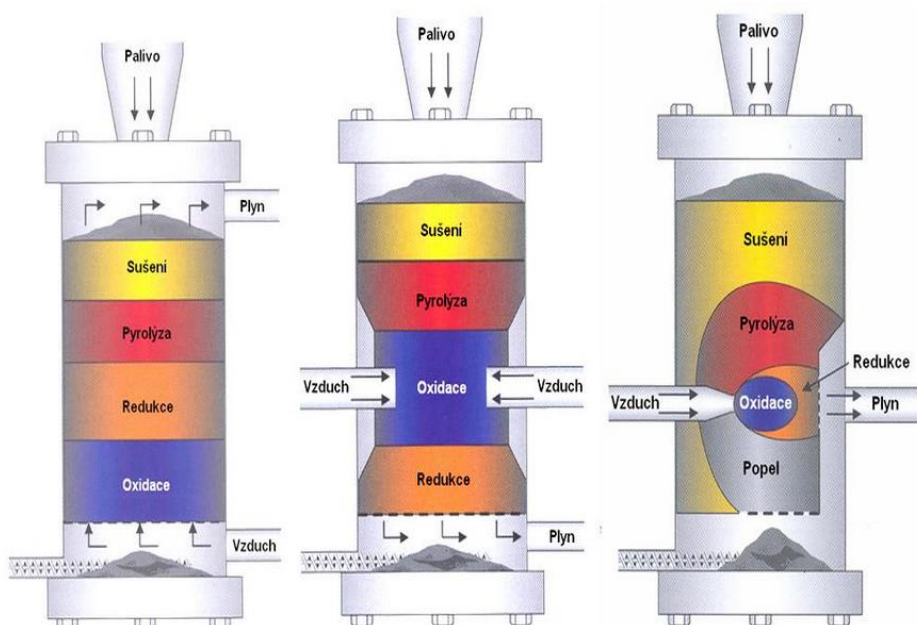
Splyňovače s pevným lôžkom

- protiprúdový splyňovač – najjednoduchší splyňovač
- súprúdy splyňovač + menej dechtu oproti protiprúdovému
- súprúdy splyňovač s otvoreným jadrom – pre jemnú biomasu
- viastupňový súprúdy splyňovač – spaľovanie, splyňovanie a pyrolýza sú oddelené
- splyňovač s krížovým tokom – je pôvodne navrhnutý na splyňovanie dreveného uhlia

Splyňovače s fluidným lôžkom

- stacionárna fluidná vrstva (BFB – bubbling fluidised bed) – fluidná vrstva je ukončená hladinou, úroveň dechtov je od 1 do 2%.
- cirkulujúca fluidná vrstva (CFB – circulating fluidised bed) – vrstva je obmedzená stropom reaktora, konverzia paliva je tak dokonalejšia a vyhorenie uhlíka je omnoho väčšie ako u BFB

Obr. 6.84 Schéma splyňovačov – zľava protiprúdový, súprúdy a s krížovým tokom



Zdroj: F. Vranay

Pyrolýza

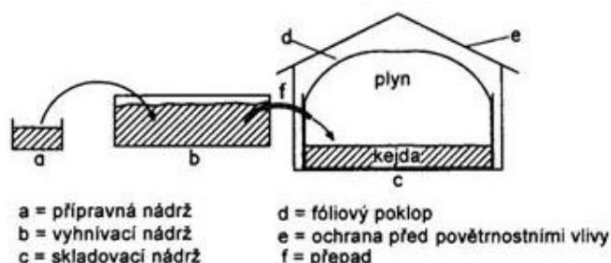
Pyrolýza (tiež odplynenie) predstavuje tepelný rozklad organických materiálov za neprítomnosti splyňovacích médií, ako je kyslík, vzduch, oxid uhličitý, vodná para pri teplote 300 – 500 °C. Produktom je napr. drevné uhlie ktoré má dvojnásobnú energetickú hustotu, lepšie horenie, vyššiu teplotu horenia. Na 1 tonu drevného uhlia je potrebných cca 4 – 10 ton dreva.

Biochemická konverzia biomasy

Anaeróbna fermentácia

Anaeróbna fermentácia „metánová fermentácia“ organických materiálov je proces kde sa mikroorganizmami postupne rozkladá biologická hmota (vo fermentore) bez prístupu vzduchu. Konečným produktom je vyhnitý substrát a plyny (CH₄, CO₂, H₂, N₂, H₂S). Vzniknutý substrát ako odpad je biologicky nezávadná hmota. Proces výroby sa tiež nazýva bioplynová stanica. Vysoká strata tepla pri výrobe je vykompenzovaná kvalitou paliva a jeho transportovateľnosťou.

Obr. 6.85 Schéma prevádzky bioplynovej stanice s prietokovou metódou



Zdroj: F. Vranay

Fyzikálno-chemická konverzia biomasy

Esterifikácia – fyzikálno chemické premeny

Pomocou fyzikálno chemických procesov je možné biomasu upravovať do formy kvapalného paliva. Vhodnou surovinou sú olejniny, z ktorých sa vyrába látka podobná motorovej naftě.

Surovina sa lisuje po predchádzajúcom ohreve na 80 – 90 °C. Lisovaním sa získava asi 50% oleja obsiahnutého v rastline. Oleje sú použiteľné v upravených spaľovacích motoroch

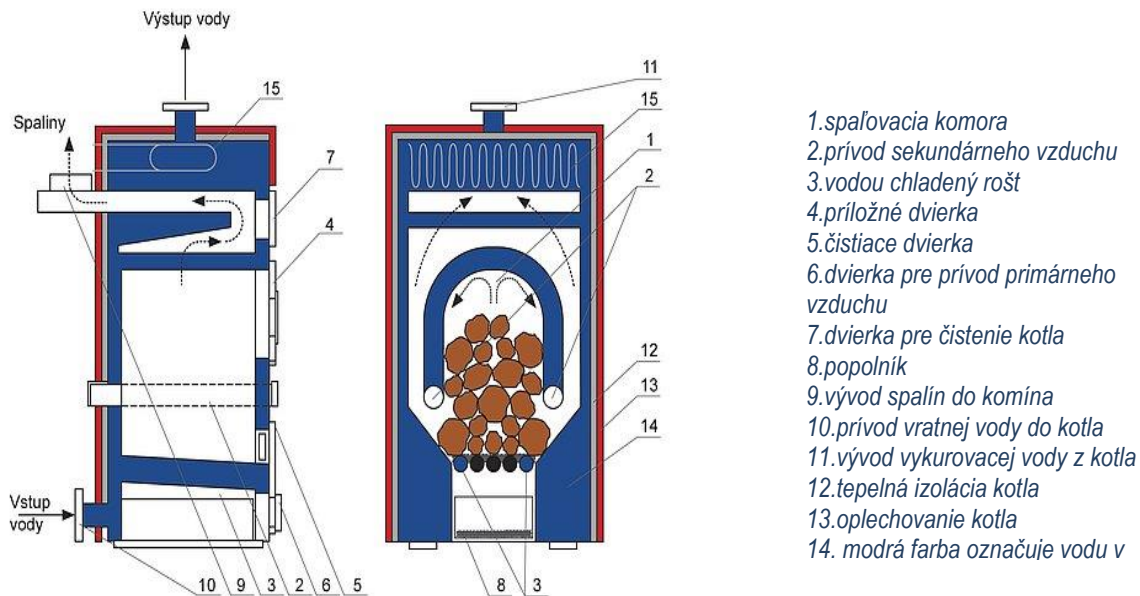
6.7.2 Zariadenia na spaľovanie biomasy pre AB

Kotle na spaľovanie kusového dreva alebo briekiet

Sú najjednoduchšie a najlacnejšie kotle pre budovu. Princíp takéhoto zariadenia je ilustrovaný na Obr. 6.85. Spaľovanie paliva prebieha v jeho celom objeme viac či menej v rovnakom čase ako v kachliach. Kotol je zvyčajne vybavený primárnym prívodom vzduchu pod roštom a sekundárnym prívodom vzduchu nad palivom. Horné dvierka slúžia na dávkovanie dreva a spodné slúžia ako otvor pre vyberanie popola. Tieto kotle využívajú prirodzený ťah. Emisie nespálených uhľovodíkov sú príliš vysoké ak sú kotle prevádzkované pri tlmených režimoch horenia napríklad v jarnom a jesennom vykurovacom období.

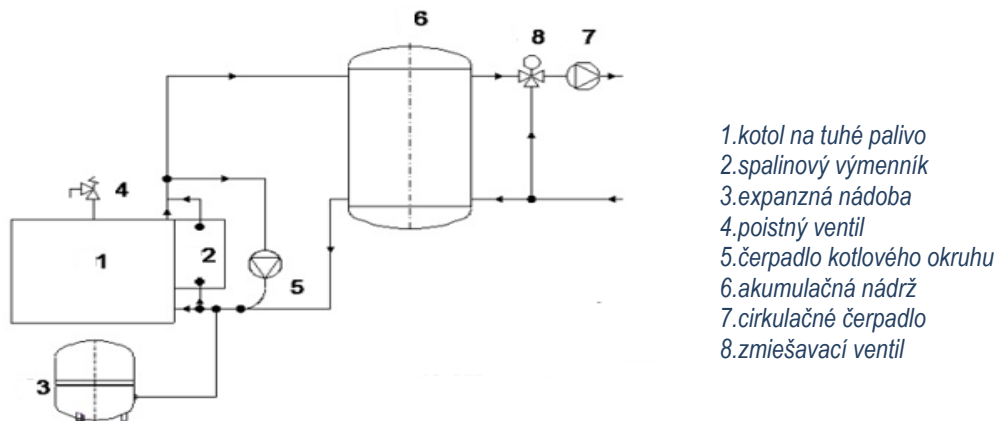
Ekologické a optimálne spaľovanie môžeme dosiahnuť len vtedy, ak kotol bude prevádzkovaný pri menovitom tepelnom výkone. Tieto kotle sú často napojené na zásobníky vody o objeme od 1-5 m³ (Obr.6.86). Teplá voda je vyrábaná tepelným výmenníkom v akumuláčnej nádrži. Toto umožňuje využiť menovitý výkon kotla a znížiť tak emisie zo spalín. V akumuláčnych nádržiach sa tiež často umiestňujú aj elektrické ohrievače. Týmto spôsobom je možné kombinovať spaľovanie dreva s elektrickým vykurovaním. V mnohých krajinách EU je cena elektrickej energie pomerne nízka počas letnej sezóny, cez víkend a v noci, čo zvyšuje ekonomickú efektívnosť systému.

Obr. 6.86 Kotel na spaľovanie kusového dreva a brikiet



Zdroj: F. Vranay

Obr. 6.87 Schéma zapojenia kotla na tuhé palivo s akumulčnou nádržou

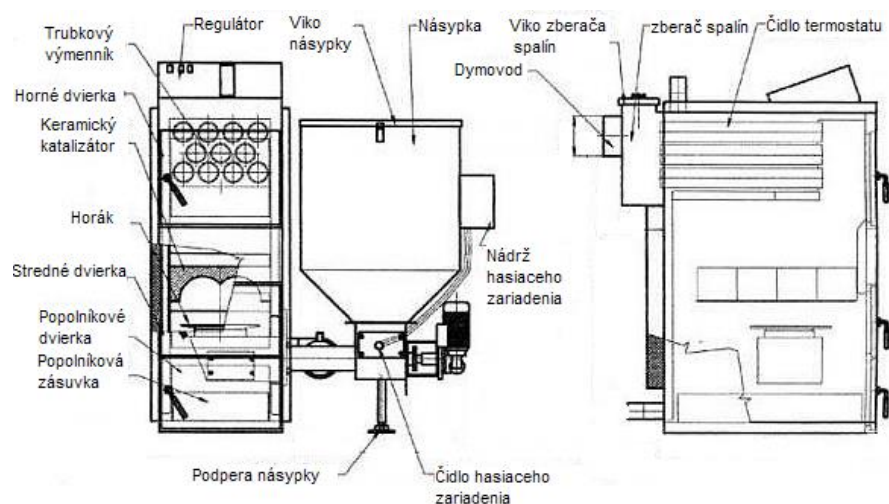


Zdroj: F. Vranay

Kotle na spaľovanie peliet s automatickým dávkovaním

Použitie drevených peliet na vykurovanie budov je pomerne nový fenomén. Zariadenia na spaľovanie peliet boli vyvíjané od roku 1980. Ich spaľovanie v kotloch ústredného kúrenia má významný podiel na trhu s teplom v Rakúsku, Dánsku a Nemecku. Pelety ako palivo sú predmetom záujmu, pretože pri ich spaľovaní produkujú nízke hodnoty emisií. Kotle na pelety umožňujú nepretržité automatické spaľovanie paliva, kontrola rýchlosti horenia a dodávky paliva šnekovým dopravníkom zo zásobníka. Niektoré kotle majú menšie zásobníky, ktoré sa dopĺňajú ručne, iné zase sú dopĺňané šnekom z veľkého skladiska peliet. Spaľovací vzduch je privádzaný elektrickým ventilátorom. Prevádzka kotla je zvyčajne riadená termostatom, alebo aquastatom v kotly.

Obr. 6.88 Schéma zapojenia kotla na pelety so zásobníkom



Zdroj: F. Vranay

6.7.3 Výhody a nevýhody biomasy pri energetickom využití

Výhody biomasy

- Jednou z najväčších výhod biomasy je jej ľahká a lokálna dostupnosť. Odpadávajú náklady na dovoz zo zahraničia, čím sa znižuje aj konečná cena.
- Možnosti využitia odpadových materiálov z drevospracujúceho priemyslu (piliny, kôra, brúsny prach, odrezky, kusový odpad - ročne sa takto vyprodukuje 1,265 milióna ton odpadovej biomasy, lesníctva (odpad zo spracovania dreva preriedovaním lesov a ťažbou, konáre, pne, kôra), poľnohospodárstva (slama, zbytky plodín, odpady z viníc, ovocných sádov, hnojivica...).
- Výroba energeticky koncentrovanejších materiálov z drevnej odpadovej biomasy: brikety (valce 15 - 25 cm), štiepky (2 – 4-cm kúsky), pelety (granule cca do 1 cm), čím sa využije „bezcný“ odpad.
- Väčšina druhov biomasy má vyššiu výhrevnosť ako hnedé uhlie.
- Len spaľovaním v súčasnosti na Slovensku málo využívanej slamy by sme mohli získať 1,6 mld kWh elektriny a 4,8 mld kWh tepelnej energie, čo sa rovná spotrebe v asi 380 000 domácnostiach.
- Veľká perspektíva z pohľadu zamestnanosti, rozvoja vidieka a pri prekonávaní krízy v poľnohospodárstve.

Nevýhody biomasy

- Využitie biopalív sa nepovažuje za ekologické za súčasných legislatívnych a trhových podmienok z dôvodu možnosti zneužitia poľnohospodárskych plôch len na energetické účely namiesto potravinárskej výroby kvôli vyšším ekonomickým ziskom.
- Pestovanie plošne rozsiahlych monokultúr energetických plodín nie je ekologicky prijateľné, ako aj ich mohutné hnojenie priemyselnými hnojivami.
- Holorubná ťažba je na Slovensku síce zakázaná, ale nadmerná ťažba dreva je reálnou hrozbou pre lesy. Preto je nevyhnutné prijať pravidlá udržateľného využívania biomasy pre energetické účely.
- Potreba skladovania z dôvodu sezónnosti produkcie,
- Potreba zabezpečenia dlhodobu spoľahlivej dodávky biomasy,
- Potreba sušenia účelovo pestovanej biomasy pred spracovaním na tuhé palivo,
- Vysoké vstupné náklady technologických zariadení

6.8 Energia vody

Vodná energia má tiež svoj pôvod v energii dopadajúcej na Zem zo Slnka. Slnčná energia spôsobuje vyparovanie vody z oceánov, morí, jazier a vodných tokov. Vodné pary sa presúvajú nad zemským povrchom a ich ochladzovanie vedie ku kondenzácii a zrážkam. Tie zaisťujú vytváranie potenciálnej energie vysoko položených zdrojov vody, ktorá sa mení na kinetickú energiu pohybom v riekach. Kinetická energia vody sa bežne využíva na výrobu elektrickej energie vo vodných elektrárňach. Technológia využívania vodnej energie je najrozvinutejšou medzi obnoviteľnými zdrojmi. Voda tvorí až 71% celkovej plochy Zeme a teda sa jedná o najbežnejšie sa vyskytujúcu látku na našej planéte. Je to obnoviteľný zdroj energie, ktorý sme schopní dlhodobo využívať bez vážnych ekologických škôd. Energia vody je vo svojej podstate premenenou slnečnou energiou. Z celkovej slnečnej energie dodanej Slnkom na Zem tvorí len 0,4%. Energia vody má však v porovnaní s priamou premenou slnečnej energie na elektrickú omnoho vyššiu technicky dosahovanú účinnosť premeny na elektrickú energiu vďaka čomu je tento primárny zdroj energie veľmi zaujímavý pre masové využitie. Vo všeobecnosti je možné povedať že účinnosť malých vodných elektrární je do 90 % a pri veľkých zdrojoch môže byť účinnosť vyššia než 90 %.

Energia vody je obsiahnutá v:

- energii atmosférických zrážok,
- energii ľadovcov,
- energii vodných tokov,
- energii morí.

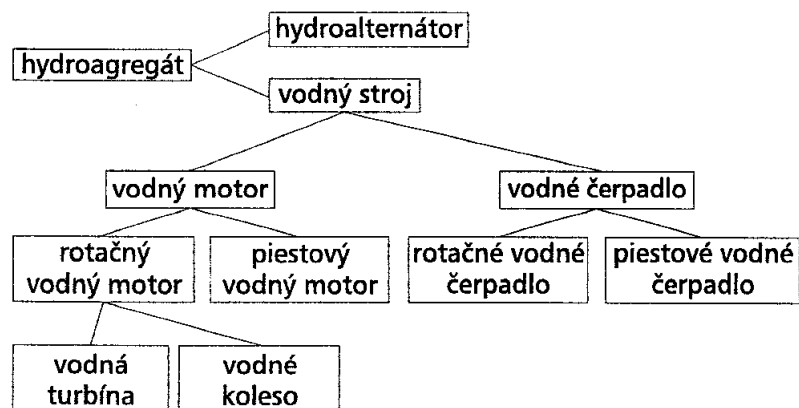
Z týchto zložiek je veľmi málo využívaná mechanická energia morí. Energiu atmosférických zrážok a ľadovcov v súčasnosti nie je možné efektívne použiť na premenu na elektrickú energiu. Vodné elektrárne využívajú na výrobu elektrickej energie hydroenergetický potenciál vodných tokov, čo je súčin priemerných prietokov a spádov daného úseku toku.

6.8.1 Vodné stroje a ich rozdelenie

Vodný stroj je zariadenie, ktoré využíva potenciálnu, kinetickú alebo tlakovú energiu vody a mení ju na mechanickú energiu točiaceho sa hriadeľa. Prehľadné členenie vodných strojov je na obrázku 6.88.

Keďže vo vodných elektrárňach dochádza spravidla k premene mechanickej energie toku na rotačnú energiu hriadeľa, ktorý poháňa generátor, budeme sa podrobnejšie zaoberať rotačnými vodnými motormi.

Obr. 6.89 Schéma členenia časti hydroagregátov



Zdroj: F. Vranay

Vodné kolesá

Vodné koleso je najstarším a najjednoduchším vodným strojom. Využíva hlavne potenciálnu energiu vody. Voda pôsobí na koleso svojou váhou, teda polohová energia sa mení na mechanickú energiu otáčajúceho sa kolesa. Vývojom vodných kolies, ktorý sa zastavil na začiatku 20. storočia, sa ich účinnosť zvýšila až na 80%, pričom bežná účinnosť vodného kolesa je 60 – 70%. V súčasnosti ich nahradili vodné turbíny, ale vodné kolesá majú veľa výhod. Sú to nenáročné, spoľahlivé a lacné motory, ktoré dokážu využiť znečistenú vodu. Dokážu pracovať na spádoch od 0,1m a s prietokmi 0,1m/s a zmena ich výkonu pri zmene plnenia je malá. Veľkou výhodou vodného kolesa je zotrvačnosť a vďaka prevodom stabilita otáčok. Konštrukcia vodného diela s vodným kolesom je oveľa lacnejšia ako vodné dielo s turbínou. Nevýhodou je, že tieto vodné motory majú nízke otáčky preto k svojej činnosti potrebujú prevodovku, teda na pohon generátora je potrebná prevodovka s veľkým prevodom a pri nízkych teplotách pod 0°C zamrzá voda. Ale dá sa tomu zabrániť umiestnením kolesa do drevenej, alebo murovanej strojovne. Priemer vodného kolesa a tvar lopatiek je závislý iba od výšky spádu a šírka kolesa je závislá iba od prietoku.

V súčasnosti je vhodné použiť vodné kolesá pre lokality s nízkym spádom (do 1,5m) a premenlivým prietokom.

Podľa konštrukcie delíme vodné kolesá na:

- korčekové – využívajú potenciálnu energiu vody,
- lopatkové – využívajú kinetickú energiu vody,

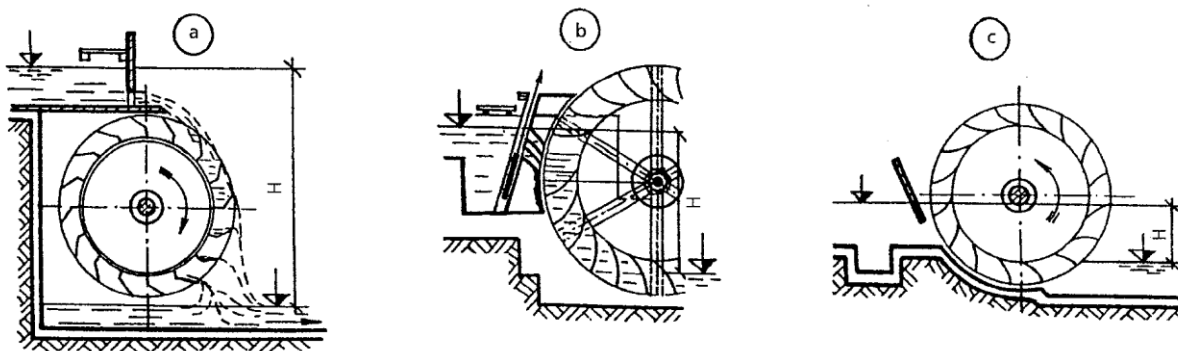
Podľa pôsobenia vodného prúdu:

- s horným náhonom,
- so stredným náhonom,
- s dolným náhonom,

Podľa smeru otáčania

- otáčanie v smere prúdu dolnej vody,
- otáčanie v smere proti prúdu dolnej vody.

Obr. 6.90 Typy vodných kolies



Pozn.: a) s horným náhonom,

b) so stredným náhonom,

c) s dolným náhonom

Zdroj: F. Vranay

Korčekové vodné kolesá

Využívajú potenciálnu energiu vody. Sú to kolesá s horným náhonom. Voda sa na koleso privádza zvrchu pomocou privádzača – náhonu a dopadá do truhličiek – korčiekov. Takéto kolesá majú veľký priemer, dosahujú najvyššie otáčky zo všetkých typov vodných kolies väčšinou sa otáčajú v smere prúdu vody. Používajú sa na malé a stredné prietoky a sú schopné spracovať aj najmenšie prietoky. Dosahujú veľmi vysokú účinnosť. Využívajú sa pre spády od 3 do 15m.

Typy korčekových vodných kolies

- s obráteným chodom – účinnosť až do 85%
- s horným náhonom s priamym chodom – účinnosť do 80%
- zo zadným dopadom – účinnosť 65 – 75%

Lopatkové vodné kolesá

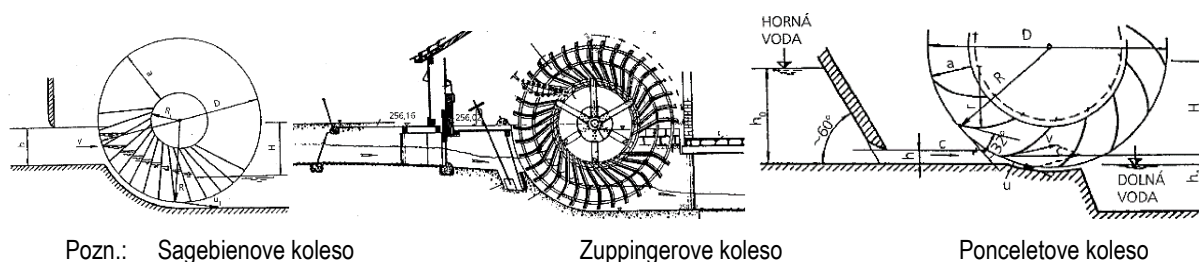
Najstarší typ vodných kolies. Využíva kinetickú energiu vody. Tieto kolesá na dolnú vodu, teda s dolným náhonom majú jednoduchú konštrukciu, ktorá je tvorená z lopatiek. Vyskytovali sa so stredným náhonom. Spodná časť kolesa je ponorená vo vode, prúd vody pôsobí na lopatky a otáča kolesom proti smeru prúdu vody. Okolo kolesa je vytvorený tesný drevený, alebo betónový žľab, tak aby voda neobtekala lopatky.

Používajú sa pre stredné a veľké prietoky a pre veľmi malé spády od 0,1 po 2,5m. Tieto kolesá sú závislé od stabilnej výšky hladiny, pretože pri nízkej hladine koleso nezostane ponorené a teda sa prestane točiť.

Typy lopatkových kolies:

- Sagebienove koleso – účinnosť až do 80%
- Zuppingerove koleso – účinnosť až do 78%
- Ponceletove koleso – účinnosť až do 65%

Obr. 6.91 Typy lopatkových kolies



Zdroj: F. Vranay

Vodné turbíny

Vodná turbína je rotačný vodný motor, ktorý premieňa buď iba kinetickú, alebo kinetickú aj tlakovú časť mechanickej energie na mechanickejšiu energiu rotujúceho hriadeľa obežného kolesa, ktorá je ďalej premieňaná na elektrickú energiu. Podľa týchto dvoch základných parametrov rozdeľujeme turbíny z hľadiska tlakových pomerov do základných skupín:

- Rovnotlakové turbíny – využívajú kinetickú energiu vody (napr. Peltonova, Bánkiho)
- Pretlakové turbíny – využívajú tlakovú energiu vody (napr. Kaplanova, Francisova)

Voda tečúca do turbíny na rozdiel od vodného kolesa vstupuje najskôr do rozvádzacieho kolesa, kde sa usmerní jej prúdenie a prechodom cez lopatky obežného kolesa sa energia vody mení na mechanickú energiu. Voda pri prechode cez lopatky obežného kolesa vyvolá na ne silové pôsobenie a táto sila uvádza do pohybu obežné koleso. Vodné turbíny sa začali používať na začiatku 19. storočia. Vo Francúzsku v roku 1835 uviedli do prevádzky prvú odstredivú (centrifugálnu) turbínu. Vodné turbíny nahradili dovtedy používané vodné kolesá, majú vyššiu účinnosť a využívajú sa aj pre veľké spády. Vodné koleso pre veľké spády je technicky nemožné vyrobiť.

V súčasnosti sú najpoužívanejšie štyri základné druhy vodných turbín – Bánkiho, Peltonova, Francisova a Kaplanova. Turbíny je okrem hľadiska tlakových pomerov možné deliť aj z nasledovných hľadísk:

Z hľadiska smeru prúdenia vody:

- Axiálna turbína – voda tečie rovnobežne s osou turbíny
- Radiálna turbína – voda tečie v smere kolmom na os turbíny
- radiálna turbína s vnútorným vtokom (centripetálna) – voda prúdi od hriadeľa, pričom obežné koleso je na vonkajšej strane rozvádzacieho kolesa
- radiálna turbína s vonkajším vtokom (centrifugálna) – voda prúdi ku hriadeľu, pričom obežné koleso je vo vnútri rozvádzacieho kolesa
- Radiaxiálna turbína – voda mení smer radiálneho na axiálny až v obežnom kolese
- Diagonálna (kuželová) turbína - voda preteká turbínou šikmou vzhľadom na jej hriadeľ (Dériazova turbína)
- Tangenciálna turbína – voda dopadá na obežné koleso ako lúč (Peltonova turbína)

Podľa polohy hriadeľa:

- turbína s vertikálne uloženým hriadeľom
- turbína s horizontálne uloženým hriadeľom
- turbína so šikmo uloženým hriadeľom

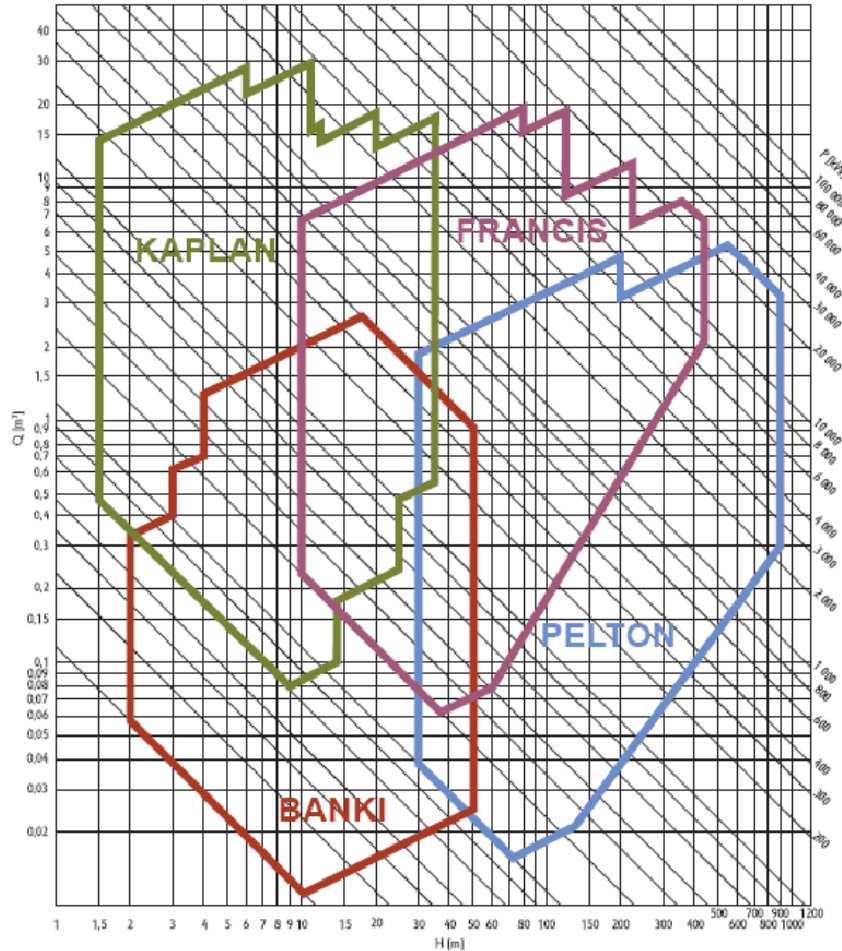
Podľa vtoku do turbíny:

- turbína s plným vtokom
- turbína s parciálnym vtokom

Závislosť výšky spádu H od prietoku vody Q popisuje H - Q diagram. Podľa tohto diagramu sa vyberá vhodný typ turbíny na použitie v elektrárni so známymi parametrami výšky spádu, prietokom vody a požadovaným výkonom. Na to slúži diagram na obrázku 6.91.

- maximálny výkon P – výkon, ktorý je k dispozícii na pohon generátora
- prietok vody turbínou Q – objem, ktorý pretečie turbínou za jednotku času. Maximálny prietok turbínou, pri ktorom vzniká maximálny výkon sa nazýva hltnosť turbíny Q_{max} a je to zároveň prietok, pri ktorom má turbína maximálnu účinnosť
- čistý spád H

Obr. 6.92 H-Q diagram (zdroj OZE) charakteristické údaje turbíny



Zdroj: F. Vranay

Rovnotlakové turbíny

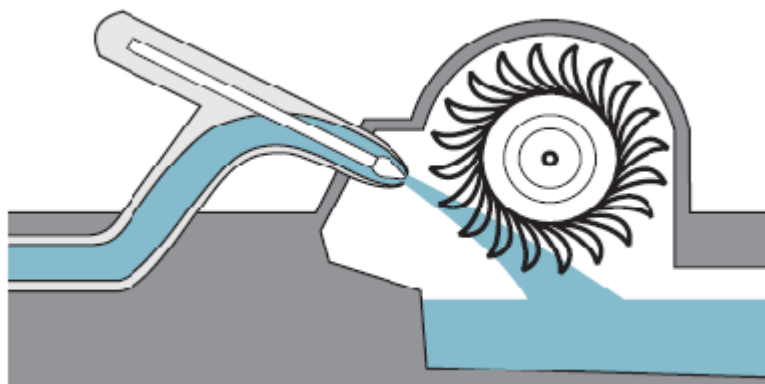
Rovnotlakové turbíny využívajú rýchlosť prúdenia vody, čo je kinetická energia vody. Rýchlosť prúdenia je závislá na spáde vodného toku. Turbíny tohto typu sú pomalobežné vodné motory, pretože obvodová rýchlosť turbíny je polovičná ako rýchlosť prúdenia vody, čo zabezpečuje optimálne využitie kinetickej energie vody. Tlak vody pôsobiaci na lopatky je rovnaký počas celej cesty vody cez turbínu. Tieto turbíny majú čiastočný (parciálny) ostrek, voda vstupuje do turbíny len čiastočne po jej obvode.

Peltonova turbína

Peltonova turbína bola vynájdená v roku 1880 americkým vynálezcom Lesterom Allanom Peltonom. Účinnosť malej turbíny je 80 až 85% a veľkej 85 až 95%. Turbína je zobrazená na. Tento typ turbíny vychádza z konštrukcie vodného kolesa. V Peltonovej turbíne sa voda na obežné koleso privádza tangenciálne cez jednu alebo viacero dýz. Pri konštruovaní Peltonovej turbíny je pre určitý rozsah výkonov možné navrhnúť priemer obežného kolesa tak, aby zodpovedal menovitým obrátkam generátora. V takom prípade nie je potrebná prevodovka a celý agregát je jednoduchší, spoľahlivejší, lacnejší, a zároveň má aj vyššiu účinnosť, pretože odpadajú straty v prevodovke. Toto riešenie sa však nedá použiť pre celý rozsah výkonov. Lopatiek býva obvykle 12 až 40 a hriadeľ turbíny aj s generátorom môže byť uložený horizontálne, keď je dýza jedna alebo sú dve. Agregáty so štyrmi až šiestimi dýzami

mávajú vertikálnu os hriadeľa. Pre zvýšenie účinnosti sú lopatky kolmé na lúč dopadajúcej vody. Výrez na lopatke slúži na lepšie prerozdelenie vody. Výstupok na lopatke rovnomerne rozdeľuje vodu dopadajúcu na lopatky. Obežné koleso je vždy uložené v turbínovej skrini, ktorá zabraňuje rozstrekavaniu vody a usmerňuje ju do odpadu. Regulácia prietoku vody v dýze a tým aj výkonu turbíny sa robí ihlovým uzáverom v osi dýzy. Regulácia musí byť plynulá, bez skokových zmien, aby nedochádzalo k rázom v privodnom potrubí. Peltonova turbína sa používa spravidla pri vysokých spádoch a menších prietokoch.

Obr. 6.93 Peltonova turbína



Zdroj: F. Vranay

Turbína sa väčšinou buduje ako horizontálna, teda aj obežné koleso je umiestnené horizontálne, takéto usporiadanie je vhodné pre menšie prietoky. Pri takomto usporiadaní je obežné koleso zavzdušnené a aj ložiská sa nachádzajú mimo vodu. Vertikálne sa umiestňujú len najväčšie Peltonove turbíny s výkonmi do 200 MW a priemerom obežného kolesa až 5 m. Takéto veľké turbíny majú okrem hlavných dýz aj pomocné dýzy slúžiace na rozbeh a brzdenie obežného kolesa. Hltnosť turbíny sa zvyšuje pridaním ďalších dýz. Pri horizontálnom umiestnení obežného kolesa sa používajú maximálne dve dýzy a pri vertikálnom až 6 dýz.

Peltonova turbína sa používa pre spády od 10 m. Používa sa pre prietoky od 1,5 l/s až do 34000 l/s. Je vhodná na použitie v malých vodných tokoch s veľkým spádom. Dokáže spracovať aj mierne znečistenú vodu a vďaka plochej charakteristike turbíny dosahuje dobrú účinnosť pri zmenách prietoku.

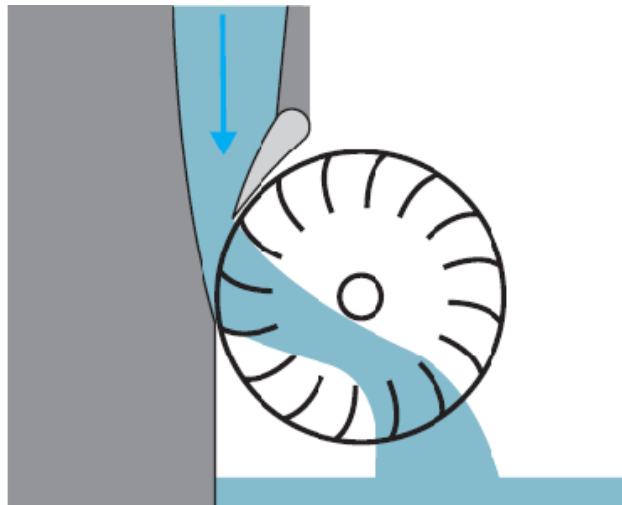
Celé zariadenie je pomerne zložité a drahé, preto sa táto turbína v malých vodných elektrárňach obvykle nepoužíva.

Bánkiho turbína

Bánkiho turbína bola teoreticky vynájdená austrálskym inžinierom A.G.M. Mitchelom v r. 1903, ale pre praktické použitie ju upravil maďarský profesor D. Bánki v r. 1918.

Je to rovnotlaková turbína s veľmi jednoduchou konštrukciou. Horizontálne umiestnené zavzdušnené obežné koleso sa skladá z dlhých zahnutých lopatiek na koncoch uzavretých diskami. Obežné koleso sa môže skladať z viacerých takýchto sekcií. Privod vody do turbíny je uskutočnený cez obdĺžnikové vtokové potrubie. Voda pri prechádzaní cez turbínu dopadne na dlhé lopatky obežného kolesa. Lopatky sa snažia odkloniť vodu smerom k hriadeľu turbíny. Voda zmenou smeru odovzdá väčšinu, asi 79%, svojej energie obežnému kolesu. Ďalej voda prechádza cez voľný zavzdušnený priestor turbíny. Potom dopadá na lopatky na opačnej strane obežného kolesa a je opäť nútená zmenou smeru odovzdať energiu obežnému kolesu. Po opustení lopatiek voľne vyteká pod obežné koleso.

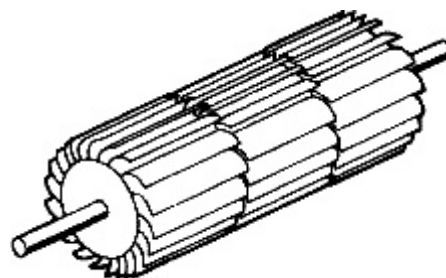
Prietok vody cez turbínu sa reguluje pomocou klapky umiestnenej na vstupe vody do turbíny. Ložiská turbíny sú umiestnené v kryte obežného kolesa a celej turbíny a nie sú v kontakte s vodou. Bánkiho turbína je zobrazená na Obr.6.92.



Zdroj: F. Vranay

Bánkiho turbína má veľmi široké použitie. Je vhodná pre spády od 1m až po 50 m s prietokom od 0,5 l/s až do 20000 l/s. Preto sa používa najmä v malých vodných elektrárňach a je vhodná pre toky s malým a premenlivým prietokom. Použitie na vodných tokoch s premenlivým prietokom je možné vďaka jej plochej charakteristike. V rozsahu plnenia od 30% do 100% pracuje s veľmi dobrou účinnosťou. Bánkiho turbína dosahuje účinnosť až 85%. Jednoduchá konštrukcia a s tým súvisiaca finančná náročnosť turbíny je ďalším dôvodom pre použitie v malých vodných elektrárňach. Obežné koleso Bánkiho turbíny je zobrazené na **Chyba! Nenašiel sa žiaden zdroj odkazov.** Šírka obežného kolesa závisí od jeho použitia. Pre veľké spády sa používa úzke obežné koleso a pre malé spády zase široké obežné koleso. Pre premenlivé prietoky sa obežné koleso rozdeľuje na sekcie $3 \times \frac{1}{3}$ šírky. Bánkiho turbína je schopná spracovať znečistené vodné toky a nie je náchylná ku kavitácii.

Obr. 6.95 Obežné koleso Bánkiho turbíny



Zdroj: F. Vranay

Pretlakové turbíny

Pretlakové turbíny využívajú tlakovú energiu vody. Časť tlaku vody sa v privádzači premení na rýchlosť, čo zabezpečí potrebné plnenie turbíny. Zvyšný tlak sa využije na lopatkách turbíny na jej roztočenie. Na výstupe z turbíny je nízky atmosférický tlak alebo aj podtlak. Tento podtlak spôsobuje kavitáciu a tá zvyšuje opotrebovanie turbíny. Preto sa na výrobu pretlakových turbín používajú veľmi kvalitné materiály. Na zamedzenie podtlaku za zavádza protitlak, turbína sa umiestňuje pod spodnú hladinu vody. Pretlakové turbíny sú rýchlobežné vodné motory. Ich otáčky sú omnoho vyššie

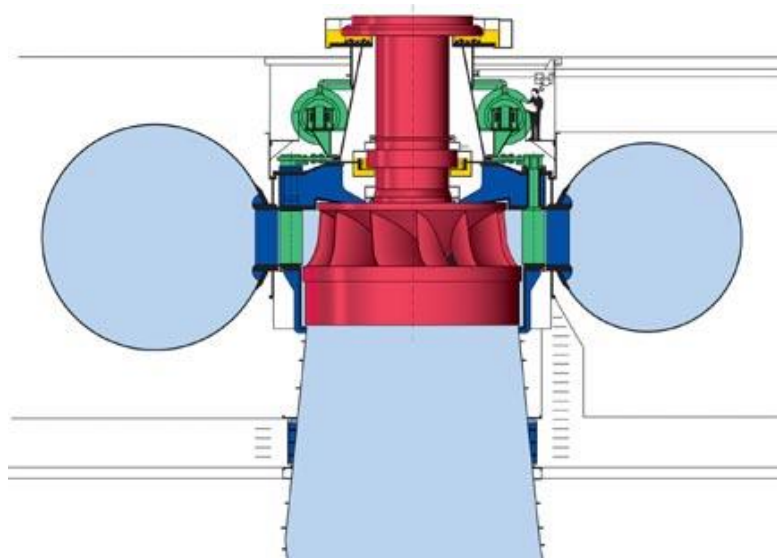
ako je rýchlosť prúdenia vody. Preto majú menšie rozmery ako rovnotlakové turbíny. Tieto turbíny majú úplný ostrek, pretože voda do turbíny vstupuje po celom jej obvode.

Francisova turbína

Francisova turbína bola vyvinutá Jamesom B. Francisom v roku 1848, na základe doposiaľ známych typov vodných turbín. V súčasnosti je to druhá najpoužívanejšia vodná turbína. Používa sa najmä pre veľké vodné elektrárne. Je vhodná pre prietoky od 600 l/s a pre spády od 10 m. Dosahuje veľké výkony, v súčasnosti najväčšia má výkon 800 MW. Účinnosť tejto turbíny býva cez 90 %. Radí sa medzi normálobežné a rýchlobežné vodné motory.

Francisova turbína je pretlaková, to znamená že voda pri prechode turbínou mení svoj tlak. Voda svoju tlakovú energiu odovzdá lopatkám obežného kolesa. Na nasmerovanie toku vody na lopatky obežného kolesa a získanie rýchlosti slúži rozvádzacie koleso s pohyblivými lopatkami. Voda dopadá na obežné koleso po celom obvode, prechádza cez lopatky obežného kolesa a tu odovzdáva svoju energiu. Po prechode obežným kolesom má voda nízky tlak. Francisove turbíny sa osadzujú s horizontálnym aj vertikálnym umiestnením rotora. Turbíny s vertikálnym rotorom sú vhodné pre malé vodné elektrárne, pretože sú schopné využiť spád od 2 m a prietok od 100 l/s. Francisova turbína je zobrazená na (Obr. 6.94)

Obr. 6.96 Francisova turbína



Zdroj: F. Vranay

Kaplanova turbína

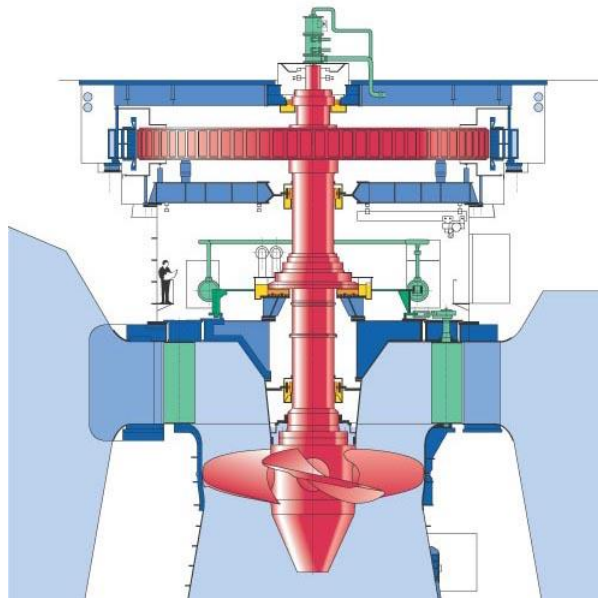
Kaplanova turbína je pretlaková turbína, vynájdená rakúskym inžinierom a profesorom Viktorom Kaplanom v roku 1918 počas svojho pôsobenia v Brne. V súčasnosti je to najpoužívanejší typ vodnej turbíny. Má široký rozsah použitia, používa sa pre malé, stredné a aj veľké vodné elektrárne. Dosahuje najvyššiu účinnosť zo všetkých typov vodných turbín a to viac ako 90%. Používa sa pre spády od 1 m až do 80 m a pre prietoky od 200 l/s, ale hlavne sa používa pre väčšie prietoky a menšie spády. Kaplanova turbína sa radí do kategórie rýchlobežných vodných motorov, pretože rýchlosť otáčania obežného kolesa je dvakrát väčšia ako rýchlosť vody pretekajúcej cez turbínu.

Zakladané časti turbíny sú pevné rozvádzacie koleso s polohovateľnými lopatkami a obežné koleso s polohovateľnými lopatkami. Práve vďaka polohovateľným lopatkám je turbína veľmi dobre regulovateľná, aj pri premenlivom prietoku dosahuje maximálnu účinnosť, čo umožňuje jej použitie na vodných tokoch s premenlivým prietokom. Konštrukcia tohto typu je veľmi zložitá a tým aj drahá. Preto malé Kaplanove turbíny pre malé vodné elektrárne majú pevné lopatky

obežného aj rozvážacieho kolesa, ale dosahujú nižšiu účinnosť. Počet lopatiek obežného kolesa je vždy párný, najčastejšie sa používajú štyri lopatky. Voda je do turbíny privádzaná cez tlakový privádzač k obežnému kolesu. Na lopatkách rozvážacieho kolesa voda získa potrebný smer a rýchlosť a postupuje na lopatky obežného kolesa, kde odovzdá svoju tlakovú a kinetickú energiu. Po opustení turbíny má voda nízky tlak. Turbína je náchylná na kavitáciu, preto musí mať protitlak. To sa rieši umiestnením turbíny pod minimálnu hladinu vody vo vývare.

Kaplanova turbína sa umiestňuje vertikálne v akumulčných a haťových elektrárňach alebo horizontálne v prietokových elektrárňach. Výhodou tejto turbíny je malá stavebná výška a tým nižšie náklady na stavbu elektrárne. V súčasnosti je veľa rôznych modifikácií Kaplanovej turbíny a jej vývoj stále pokračuje. Kaplanova turbína je zobrazená na (Obr.6.95).

Obr. 6.97 Kaplanova turbína



Zdroj: F. Vranay

6.8.2 Vodné elektrárne

Vodná elektráreň využíva energiu vodného toku (potenciálnu a kinetickú) na výrobu elektrickej energie. Vodná elektráreň je obvykle súčasťou vodného diela. Vodné dielo je stavebné a strojné zariadenie, ktoré je potrebné na využitie vodnej energie v určitom úseku vodného toku a jej premenu na mechanickú energiu. Účelom vodného diela je s maximálnou možnou účinnosťou zužitkovať kinetickú, alebo potenciálnu energiu vody na premenu najskôr vo vodnom motore na mechanickú energiu a potom v generátore na elektrickú energiu. Úlohou ostatných častí vodného diela je dopraviť vodu k motoru bez straty energie.

Delenie vodných elektrární podľa:

Inštalovaného výkonu:

- domáce vodné elektrárne s inštalovaným výkonom do 35kW
- mikro vodné elektrárne s inštalovaným výkonom od 35 do 1 MW
- malé vodné elektrárne inštalovaný výkon od 1MW do 10MW
- stredné vodné elektrárne inštalovaný výkon od 10MW do 200MW
- veľké vodné elektrárne inštalovaný výkon nad 200MW

Využívaného spádu:

- nízkotlakové – spád do 20m
- strednotlakové – spád od 20m do 100m
- vysokotlakové – spády nad 100m

Pokryvania denného diagramu zaťaženia:

- základné
- polo špičkové
- špičkové
- samostatné – pracujú v ostrovnej prevádzke

Pracovného režimu:

- akumulačné VE
- derivačné VE
- prietokové VE
- prečerpávacie VE
- prílivové VE

Elektrotechnické zariadenia malých vodných elektrární (MVE)

Už pri návrhu stavebnej časti MVE je potrebné poznať aj druh a rozsah elektrického zariadenia, pretože toto má vplyv na dispozičné riešenie a statické riešenie strojovne elektrárne. Základnými prvkami elektrického systému MVE sú:

- generátor
- vývody z generátora
- rozvodňa generátorových vývodov
- blokový transformátor
- vonkajšia rozvodňa
- transformátor vlastnej spotreby
- elektrické motory pre ovládanie rôznych zariadení (žeriavy, čerpadlá, klapky atď.)
- budiče generátorov
- pomocné zariadenia (odpojovače, ističe, vypínače a pod.)

Vlastnú premenu mechanickej energie, dodávanej vo forme momentu z rotujúceho hriadeľa vodného stroja, zaisťuje elektrický generátor. Tento generátor je pripojený prostredníctvom prenosového a obvykle aj transformačného zariadenia k miestu spotreby. Vyrobenú elektrickú energiu je potrebné okamžite spotrebovať, prakticky sa nedá akumulovať za prijateľnú cenu. Prenosovú cestu tvorí elektrický obvod so spínacími a istiacimi prístrojmi, riadiacimi, meracími a zabezpečovacími obvodmi. Elektrické zariadenie MVE úzko súvisí s usporiadaním hydroagregátu, jeho parametrami a s charakterom spotreby vyrobenej elektrickej energie.

Ekologické kritériá pre malé vodné elektrárne

- MVE by nemali zásadne ovplyvňovať vodný tok a ekosystémy, ktoré sú na toku závislé, preto je lepšie stavať mikroelektrárne, resp. zdroje, ktoré neprehradia tok v celom jeho profile.
- Ak už je nevyhnutné tok prehradiť, tak podobne ako pri veterných elektrárnach treba otvorene komunikovať so všetkými dotknutými stranami a snažiť sa projekt umiestňovať nenásilne, navrhovať ho architektonicky citlivo a aktívne riešiť zhoršené podmienky migrácie rýb (rybovody) a pod.

Výhody VE

- MVE sú úplne bez emisií, nerušia prostredie ani hlukom ani vizuálne a pri vybudovaní kanálov alebo iných priepustí pre vodné živočíchy minimálne narúšajú vodné prostredie.
- Doba ekonomickej návratnosti pri MVE je asi 7-10 rokov.
- MVE majú oproti iným zdrojom dlhú životnosť – aj viac ako 70 rokov. Nakoľko cena elektriny má rastúci trend, pre investorov by mali byť čoraz zaujímavejšie.

Nevýhody VE

- Veľké vodné elektrárne sa nepovažujú za obnoviteľný zdroj, pretože výrazne narúšajú charakter prostredia, majú vplyv na mikroklimatické pomery (zrážky, veternosť), úplne premenia pôvodné vodné prostredie a výrazne menia aj okolité prostredie vzhľadom na ich vplyv na výšku hladiny podzemných vôd a zmenu jej prúdenia.
- V prípade vodných nádrží je potrebné zaplavenie územia, čo je často spojené so záberom poľnohospodárskej alebo lesnej pôdy, vystaňovaním obyvateľov, zničením ich pôvodného majetku, zničením historicky významných častí územia a pod.
- Aj keď ide o obnoviteľný zdroj energie, v dôsledku erózie pôdy nad priehradami dochádza k postupnému zanášaniam nádrží sedimentmi, čo vyžaduje ich neustále odstraňovanie (bagrovanie a odvážanie), ktoré môže byť samo o sebe energeticky veľmi náročné.
- Nevýhody sa teda týkajú len veľkých vodných elektrární. Na druhej strane už vybudované VVE treba využívať na 100%, keďže ešte stále sú ekologicky prijateľnejšie ako uhlie alebo jadro a môžu prispieť k zníženiu emisií CO₂.

6.9 Energia vetra

Energia vetra je formou slnečnej energie, ktorá vzniká pri nerovnomernom ohrievaní zemského povrchu. Slnko vyžaruje smerom k Zemi energiu rovnajúcu sa 100,000,000,000,000 kWh. Z tejto hodnoty sa približne 1 až 2 % mení na energiu vetra. Je to 50 až 100-krát viac ako energia, ktorú premenia všetky rastliny na Zemi na živú biomasu. Vietor, keďže je prítomný všade, bol človekom využívaný od nepamäti. Navyše táto energia je prítlačivá aj dnes, pretože jej využívanie neprodukuje žiadne odpady, neznečisťuje ovzdušie a nemá negatívny vplyv na zdravie ľudí. Vietor ako primárny zdroj energie je zadarmo a je ho možné využiť decentralizovane takmer v každej časti sveta.

6.9.1 Veterné zariadenia

Veterné zariadenia slúžia na premenu energie vetra na mechanickú energiu. Tá je charakterizovaná točivým momentom a otáčkami rotora. V súčasnosti je najčastejšie premieňaná na elektrickú energiu alebo priami pohon mechanického vodného čerpadla.

Najčastejšie delenie veterných zariadení je podľa osí otáčania, a to:

- S vodorovnou osou otáčania
- So zvislou osou otáčania

Podľa inštalovaného výkonu ich môžeme rozdeliť na

- Malé do 20 kW
- Stredné do 50 kW
- Stredne veľké do 250 kW
- Veľké nad 250 kW

Savoniusov rotor

Základný typ je tvorený dvomi polvalcovými plochami, ktoré sú vzájomne presadené s medzerou. Jeho výhodou je jednoduchá a lacná konštrukcia. Rozbeh aj pri malých rýchlostiach vetra. Počiatočný krútiaci moment závisí od presadenia polvalcových plôch ale aj od polohy rotora voči smeru vetra. Jeho účinnosť je približne 20%.

Obr. 6.98 Savoniusov rotor



Zdroj: F. Vranay

Darrieusov rotor

Skladá sa z 2 alebo 3 krídel rotujúcich okolo spoločnej zvislej osi. Ich výhodou je, nezávislosť na smere vetra, pomerne jednoduchá konštrukcia a možnosť umiestniť generátor v zemi. Niekedy sa vyskytuje v kombinácii s savoniusovým rotorom najmä kvôli jeho dobrým rozbehovým vlastnostiam. Problematické je však výkonová regulácia rotora (tú nie je možné riešiť natočením lopatiek), ktorá je realizovaná mechanickou brzdou na hriadeli rotora. Medzi klasické usporiadania lopatiek patrí usporiadanie do H, Δ , alebo najčastejšie ϕ . Najväčšia elektrárňa tohto typu Éole je umiestnená v Kanade, má výšku rotora až 96 m s priemerom 64 m. Inštalovaný výkon je 3,8 MW.

Obr. 6.99 Darrieusov rotor

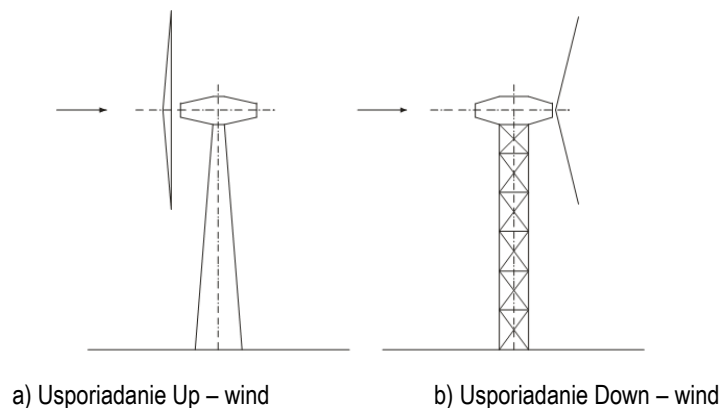


Zdroj: F. Vranay

Veterné elektrárne s horizontálnou osou otáčania

Sú to rýchlobežné zariadenia. Ich účinnosť dosahuje až 40% pri uvažovaní premeny na elektrickú energiu. Lopatky vrtule môžu byť natáčacie. Gondola sa musí natáčať do smeru vetra. Usporiadanie má 2 možné konštrukčné riešenia a to up – wind, alebo down – wind. Pri usporiadaní up – wind je potrebné brať do úvahy priehyb lopatky. Turbína pracuje v menšom aerodynamickom tieni stĺpa, má pokojnejší chod a menší hluk. Usporiadanie down – wind nepotrebuje riadenie natáčania do smeru vetra, pracuje však vo väčšom aerodynamickom tieni stĺpa preto je v tomto prípade požiadavka aby bol stĺp prútovej konštrukcie. Takto bude mať menší aerodynamický tieň.

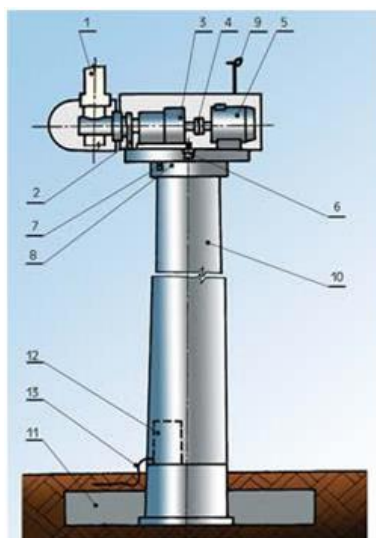
Obr. 6.100 Savoniusov rotor



Zdroj: F. Vranay

Optimálne prevádzkové otáčky stúpajú s klesajúcim počtom listov, čo sa však prejavuje menej pokojným chodom zariadenia. Vo všeobecnosti môžeme povedať, že dvojlistové veterné turbíny sú viac rozšírené v Amerike a trojlistové v Európe.

Obr. 6.101 Konštrukcia veternej elektrárne s horizontálnou osou natáčania



Pozn.: 1 – rotor s rotorovou hlavou a listami; 2 – brzda rotora; 3 – planetová prevodovka 4 – spojka; 5 – generátor; 6 – natáčanie strojovne 7 – brzda; 8 – ložisko; 9 – meranie rýchlosti a smeru vetra 10 – veža elektrárne; 11 – betónový základ; 12 – rozvádzač; 13 – elektrická prípojka

Zdroj: F. Vranay

Ekologické kritériá pre využitie veternej energie

- Najbližšia vrtuľa 600 m od prvých obydľí.
- Výstavba mimo hlavných migračných trás a výskytu vzácných druhov vtáctva.
- Výstavba mimo národných parkov a CHKO a aj ich ochranných pásiem.
- Nestavať veterné elektrárne v územiach so vzácnou historickou a kultúrnou scenériou.

Z toho dôvodu je dobré vykonať v záujmovom území reprezentatívny prieskum verejnej mienky (najlepšie v spolupráci s miestnymi úradmi) a podľa jeho výsledku sa aj riadiť.

Výhody veternej energie

- Pri výrobe elektriny vo veterných elektrárnach nevznikajú emisie ani žiaden škodlivý odpad.
- Nemá negatívny vplyv na zdravie ľudí (s výnimkou možného vzniku hluku pri prevádzke veternej elektrárne).
- Výroba elektriny nie je závislá od ceny vstupnej suroviny (na rozdiel od tepelných, plynových, jadrových elektrární).
- Prevádzkové náklady sú nízke a obsluha je nenáročná.

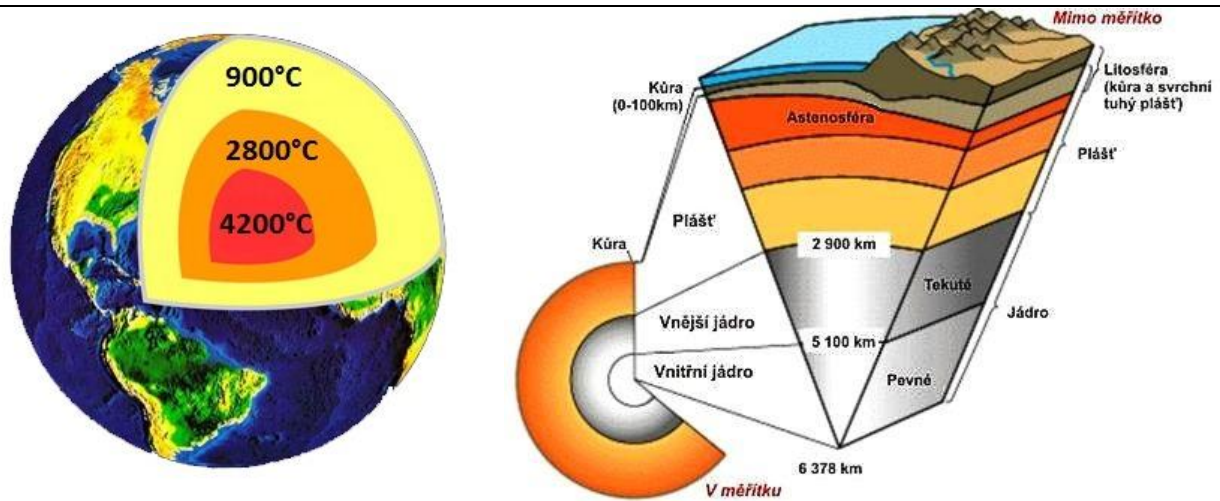
Nevýhody veternej energie

- Závislosť od aktuálnej meteorologickej situácie.
- Malý výkon veterných elektrární (najväčšie veterné elektrárne vo svete majú výkon do 3,2 MW, bežný výkon je od 0,5 do 1 MW).
- Pomerne vysoké výdavky na stavbu.
- Veterné elektrárne môžu spôsobiť rušenie elektromagnetického poľa vo svojom okolí. To je možné kompenzovať tým, že sa na listy rotora používajú materiály ako drevo alebo sklolaminát.
- Pri otáčaní listov rotora vzniká hluk a negatívny vizuálny efekt.

6.10 Energia geotermálna

Geotermálna energia nie je v pravom slova zmysle obnoviteľným zdrojom energie, nakoľko má pôvod v horúcom jadre Zeme, z ktorého uniká teplo cez vulkanické pukliny v horninách. Vzhľadom na obrovské, takmer nevyčerpatelné zásoby tejto energie, však býva medzi tieto zdroje zaradované. Teplota jadra sa odhaduje na viac ako 4000 st. Celzia a v desaťkilometrovej vrstve zemského obalu, ktorá je dostupná súčasnej vŕtacej technike, sa nachádza dostatok energie na pokrytie našej spotreby na obdobie niekoľko tisíc rokov. Vo vnútri zeme sa hromadí veľké množstvo tejto energie. Pomalým prenikaním na povrch sa tvoria termálne toky, ktoré činia v priemere 0,063 W/m². Termálny spád meria zvýšenie teploty na jednotku dĺžky: blízko povrchu zeme, je termálny spád, ktorý poháňa geotermálny tepelný tok, približne rovný 30°C/km. To znamená, že asi na 3 km dĺžky dosiahne v priemere 100°C. Tieto údaje vedú k záveru, že výsledný výkon je veľmi vysoký, ale je rozložený na takom veľkom území, že jeho hustota je veľmi nízka. Je oveľa nižšia, ako hustota tepelného prúdenia prichádzajúca zo slnka za jasného počasia. To spôsobuje, že využívanie tejto energie je zložitejšie, ale v regiónoch s neobvykle veľkými geotermálnymi prameňmi je geotermálny spád väčší ako priemer. Na takýchto miestach je možné nájsť v hĺbke 1500 a 2500 m teplotu až do 200°C. Geotermálna energia má viacero využití.

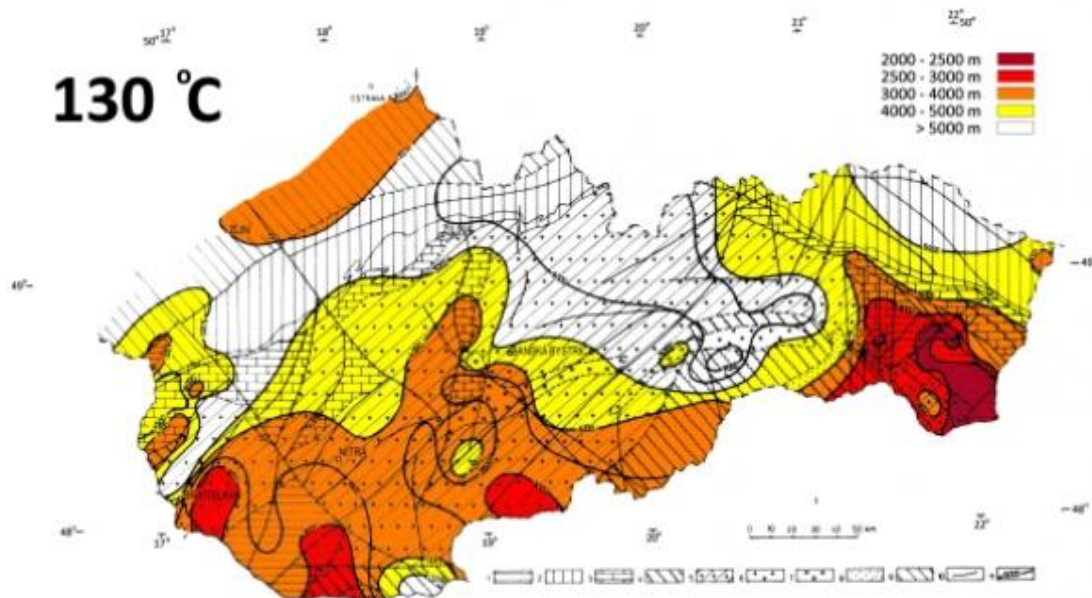
Obr. 6.102 Rozloženie teplôt v zemskom jadre a skladba zemského jadra



Zdroj: F. Vranay

Na území Slovenska sa nachádza 25 perspektívnych oblastí s geotermálnymi zdrojmi s teplotou vody do 150°C v hĺbkach do 5000 m. Tieto pramene sa využívali hlavne v poľnohospodárstve. Dnes sa využívajú na vykurovanie kúpalísk s geotermálnou vodou, vykurovanie nemocnice a sídliska. Dnešné využívanie na území SR je však obmedzené z dôvodu vysokých finančných nákladov. Výhody geotermálnej energie sú vysoký výkon a žiadna produkcia škodlivín a možnosť postavenia všade na pevnine. Nevýhodou je, že využívanie tejto energie zvyšuje množstvo zemetrasení, prepádavanie sa zemskej kôry a riziko úniku jedovatých zlúčenín z vrtnu.

Obr. 6.103 Energetický potenciál geotermálnej energie na Slovensku. Mapa zobrazuje výskyt teploty 130°C v označených hĺbkach pod povrchom. Najdostupnejšia je vo východoslovenskej nížine v hĺbke 2000 až 2500 metrov



Zdroj: F. Vranay

V praxi je však možné využívať aj geotermálnu energiu z nižšími tepelnými hodnotami, ako má prehriata voda, resp. para. Iba na niekoľko stupňový rozdiel oproti vonkajším teplotám je možné zužitkovať v tepelných čerpadlách, ktoré pracujú na princípe termodynamického chladiaceho obehu.

Tepelné čerpadlo alebo chladiace zariadenie je možné využiť pre ohrievacie a chladiace procesy striedavo (najmä teplovzdušné vykurovanie v zime a klimatizácia v lete) alebo aj súčasne, čo je energeticky efektívne. Pomocou tepelného čerpadla z 1 kWh možno získať v priemere cca. 2,5 – 4 kWh tepelnej energie.

6.10.1 Využívanie vysokopotenciálnej geotermálnej energie

Geotermálne elektrárne

Najvýhodnejším využitím geotermálnej energie je jej zhodnotenie v geotermálnej elektrárni využitím termálnych vôd. Predpokladom sú ale vhodné podmienky ako:

- teplota vody požadovaná cca 150°C
- garantovaná dlhodobá výdatnosť, množstvo vody
- chemické zloženie, mineralizácia geotermálnej vody

Vzhľadom k veľkému množstvu odoberanej vody z podložia je riešenie systémom vrtov ťažobných a reinjektážnych. Voda vzhľadom na svoje vlastnosti a množstvo sa nesmie vypúšťať priamo na zemský povrch. Zároveň dlhodobým odčerpávaním geotermálnej vody by nastal nedostatok vody v podloží čo by malo za následok kolaps celého systému. Koncepcia je tvorená dvomi základnými okruhmi.

Primárny okruh (geotermálna voda) tvoria:

- ťažobný vrt
- výparník
- reinjektážny vrt s čerpadlami

Sekundárny okruh (pracovná látka, demineralizovaná voda) tvoria:

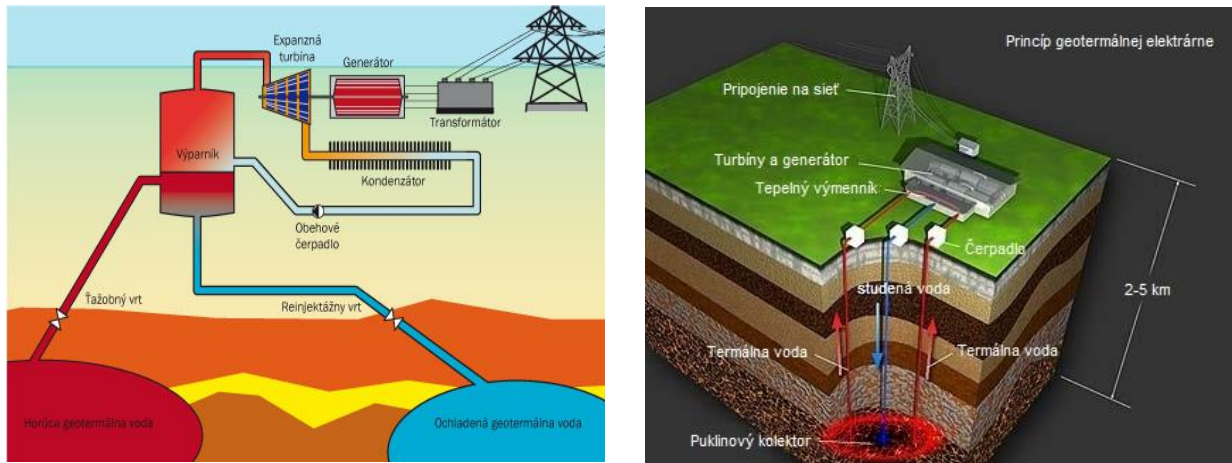
- výparník
- expanzná turbína
- kondenzátor
- obehové čerpadlo

Ťažobným vrtom sa horúca geotermálna voda odčerpáva do výparníka, kde sa v sekundárnom okruhu odparuje látka. Takto vzniknutá para je privádzaná na expanznú turbínu ktoré poháňajú generátor. Generátor premieňa kinetickú energiu z turbíny na elektrickú energiu. Systémom transformátorov a elektrickej rozvodnej siete sa potom dodáva do rozvodnej elektrickej siete.

Vodná para ktorá odovzdala energiu v turbíne sa v kondenzátore mení na horúcu vodu a pomocou obehového čerpadla vracia sa opäť do výparníka.

Geotermálna (primárna voda) po odovzdaní energie vo výparníku sa reinjektuje (vháňa pomocou čerpadiel) naspäť do podložia. Dôležité sú pre správnu účinnosť systému polohy vrtov ťažobného a reinjektážneho, aby navrátená voda nevychladzovala priamo vodu v ťažobnom vrte.

Obr. 6.104 Schéma využitia geotermálnej energie v elektrárni, princíp geotermálnej elektrárne



Obr. 6.105 Geotermálnej elektrárneň



Viacstupňové využitie geotermálnej energie

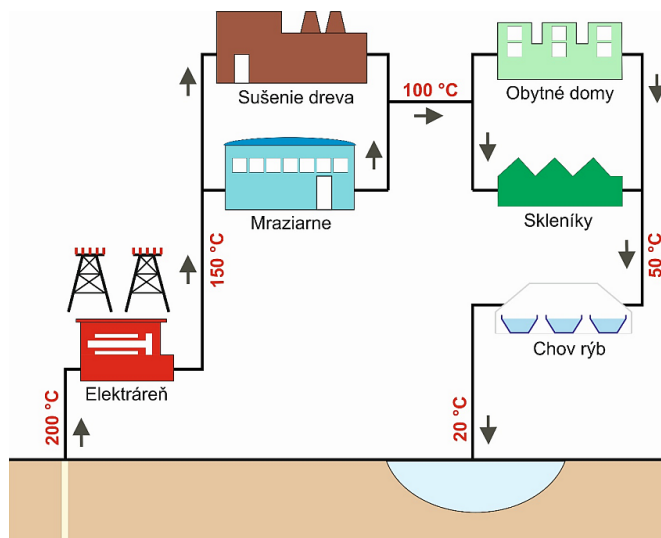
Zmyslom tohto riešenia je maximalizovať efektivitu investovaných prostriedkov do výstavby systému geotermálnych zdrojov tepla. Z tohto dôvodu je požiadavka získanú vodu z podložia do maximálnej miery vychladiť (využiť jej energetický potenciál) a navrátiť späť do podložia, alebo pri vhodných podmienkach ju vypustiť do povrchových vôd. Odborné miesta musia byť radené postupne podľa požadovanej teploty:

- Geotermálna elektrárneň 200 – 150 °C
- Technologické využitie tepla 150 – 100 °C
- Vykurovanie objektov a skleníkov 100 - 50 °C
- Chov rýb, bazény, kúpaliská 50 - 20 °C

Systém je náročný napriestorové rozloženie jednotlivých odberných miest. Snaha je o minimalizáciu rozvodov medzi jednotlivými odbernými miestami a znižovaní čerpacej práce pri transporte horúcej vody. Odborné miesta musia byť

riešené systémom vlastných okruhov s upravenou vodou kde cez výmenníky sa odoberá energia. Problémom sa stáva aj sezónnosť odberu tepla pri niektorých spotrebičoch, čo celoročnú účinnosť využitia znižuje.

Obr. 6.106 Schéma viacstupňového využitia geotermálnej vody



Výhody geotermálnej energie

- Cenovo stabilné vykurovanie.
- Vykurovanie nezávislé od počasia (závislé je napr. v prípade slnečnej energie).
- Možnosť kombinovanej výroby elektriny a tepla pri geotermálnych zdrojoch s teplotou nad 100°C.
- Ďalšie širokospektrálne možnosti využitia - okrem výroby elektriny alebo kúrenia napr. na ohrev skleníkov, potravinársku výrobu – sušenie plodín, termálne a liečivé kúpele a kúpaliská...
- Perspektívne využitie vo viacerých obciach na Slovensku, najmä však na východnom Slovensku v Košickej kotline.

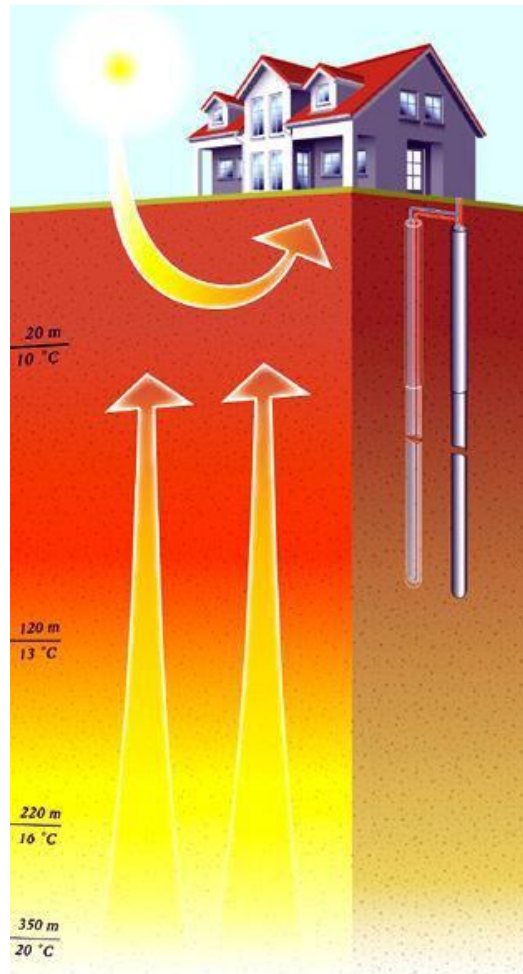
Nevýhody geotermálnej energie

- Vysoké vstupné investičné náklady vzhľadom na potrebný geologický prieskum, ale aj samotné vykonanie vrtov.
- Potreba používania výmenníkov pri využívaní horúcich prameňov z dôvodu vysokej mineralizácie našich geotermálnych vôd (odpadá pri využívaní tepla z horniny).
- Vysoká mineralizácia vody vyžaduje jej ďalšie spracovanie, pretože ju nie je možné vypúšťať do povrchových vôd. Reinjektáž do podzemia môže stabilizovať tlak v horninovom prostredí, čo je výhodou, avšak môže znížiť životnosť zdroja jeho postupným ochladzovaním kontaktom s ochladenou využitou vodou.

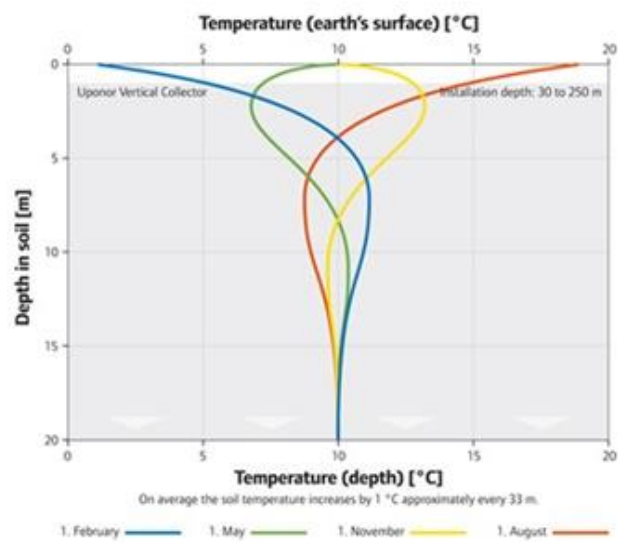
Nízkopotenciálna geotermálna energia

V malých hĺbkach do cca 120 metrov je teplota podlažia v bežných podmienkach stabilná s možnosťou energetického využitia. Na obr. 6.104 a 6.105 je vidieť priebeh teploty. Zemina do hĺbky 20 metrov je ovplyvňovaná výkyvmi teploty vzduchu počas roka. Pod touto hĺbkou je už stabilná s postupným nárastom. V hĺbke 20 metrov je teplota cca 10°C, v hĺbke 350 metrov na úrovni cca 20°C. Pre vykurovanie je to potenciál pre využitie tepelných čerpadiel v zimných mesiacoch pre odber tepla. V mesiacoch letných v čase potreby chladiť je možné potenciál využiť na pasívne chladenie, alebo pri potrebe väčšieho výkonu na aktívne chladenia opäť systémom tepelného čerpadla formou zemných suchých vrtov.

Obr. 6.107 Rozloženie teplôt geotermálnej energie v malých hĺbkach do 350 metrov



Obr. 6.108 Kolísanie teplôt geotermálnej energie počas roka v hĺbke do 20 metrov



Zoznam tabuliek

- Tab. 6.1 Priemerné vypočítané hodnoty fotovoltického systému
- Tab. 6.2 Porovnanie výsledných hodnôt
- Tab. 6.3 Teplotné hodnoty bežne používaných chladív v TČ
- Tab. 6.4 Výpočet vyprodukovaného množstva emisií CO₂ pri rôznych systémoch výroby tepla
- Tab. 6.5 Určenie základných parametrov návrhu a celoročnej prevádzky tepelného čerpadla v režime vykurovania
- Tab. 6.6 Energetický potenciál fytohmoty
- Tab. 6.7 Spôsoby konverzie biomasy na energiu

Zoznam obrázkov

- Obr. 6.1 Prínosy Európskej zelenej dohody
- Obr. 6.2 Opatrenia Európskej zelenej dohody
- Obr. 6.3 Budúci rámec bude založený na šiestich environmentálnych cieľoch EÚ
- Obr. 6.4 Taxonómia EÚ – vývoj
- Obr. 6.5 Spotreba energie a globálne ročné emisie skleníkových plynov podľa IEA (2020)
- Obr. 6.6 Podiel obnoviteľných zdrojov energie (OZE) na hrubej konečnej spotrebe energie, EÚ
- Obr. 6.7 Podiel obnoviteľných zdrojov energie (OZE) na hrubej konečnej spotrebe energie podľa krajín
- Obr. 6.8 Toky energie zo slnka na zem
- Obr. 6.9 Porovnanie energie dopadajúcej na zemský povrch zo Slnka s celosvetovou potrebou energie za rok a zásobami fosílnych palív
- Obr. 6.10 Slnčné žiarenie dopadajúce na zemský povrch a prienik zemskou atmosférou
- Obr. 6.11 Podiel žiarenia priameho a globálneho počas roka v našich zemepisných šírkach
- Obr. 6.12 Spôsoby využívania slnečnej energie v administratívnych budovách
- Obr. 6.13 Uhol naklonenia slnečného modulu
- Obr. 6.14 Dopadajúce slnečné lúče na naklonenú plochu
- Obr. 6.15 Ročné úhrny energie slnečného žiarenia v závislosti na sklone a orientácii kolektora
- Obr. 6.16 Detail výpočtu v Exceli - Kolektor plochý selektívny orientovaný na JUH so sklonom 45°
- Obr. 6.17 Detail výpočtu v Exceli - Kolektor trubícový vákuový orientovaný na JUH so sklonom 45°
- Obr. 6.18 Schéma štruktúry premeny slnečnej energie na iné formy energie.
- Obr. 6.19 Funkcia a konštrukcia plochého selektívneho kolektora a jeho energetická bilancia
- Obr. 6.20 Klasifikácia solárnych kolektorov
- Obr. 6.21 Relatívne spektrálne rozdelenie solárneho žiarenia (povrchová teplota slnka cca 6000 °C, a teplota absorbéra cca 70 °C)
- Obr. 6.22 Prechod žiarenia podľa vlnovej dĺžky pre rôzne druhy materiálov: (slnečné žiarenie 0,4 – 1 μm) do kolektora sklo prepúšťa a tepelné žiarenie 4-20 μm y kolektora neprepúšťa.
- Obr. 6.23 Absorpcia rôznych povlakov absorbéra: Slnečné žiarenie pohlcuje, tepelné žiarenie emituje minimálne (vysoko selektívny povlak)
- Obr. 6.24 Účinnosť kolektora ako funkcia rozdielu teplôt medzi absorbérom a okolím pri slnečnom žiarení 800, 400 a 200 W/m².
- Obr. 6.25 Charakteristiky rôznych konštrukcií kolektorov.
- Obr. 6.26 Definícia plochy apertúry a obrysovej plochy solárnych kolektorov
- Obr. 6.27 Ploché kolektory kvapalinové
- Obr. 6.28 Ploché kolektory vzduchové
- Obr. 6.29 Slnečné kolektory vákuové
- Obr. 6.30 Slnečné kolektory vákuové s priamym prúdením a na princípe tepelnej trubice
- Obr. 6.31 Vplyv zmeny uhla dopadu na výkon kolektora
- Obr. 6.32 Porovnanie kolektorov (plochý a vákuový) - termovízne a grafické
- Obr. 6.33 Porovnanie aplikácie kolektorov: a) na konštrukcii strechy, b) súčasť strešnej krytiny

- Obr. 6.34 Solárne korytá
- Obr. 6.35 Solárne parabolické taniere
- Obr. 6.36 Solárne veže
- Obr. 6.37 Otvorený (a) a uzatvorený (b) kolektorový okruh
- Obr. 6.38 Kolektorový okruh s prirodzenou cirkuláciou (a) a s nútenou cirkuláciou (b)
- Obr. 6.39 Monovalentný systém
- Obr. 6.40 Bivalentný systém
- Obr. 6.41 Trivalentný systém
- Obr. 6.42 Hlavné prvky systému solárnych kolektorov
- Obr. 6.43 Parametre pre výpočet potreby tepla na ohrev teplej vody
- Obr. 6.44 Rozdelenie zásobníkov podľa spôsobu akumulovanej energie
- Obr. 6.45 Porovnanie rôznych systémov zapojenia zásobníkov tepla
- Obr. 6.46 Porovnanie rôznych typov zásobníkov tepla
- Obr. 6.47 Schéma premeny slnečného žiarenia na elektrickú energiu
- Obr. 6.48 Schéma autonómneho fotovoltaického systému
- Obr. 6.49 Schéma priameho pripojenia fotovoltaického systému do rozvodnej siete
- Obr. 6.50 Schéma hybridného fotovoltaického systému [16]
- Obr. 6.51 Spôsoby začlenenia fotovoltaických prvkov do budov
- Obr. 6.52 Jednoosový sledovací systém
- Obr. 6.53 Dvojosový sledovací systém
- Obr. 6.54 Priemerná mesačná produkcia elektrickej energie – pred úpravou
- Obr. 6.55 Priemerná mesačná produkcia elektrickej energie
- Obr. 6.56 Priemerná mesačná suma slnečného žiarenia
- Obr. 6.57 Vyrobená elektrická energia – merania FVS
- Obr. 6.58 Vyrobená elektrická energia – simulácie FVS
- Obr. 6.59 Porovnanie vyrobenej elektrickej energie
- Obr. 6.60 Princíp kompresorového tepelného čerpadla
- Obr. 6.61 Princíp funkcie tepelného čerpadla s definovaním stavov chladiacej zmesi
- Obr. 6.62 Celoročný priebeh hodnoty COP pri prevádzke TČ poháňaného elektromotorom (voda/voda) pri rôznych druhoch vykurovania počas vykurovacej sezóny.
- Obr. 6.63 Schéma zapojenia tepelného čerpadla voda/voda v systéme výroby tepla pre vykurovanie v bivalentnom zapojení
- Obr. 6.64 Spotreba primárnej energie pri rôznych systémoch transformácie tepla
- Obr. 6.65 Celoročný priebeh energetického pokrytia dodávky tepla tepelným čerpadlom a záložným zdrojom v bivalentnej prevádzke
- Obr. 6.66 Početnosť dní (ni) s priemernou dennou teplotou za vykurovacie obdobie
- Obr. 6.67 Kumulatívna početnosť dní (Ni) s priemernou dennou teplotou za vykurovacie obdobie (krivka č.1) a priebeh výkonu navrhnutého tepelného čerpadla (krivka č.2)
- Obr. 6.68 Celoročný priebeh energetického pokrytia dodávky tepla tepelným čerpadlom pri monovalentnej prevádzke
- Obr. 6.69 Celoročný priebeh energetického pokrytia dodávky tepla tepelným čerpadlom pri bivalentnej prevádzke so záložným zdrojom
- Obr. 6.70 Spôsob odberu tepla pri zemných kolektoroch
- Obr. 6.71 Spôsob odberu tepla pri primárnom zdroji voda
- Obr. 6.72 Spôsob odberu tepla pri vonkajšom prevedení vzduch / voda
- Obr. 6.73 Schéma systému Split (tepelné čerpadlo vzduch/vzduch) na vykurovanie / chladenie (1x vonkajšia jednotka a 1x vnútorná jednotka)
- Obr. 6.74 Schéma systému VRV (tepelné čerpadlo vzduch/vzduch) na vykurovanie / chladenie
- Obr. 6.75 Model fotosyntézy
- Obr. 6.76 Rozdelenie poľnohospodárskej biomasy

- Obr. 6.77 Energetický potenciál fytomasy v % podľa krajov v SR
- Obr. 6.78 Energetický potenciál dendromasy a jej využívanie v SR
- Obr. 6.79 Prehľad energetického využívania biomasy spaľovaním
- Obr. 6.80 Proces spaľovania dreva
- Obr. 6.81 Priebeh spaľovania dreva
- Obr. 6.82 Výhrevnosť paliva závislá od vlhkosti
- Obr. 6.83 Palivá na báze biomasy – brikety, drevné pelety, drevná štiepka, slama
- Obr. 6.84 Schéma splyňovačov – zľava protiprúdový, súprúdy a s krížovým tokom
- Obr. 6.85 Schéma prevádzky bioplynovej stanice s prietokovou metódou
- Obr. 6.86 Kotol na spaľovanie kusového dreva a brikiet
- Obr. 6.87 Schéma zapojenia kotla na tuhé palivo s akumulácnou nádržou
- Obr. 6.88 Schéma zapojenia kotla na pelety so zásobníkom
- Obr. 6.89 Schéma členenia časti hygroagregátov
- Obr. 6.90 Typy vodných kolies
- Obr. 6.91 Typy lopatkových kolies
- Obr. 6.92 H-Q diagram (zdroj OZE) charakteristické údaje turbíny
- Obr. 6.93 Peltonova turbína
- Obr. 6.94 Bánkiho turbína
- Obr. 6.95 Obežné koleso Bánkiho turbíny
- Obr. 6.96 Francisova turbína
- Obr. 6.97 Kaplanova turbína
- Obr. 6.98 Savoniusov rotor
- Obr. 6.99 Darrieusov rotor
- Obr. 6.100 Savoniusov rotor
- Obr. 6.101 Konštrukcia veternej elektrárne s horizontálnou osou natáčania
- Obr. 6.102 Rozloženie teplôt v zemskom jadre a skladba zemského jadra
- Obr. 6.103 Energetický potenciál geotermálnej energie na Slovensku. Mapa zobrazuje výskyt teploty 130°C v označených hĺbkach pod povrchom. Najdostupnejšia je vo východoslovenskej nížine v hĺbke 2000 až 2500 metrov
- Obr. 6.104 Schéma využitia geotermálnej energie v elektrárni, princíp geotermálnej elektrárne
- Obr. 6.105 Geotermálnej elektrárne
- Obr. 6.106 Schéma viacstupňového využitia geotermálnej vody
- Obr. 6.107 Rozloženie teplôt geotermálnej energie v malých hĺbkach do 350 metrov
- Obr. 6.108 Kolísanie teplôt geotermálnej energie počas roka v hĺbke do 20 metrov

Zoznam literatúry

- BRESTOVIČ, T.: Možnosti využitia fotovoltaických článkov na výrobu elektrickej energie. In. ASB: Architektúra, Stavebníctvo, Biznis. (2008). Dostupné na internete: <<http://www.asb.sk/tzb/energie/moznosti-vyuzitia-fotovoltickych-clankov-na-vyrobu-elektrickej-energie-1669.html>>
- CENKA, M. a kol.: Obnoviteľné zdroje energie, 2001. 208 s. ISBN 80-901985-8-9
- MASTERS, G. M.: Renewable and Efficient Electric Power Systems. Stanford University, A John Wiley & Sons, Inc., publication, s. 676
- BRESTOVIČ, T.: Možnosti využitia fotovoltaických článkov na výrobu elektrickej energie. In. ASB: Architektúra, Stavebníctvo, Biznis. (2008). Dostupné na internete: <http://www.asb.sk/tzb/energie/moznosti-vyuzitia-fotovoltickych-clankov-na-vyrobu-elektrickej-energie-1669.html>
- HULD, T. et al.: Mapping the performance of PV modules, effects of module type and data averaging. In: Solar Energy 84, 2010, s. 324–338
- HULD, T. et al.: Estimating average day time and daily temperature profiles within Europe. In: Environmental Modelling & Software 21, 2006, s. 1650-1661
- MURTINGER, K., BERANOVSKÝ, J., TOMEŠ, M.: Fotovoltaika – elektrina ze slunce, 2007. 81 s. ISBN 987-80-7366-100-7

MURTINGER, K., TRUXA, J.: Solární energie pro váš dům, 2006. 92 s. ISBN 80-7366-076-8

Planning & Installing Photovoltaic Systems. A guide for installers, architects and engineers. 2008. s. 402. ISBN-13: 978-1-84407-442-6

RADOSAVLJEVIĆ, J., ĐORĐEVIĆ, A.: Defining of the intensity of solar radiation on horizontal and oblique surfaces on earth. Facta universitatis, Series: Working and Living Environmental Protection Vol. 2, No 1, 2001, s. 77 – 86

RADOSAVLJEVIĆ, J., PAVLOVIĆ, T., PETROVIĆ, D.: The influence of direct capture of solar radiation on the heat gain in rooms. In: Factauniversitatis, Series: Physics, Chemistry and Technology Vol. 2, No 3, 2001, s. 131 – 139

SHENCK, N.: PV Power Systems. In: PV Theory II, s. 5

SRDEČNÝ, K.: Energeticky soběstačný dům – realita či fikce? Era group, Brno, 2007. s 104. ISBN 80-7366-052-0

SZOKOLAY, S. V.: Solar Geometry. Passive and Low Energy Architecture International. DesignTool and Techniques. 2007, s. 47, ISBN 0 86766 634 4

Yasi rKhana, Hana Oubaiha, Fatima ZahraElgourramib, The effect of renewable energy sources on carbon dioxide emissions: Evaluating the role of governance, and ICT in Morocco, Renewable Energy, Volume 190, Máj 2022, p. 752-763.

Daud Abdul , Jiang Wenqi * , Arsalan Tanveer, Prioritization of renewable energy source for electricity generation through AHP-VIKOR integrated methodology, Renewable Energy, Volume 184, január 2022, p. 1018-1032.

For some of these countries (in particular Croatia and Hungary), the achievement of the target is a direct consequence of solid biomass data revisions.

EC, 2014, Guidelines on State aid for environmental protection and energy 2014–2020 (2014/C 200/01).

EC, 2015a, Report from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions 'Renewable energy progress report' (COM(2015) 293 final), p. 3.

EC, 2015b, Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee, the Committee of the Regions and the European Investment Bank 'A Framework Strategy for a Resilient Energy Union with a Forward-Looking Climate Change Policy' (COM(2015) 080 final).

EC, 2016, Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council on the internal market for electricity (COM(2016) 861 final).

EEA, 2017a, 'Share of renewable energy in gross final energy consumption (CSI 048/ENER 028)', European Environment Agency (<https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/renewable-gross-final-energy-consumption-4/assessment-2>)

EEA, 2017b, Renewable energy in Europe 2017 — Recent growth and knock-on effects, European Environment Agency (<https://www.eea.europa.eu/publications/renewable-energy-in-europe>)

EEA, 2018, Trends and projections in Europe 2018 — Tracking progress towards Europe's climate and energy targets, European Environment Agency (<https://www.eea.europa.eu/publications/trends-and-projections-in-europe-2018>)

EU, 2009, Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources (OJ L 140, 5.6.2009, p. 16-62).

EU, 2013, Decision No 1386/2013/EU of the European Parliament and of the Council of 20 November 2013 on a General Union Environment Action Programme to 2020 'Living well, within the limits of our planet' (<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32013D1386&from=EN>)

EU, 2018a, forthcoming, Directive of the European Parliament and of the Council on the promotion of the use of energy from renewable sources (recast), Brussels.

EU, 2018b, forthcoming, Regulation of the European Parliament and of the Council on the Governance of the Energy Union, Brussels.

EU, 2018c, forthcoming, Directive of the European Parliament and of the Council amending Directive 2012/27/EU on energy efficiency, Brussels.

EU Council, 2014, Conclusions on 2030 Climate and Energy Policy Framework, European Council (23-24 October 2014), SN 79/14, Brussels, 23 October 2014

Dostupné na internete:
https://www.consilium.europa.eu/uedocs/cms_data/docs/pressdata/en/ec/145356.pdf

Eurostat, 2015, Sustainable development in the European Union — Key messages, 2015 edition, p. 77, Eurostat, Luxembourg.

Frankfurt School of Finance and Management, UNEP Collaborating Centre and Bloomberg New Energy Finance, 2014, Global trends in renewable energy investment 2014

Dostupné na internete:
<http://fs-unep-centre.org/system/files/globaltrendsreport2014.pdf>

Frankfurt School of Finance and Management, UNEP Collaborating Centre and Bloomberg New Energy Finance, 2017. Global trends in renewable energy investment 2017

Dostupné na internete:

<http://fs-unep-centre.org/publications/global-trends-renewable-energy-investment-2017>

IRENA, 2016a, 'The power to change: Solar and wind cost reduction potential to 2025', International Renewable Energy Agency

Dostupné na internete:

http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_Power_to_Change_2016.pdf

IRENA, 2016b, 'Renewable energy and jobs – Annual review 2016', International Renewable Energy Agency

Dostupné na internete:

http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_RE_Jobs_Annual_Review_2016.pdf

IRENA, 2018, 'Renewable Power Generation Costs in 2017', International Renewable Energy Agency

Dostupné na internete:

https://www.irena.org//media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/Jan/IRENA_2017_Power_Costs_2018_summary.pdf?la=en&hash=6A74B8D3F7931DEF00AB88BD3B339CAE180D11C3

Smernica 2018/2001 o podpore využívania energie z obnoviteľných zdrojov.

Dostupné na internete:

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SK/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L2001&from=EN>

Zelenšie Slovensko. Stratégia environmentálnej politiky Slovenskej republiky do roku 2030.

https://www.minzp.sk/files/iep/03_vlastny_material_envirostrategia2030_def.pdf

<http://www.seps.sk/zp/fond/2002/slnko/slnko.html>

<http://www.czrea.org/cs/druhy-oze/fotovoltaika#fv>

<http://www.ezos.sk/fotovoltaika.html>

<http://www.solartec.cz/cs/fv-systemy/o-fotovoltaice/fotovoltaika.html>

<http://www.solar-tracking.it/>

http://sk.wikipedia.org/wiki/Fotovoltaický_článok

<http://www.solarne-panely.sk/slnko.html>

<http://www.skrea.sk/>

http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps3/PVcalchelp_en.html

https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_sk

<https://www.minzp.sk/klima/europska-zelena-dohoda/>

<https://www.minzp.sk/ezd/>

<https://www.consilium.europa.eu/sk/press/press-releases/2020/04/15/sustainable-finance-council-adopts-a-unified-eu-classification-system/>

<https://globalabc.org/resources/publications/2020-global-status-report-buildings-and-construction>

<https://www.eea.europa.eu/airs/2018/resource-efficiency-and-low-carbon-economy/renewable-energy-sources>



SMART BUDOVY

F. Vranay | Z. Vranayová

7 | SMART BUDOVY

Revolúcia informačných technológií rýchlo mení naše životy. Prelom v oblasti výpočtovej techniky a telekomunikácií založený na teórii informácií, teórii komunikácie a riadenia, zavádzanie nových priemyselných technológií, výpočtových modelov výkonných procesoroch, dramaticky zvyšuje produktivitu. Rozvíjajúce sa technológie umelej inteligencie prinášajú novú informačnú revolúciu, ktorá sa dostáva do nášho každodenného života formou inteligentných technológií. Cieľom tejto kapitoly je poskytnúť základné znalosti o nových trendoch v navrhovaní inteligentných systémov, administratívnych budov a aglomerácií v rámci inteligentného mesta, so schopnosťou reagovať na potreby ich užívateľov pri rešpektovaní energetickej a ekonomickej náročnosti ich prevádzky, ako aj environmentálnej bezpečnosti.

Obr. 7.1 Evolúcia človeka

TRI MILIÓNY ROKOV EVOLÚCIE....



... A STRATILI SME LEN PÁR CHLPOV

Zdroj: F. Vranay

Cesta ako dosiahnuť cieľ: „ABY NÁM BOLO LEPŠIE“ musí byť komplexná, konkrétne:

Zvýšenie kvality života

- Efektívnejšie využívanie pracovných činností,
- Odbremenenie sa od nezaujímavých činností,
- Vytváranie viac voľného času pre zábavu.

Ochrana prírody

- Znižovanie emisií CO₂,
- Vytesňovanie fosílnych palív,
- Využívanie obnoviteľných zdrojov,
- Znižovanie používania primárnych surovín a ich recyklácia.

Znižovanie životných a prevádzkových nákladov

Eliminácia prevádzkových problémov pri:

- Výrobe, akumulácii, a využívaní energií,
- Doprave,
- Bývaní a prevádzke budov,
- Automatizácia riadenie procesov.

Riadenie dopytu a ponuky energií a ostatných komodít

Zamedzenie plytvaniu energiami a komoditami potrebnými pre život

7.1 Inteligentná sieť – inteligentné mesto

Inteligentná sieť

„Sieť“ označuje elektrickú sieť, sieť prenosových vedení, rozvodní, transformátorov a ďalších, ktoré dodávajú elektrinu z elektrárne do spotrebiska. Neustále rozširovanie spotrebísk si vynucuje potrebu nových druhov elektrických rozvodných sietí, ktoré dokážu automatizovať a riadiť zvyšujúcu sa zložitosť a potreby elektrickej energie.

Čo robí sieť „inteligentnou“?

Digitálna technológia, ktorá umožňuje obojsmernú komunikáciu medzi dodávateľom energie a jeho zákazníkmi a snímaním pozdĺž prenosových vedení, robí túto mriežku inteligentnou.

Čo robí inteligentná sieť?

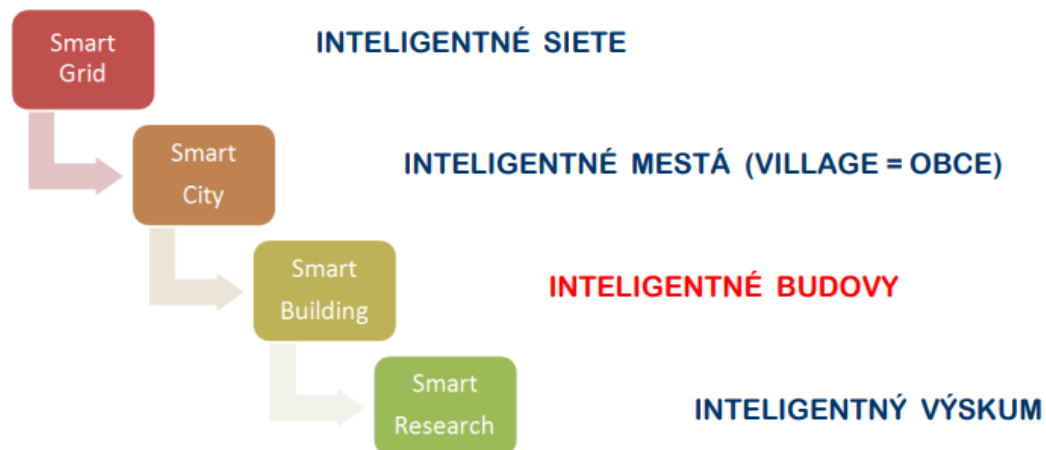
Predstavuje bezprecedentnú príležitosť posunúť energetický priemysel do novej éry spoľahlivosti, dostupnosti a účinnosti. Bude veľmi dôležité vykonávať testovanie, zlepšovanie technológií, vzdelávanie spotrebiteľov, vývoj noriem a predpisov a zdieľanie informácií medzi projektmi, aby sa zabezpečilo, že výhody, ktoré si predstavujeme získať z inteligentnej siete, sa stanú skutočnosťou.

Výhody spojené s inteligentnou sieťou v sebe zahŕňajú:

- Efektívnejší prenos elektriny,
- Rýchlejšiu obnovu elektrickej energie po výpadku energie,
- Znížené prevádzkové a riadiace náklady na verejné služby a nakoniec nižšie náklady na energiu,
- Znížený dopyt po špičkách, čo tiež pomôže znížiť sadzby elektrickej energie,
- Zvýšenú integráciu rozsiahlych systémov obnoviteľnej energie,
- Vylepšenú bezpečnosť,
- Poskytovanie kontroly spotrebiteľom.

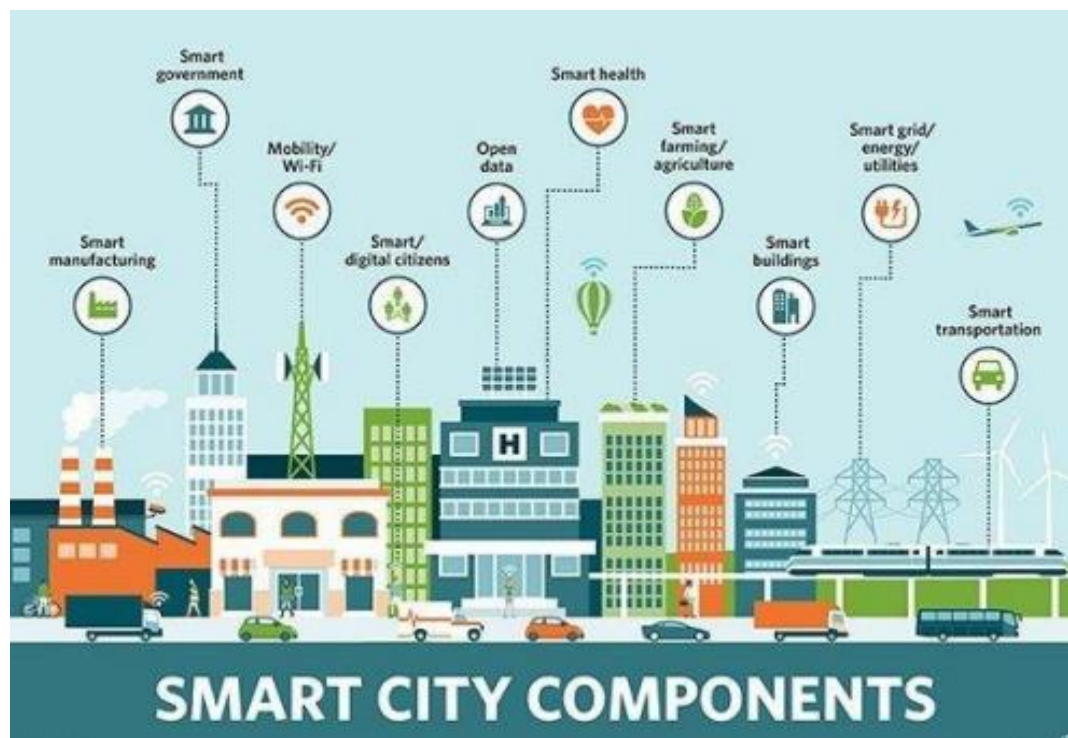
Inteligentná sieť má potenciál pomôcť ušetriť peniaze tým, že vám pomôže spravovať spotrebu energie a zvoliť najlepší čas na nákup elektriny. Ešte viac sa dá samozrejme ušetriť vytvorením vlastnej energie (tzv. ostrovný systém). Definícia inteligentného mesta odkazuje na mestskú oblasť, ktorá vďaka širokému využitiu moderných a všadeprítomných technológií, a to nielen informačných a komunikačných technológií, je schopná riešiť rad problémov a potrieb inovatívnym spôsobom. Inteligentné mesto je schopné zhromažďovať a šíriť informácie rozsiahlym a kontinuálnym spôsobom. (Pozri Obr. 7.2.-7.4).

Obr. 7.2 Súčasti inteligentného mesta I



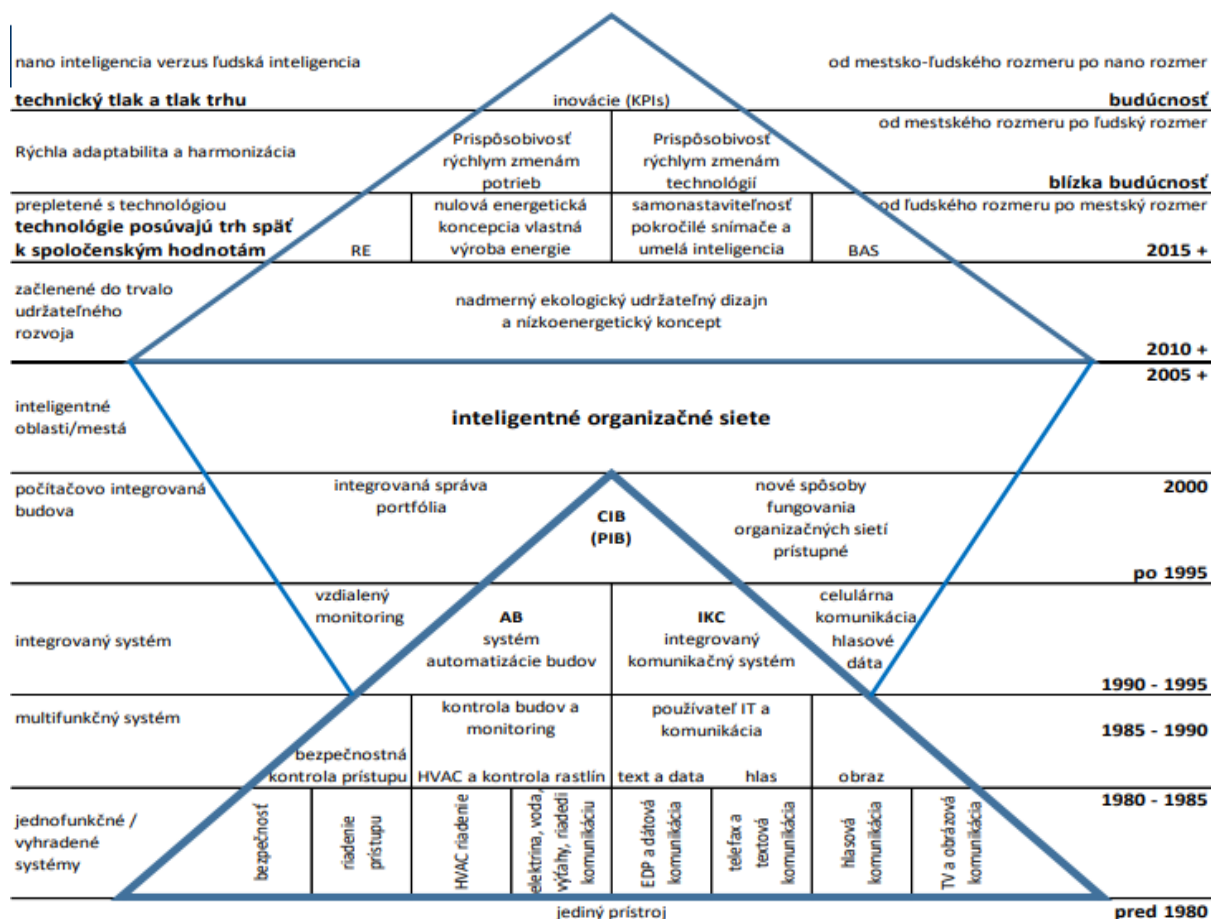
Zdroj: F. Vranay

Obr. 7.3 Súčasti inteligentného mesta II



Zdroj: https://de.wikipedia.org/wiki/Smart_City

Obr. 7.4 Vývoj inteligentných systémov – pyramída inteligentnej budovy

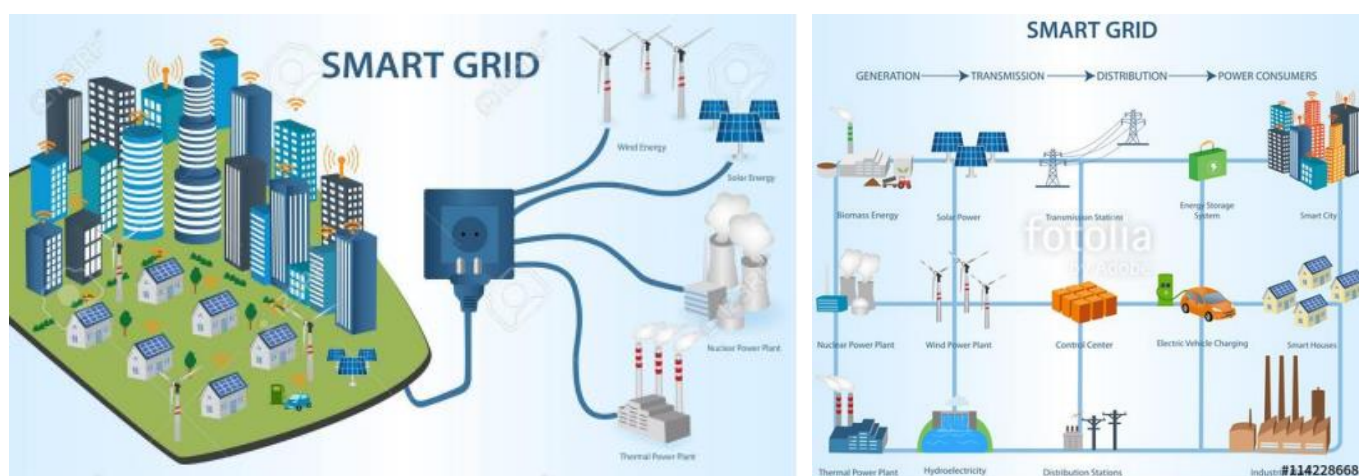


Zdroj: Harrison, 1999 a Clements-Croome, 2004

Koncept "smart grid" je kľúčom k prechodu k udržateľnému energetickému systému. Dekarbonizácia celého energetického sektora nás núti na prehodnotenie úlohy elektriny a ostatných druhov energie v širšom, celosystémovom kontexte. Inteligentné stratégie vedú tiež k vzniku nových definícií inteligencie v architektúre, zapojením konceptu inteligentnej budovy. Poznanie, že energetické zdroje nie sú nevyčerpatelné a všeobecný trend smerovania k čistejšiemu životnému prostrediu viedli k vývoju mnohých postupov, ktoré sú zamerané na to najoptimálnejšie využívanie energie ako je to možné.

Inteligentné mesto „smart city“ je rámec pozostávajúci z informačných a komunikačných technológií (IKT) ktorý slúži na vývoj, zavádzanie a podporu postupov trvalo udržateľného rozvoja s cieľom riešiť rastúce výzvy v oblasti urbanizácie. Inteligentné mesto je opätovný rozvoj oblasti, alebo mesta pomocou informačných a komunikačných technológií (IKT) na zvýšenie výkonnosti a kvality mestských služieb, ako sú energetika, konektivita, doprava, verejné služby a ďalšie. Inteligentné mesto sa vyvíja, keď sa zavádzajú „inteligentné“ technológie, ktoré menia povahu a ekonomiku okolitej infraštruktúry (Obr. 7.5 a 7.6).

Obr. 7.5 Inteligentné siete



Zdroj: F. Vranay

Obr. 7.6 Obsah Smart City



Zdroj: F. Vranay

Čo robí mesto „inteligentným“?

Veľkou časťou tohto rámca IKT je v podstate inteligentná sieť prepojených objektov a strojov, ktoré prenášajú údaje pomocou bezdrôtovej technológie a cloudu. Cloudové aplikácie IoT prijímajú, analyzujú a spravujú údaje v reálnom čase, aby pomohli obciam, podnikom a občanom robiť lepšie rozhodnutia, ktoré zlepšujú kvalitu života. Občania sa zapájajú do inteligentných mestských ekosystémov rôznymi spôsobmi pomocou smartfónov a mobilných zariadení, ako aj pripojených automobilov a domov. Spárovanie zariadení a údajov s fyzickou infraštruktúrou a službami mesta môže znížiť náklady a zlepšiť udržateľnosť. Komunity môžu s pomocou IoT zlepšiť distribúciu energie, zefektívniť zber odpadu, znížiť preťaženie dopravy a dokonca zlepšiť kvalitu vzduchu .

Výhody a prínosy smart city

Benefitov inteligentného mesta pre jeho obyvateľov je mnoho, napríklad:

- Pripojené semaforey prijímajú údaje zo senzorov a automobilov, ktoré upravujú kadenciu a načasovanie svetla tak, aby reagovali na premávku v reálnom čase, čím sa zníži preťaženie cesty,
- Pripojené autá môžu komunikovať s parkovacími automatmi a nabíjacími stanicami s elektrickým vozidlom (EV) a nasmerovať vodičov na najbližšie dostupné miesto,
- Inteligentné nádoby na odpadky automaticky odosielajú údaje spoločnostiam zaoberajúcim sa odpadovým hospodárstvom a podľa potreby plánujú vyzdvihnutie oproti vopred naplánovanému plánu,
- Smartfón občanov sa stáva ich vodičským preukazom a občianskym preukazom s digitálnymi údajmi, čo urýchľuje a zjednodušuje prístup k službám mesta a miestnej samosprávy,

Tieto inteligentné mestské technológie spolu optimalizujú infraštruktúru, mobilitu, verejné služby a verejné služby.

Ako umožňuje technológia internetu, aby boli mestá lepšie a inteligentnejšie?

Bezpečné bezdrôtové pripojenie a technológia IoT transformujú tradičné prvky mestského života - napríklad pouličné lampy - na inteligentné svetelné platformy novej generácie s rozšírenými funkciami. Rozsah pôsobnosti zahŕňa integráciu slnečnej energie a pripojenie k centrálnemu riadiacemu systému v cloude, ktorý sa pripája k ďalším aktívam v ekosystéme. Tieto riešenia presahujú rámec jednoduchých potrieb osvetlenia. Vysokovýkonné LED diódy upozorňujú dochádzajúcich na problémy s premávkou, poskytujú vážne varovanie pred počasím a poskytujú informácie, keď dôjde k požiarom v prostredí. Pouličné lampy môžu tiež zistiť bezplatné parkovacie miesta a nabíjacie doky EV a upozorniť vodičov, kde môžu nájsť mobilné zariadenie prostredníctvom mobilného telefónu. Na niektorých miestach môže byť nabíjanie možné aj zo samotného stĺpika lampy! Vzrušujúce veci! Ale ako to všetko zapadá do seba?

Prečo vlastne potrebujeme inteligentné mestá ?

Urbanizácia je nekonečný jav. Dnes žije v mestách 54% ľudí na celom svete, čo je podiel, ktorý by mal do roku 2050 dosiahnuť 66%. V kombinácii s celkovým prírastkom obyvateľstva pribudne urbanizáciám miest v priebehu nasledujúcich troch desaťročí ďalších 2,5 miliardy ľudí. Environmentálna, sociálna a ekonomická udržateľnosť je nevyhnutná na udržanie tempa s týmto rýchlym rozvojom, ktorý zaťažuje zdroje našich miest. 193 krajín sa dohodlo na programe cieľov, trvalo udržateľného rozvoja (SDG) v septembri 2015 na pôde OSN. Všetci však vieme, že ako centralizované rozhodnutia a kroky môžu vyžadovať čas, a hodiny tikajú. Dobrá správa? Občania a miestne orgány sú určite agilnejšie pri zavádzaní rýchlych iniciatív a inteligentná mestská technológia je rozhodujúca pre úspech a splnenie týchto cieľov.

Je šesť základných technológií, ktoré vytvárajú inteligentné mestá

- Inteligentná energia,
- Doprava,
- Údaje,
- Infraštruktúra,
- Mobilita,
- Zariadenia.

A čo robí inteligentné mestá úspešnými?

Popri ľuďoch, obydlíach, obchode a tradičnej mestskej infraštruktúre sú pre prosperujúce inteligentné mestá potrebné štyri základné prvky:

- Všadeprítomné bezdrôtové pripojenie,
- Otvorené údaje,
- Bezpečnosť, ktorej môžete dôverovať,
- Flexibilné systémy speňažovania.

Aká je najlepšia bezdrôtová technológia pre inteligentné mestá ?

Prvým stavebným prvkom akejkoľvek inteligentnej mestskej aplikácie je spoľahlivé a všadeprítomné bezdrôtové pripojenie. Aj keď neexistuje univerzálna technológia, nízkoenergetickej siete (LPWAN) sú vhodné pre väčšinu inteligentných mestských aplikácií z hľadiska nákladovej efektívnosti a všadeprítomnosti. Medzi ne patria LTE Cat M, NB-IoT, LoRa, Bluetooth ... ktoré prispievajú k štruktúre prepojených miest. Očakáva sa, že príchod technológie 5G , zavedie technológiu inteligentných miest do hlavného prúdu a urýchli nové nasadenia. Ale iba s niekoľkými ďalšími prvkami.

Otvorenie úschovne údajov

V minulosti vlády, podniky a jednotlivci uchovávali svoje údaje blízko pri zdroji a zdieľali čo najmenej s ostatnými. Obavy z ochrany súkromia a obavy z narušení bezpečnosti ďaleko prevyšujú vnímanú hodnotu zdieľania informácií. Kľúčovým faktorom udržateľných inteligentných miest je však to, že všetci účastníci komplexného ekosystému zdieľajú informácie a kombinujú ich s kontextovými údajmi, ktoré sa analyzujú v reálnom čase. Takto sa prijímajú informované rozhodnutia v reálnom čase. Viaceré sektory musia spolupracovať, aby dosiahli lepšie a udržateľné výsledky prostredníctvom analýzy kontextových informácií v reálnom čase, ktoré sa delia medzi sektorovo špecifické informačné a operačné technologické systémy (OT).

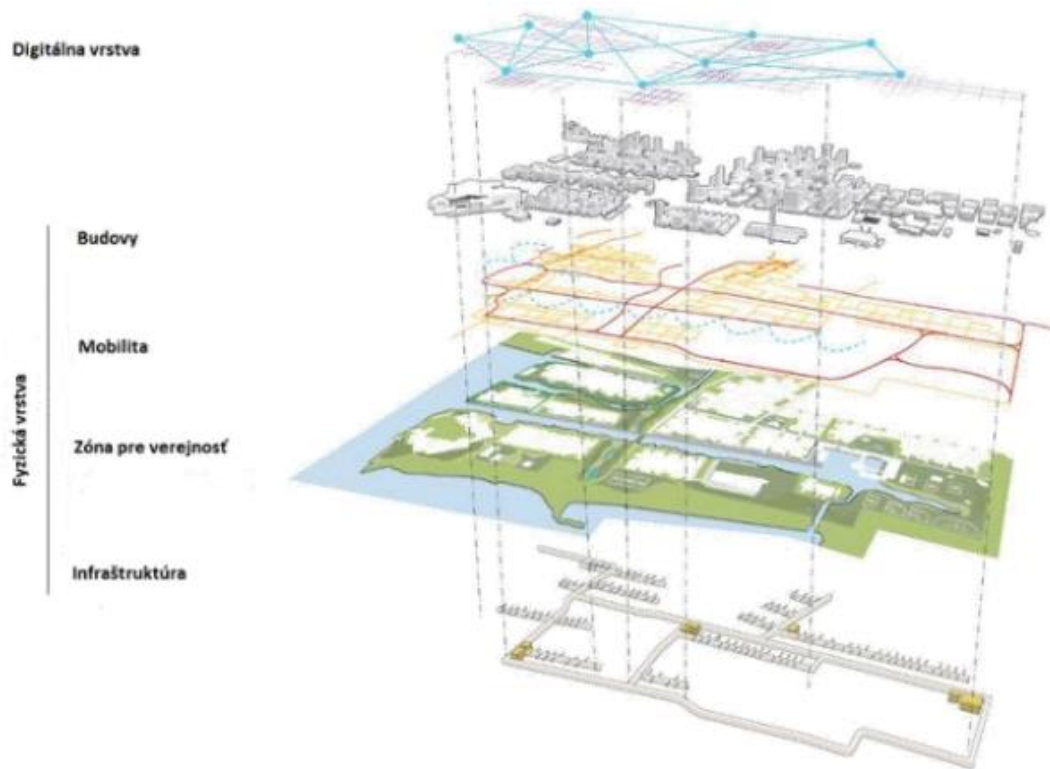
Top 10 inteligentných miest na svete

- Londýn,
- New York,
- Amsterdam,
- Paríž,
- Reykjavík,
- Tokio,
- Singapur,
- Kodaň,
- Berlín,
- Viedeň.

Vízia spoločnosti Sidewalk Labs o „meste budúcnosti“

Koncepcia tvorby prostredia inteligentného mesta na rôznych oblastiach rozvoja pre mesto Toronto (Obr. 7.7).

Obr. 7.7 Prostredie inteligentného Toronta



Zdroj: Bohumír Garlík: Inteligentní budovy, BEN-technická literatura, Praha 2012

Obr. 7.8 Čo tvorí inteligentné mesto



7.2 Inteligentná budova

7.2.1 Definícia pojmu inteligentná budova

V rôznych literatúrach je uvedených mnoho definícií. Napríklad:

Inteligentná budova musí spĺňať potreby jej užívateľov - inteligencia budovy ako miera schopnosti budovy prispôbiť sa potrebám a zmenám.

„Smart building“ je budova, ktorá využíva technológie na zdieľanie informácií o tom, čo sa v budove deje medzi systémami, aby sa optimalizovala výkonnosť budovy. Tieto informácie sa potom používajú na automatizáciu rôznych procesov, riadenia od vykurovania a vetrania po klimatizáciu a bezpečnosť (Obr. 7.9).

Základné zložky inteligencie budov tvoria:

- konštrukcie budovy,
- technické zariadenia budovy,
- služby v budove a manažment budovy,
- miera inteligencie budovy,
- nástroje prevádzky inteligentných budov,
- zdravé a inteligentné budovy,
- riadenie inteligentnej budovy,
- metódy návrhu inteligentných budov,
- technické prostriedky realizácie inteligencie budov,
- prvky systému EIB.

Obr. 7.9 Príklad inteligentnej budovy



Definícia inteligencie

Inteligencia je definovaná W. Sternom ako schopnosť učiť sa zo skúsenosti, prispôbiť sa, riešiť nové problémy, používať symboly, myslieť, usudzovať, hodnotiť a orientovať sa v nových situáciách na základe určovania podstatných súvislostí a vzťahov.

INTELIGENCIA JE ALE PREJAV ŽIVEJ BYTOSTI

Existuje rôzne vnímanie inteligencie:

- Všeobecná,
- Emociálna.

Druhy inteligencie:

- Logicko – matematická,
- Priestorová orientácia,
- Jazyková – verbálna,
- Umelecká,
- Telesná (kinetická / pohybová),
- Prírodná – environmentálna,
- Personálna.

Formovanie európskej legislatívy v oblasti umelej inteligencie

Umelá inteligencia sa výrazne podieľa na digitalizácii našej spoločnosti. Už dnes si len veľmi ťažko vieme predstaviť svoj život bez produktov a služieb, ktoré využívajú umelú inteligenciu. A mnohé veľké zmeny nás ešte len čakajú, či už je to na pracovisku, pri podnikaní, vo financiách, zdravotníctve, bezpečnosti, poľnohospodárstve alebo iných oblastiach. Umelá inteligencia je kľúčová aj pre európsky ekologický dohovor a hospodársku obnovu po koronakríze. Európsky parlament prijal 20. októbra 2020 tri správy, v ktorých sa píše o tom, ako by EÚ mala regulovať umelú inteligenciu, aby podporovala inovácie, ale aj chránila etické štandardy a zároveň zabezpečila dôveru v nové technológie. Podľa poslancov musia byť nové pravidlá nastavené tak, aby ich stredobodom bol človek. Jedna z týchto správ navrhuje, ako zaistiť bezpečnosť, transparentnosť a zodpovednosť, ako predchádzať zaujatosti a diskriminácii, posilňovať sociálnu a environmentálnu zodpovednosť a zabezpečiť dodržiavanie základných práv.

Umelá inteligencia:

- - simulovanie inteligentného riešenia problémov strojom,
- - zdanlivá, nepravá inteligencia, ako keby inteligencia napodobená vlastnosťami počítačových programov.

Teória umelej inteligencie pokrýva množstvo teórií, ktoré si kladú za cieľ viac či menej napodobňovať schémy ľudského (prípadne vo všeobecnosti biologického) správania sa, vyhodnocovania a analýzy podnetov prostredia, prípadne tvorivej činnosti. Teória umelej inteligencie si stanovuje ciele (čo by sme od inteligentného systému očakávali) a hľadá v rôznych vedných disciplínach dostupné riešenia.

Spojenie inteligentného domu a UI

Dodnes neexistuje univerzálne prijatá definícia inteligentnej budovy. „Inteligentné budovy nie sú inteligentné, ale môžu inteligentnejších urobiť obyvateľov“. Často ako vzájomne zameniteľné pojmy sa používajú termíny:

- Chytrý dom,
- Digitálny dom,
- Domáca automatizácia,
- Inteligentná elektroinštalácia,
- Domotika.

Inteligentný dom do budúcnosti sľubuje možnosť úplnej zmeny spôsobov, akými dnes ľudia žijú a používajú technológie v domácnosti. Inteligentný dom v najširšom možnom zmysle slova je budova vybavená počítačovou a komunikačnou technikou, ktorá predvída a reaguje na potreby obyvateľov s cieľom zvýšiť ich komfort, pohodlie, znížiť spotrebu energií, poskytnúť im bezpečie a zábavu pomocou riadenia všetkých technológií v dome, a ich interakciou s vonkajším svetom.

Čiže čo je to inteligentná budova?

Inteligentná budova je akákoľvek štruktúra, ktorá využíva automatizované procesy na automatické riadenie prevádzky budovy vrátane kúrenia, vetrania, klimatizácie, osvetlenia, zabezpečenia a ďalších systémov. Inteligentná budova využíva senzory, ovládače a mikročipy, aby zhromažďovala údaje a spravovala ich podľa obchodných funkcií a služieb. Táto infraštruktúra pomáha vlastníkom, prevádzkovateľom a správcom zariadení zlepšiť spoľahlivosť a výkonnosť aktív, čo znižuje spotrebu energie, optimalizuje využitie priestoru a minimalizuje vplyv budov na životné prostredie. Budovy, ktoré nie sú „prepojené“, sú rovnaké budovy, aké boli pred desiatkami rokov. Poskytli základy: prístrešok, reguláciu teploty a bezpečnosť na rovnakej úrovni účinnosti po celé roky. Novšie budovy alebo staršie stavby, ktoré boli premenené na inteligentné budovy, sa však neustále menia. Sú to živé organizmy pripojené k sieti pomocou inteligentného a prispôsobivého softvéru. Vytvorenie inteligentnej budovy Inteligentná budova alebo smart building sa začína prepojením základných systémov, ako sú osvetlenie, vodomery, merače energií, čerpadlá, kúrenie, požiarne hlásiče a chladiace zariadenia so senzormi a riadiacimi systémami. V pokročilom štádiu sa môžu stať súčasťou systému aj výťahy, prístupové systémy a zatiernenie. Neexistuje jediný súbor štandardov, ktoré by tvorili inteligentnú budovu, ale spoločnou vlastnosťou je integrácia. Mnoho nových budov má „inteligentnú“ technológiu a sú pripojené a reagujú na inteligentnú rozvodnú sieť. Inteligentná budova nemusí byť len novopostavený objekt. Existujú systémy automatizácie budov, ktoré sa môžu využívať prvky a zariadenia dostupné v starších štruktúrach. Vytvorenie, alebo premena budovy na inteligentnú budovu je výhodná pre majiteľa aj pre užívateľa. Tieto výhody siahajú od úspory energie po zvýšenie produktivity až po udržateľnosť. Stratégie inteligentnej budovy môžu znížiť náklady na energiu, zvýšiť produktivitu personálu zariadenia, zlepšiť prevádzku budov, podporiť úsilie o udržateľnosť a zlepšiť rozhodovanie v celej organizácii.

Pojem inteligentná budova prevzal vyspelý svet ako synonymum – dobre navrhutej, – realizovanej – a fungujúcej budovy, ktorá plne spĺňa požiadavky – prevádzkovateľov, – používateľov a – uspokojuje samotných obyvateľov budovy.

Samozrejmosťou je, že takáto budova je realizovaná špičkovými technológiami a vybavená progresívnymi zariadeniami a systémami. Definícia inteligentnej budovy je odlišná geograficky a zároveň sa jej výklad transformuje v čase. Geografická odlišnosť pojmu inteligentnej budovy je determinovaná viacerými faktormi (Obr. 7.10, 7.11):

- Ekonomické parametre krajiny - na výskum a vývoj v oblasti inteligentných budov musí krajina dosahovať vysoký hrubý domáci produkt, aby mala dostatočne možnosti financovania výskumných úloh v tejto oblasti,

- Sociálne prostredie krajiny - sociálna štruktúra obyvateľov krajiny produkujúcej inteligentne budovy je väčšinou viazaná na produkciu v oblasti služieb Obyvateľstvo musí mať dostatočnú vzdelanostnú úroveň,
- Kultúrne tradície obyvateľov krajiny - je potrebné aby vo sfére priemyslu a služieb bola tradícia,
- Mentalita obyvateľov - tá ovplyvňuje najmä požiadavky na inteligentnú budovu.

Obr. 7.10 Geografická odlišnosť pojmu inteligentnej budovy



Zdroj: Branislav Puškár: Inteligentné budovy na bývanie, Verlag Dashöfer 2008

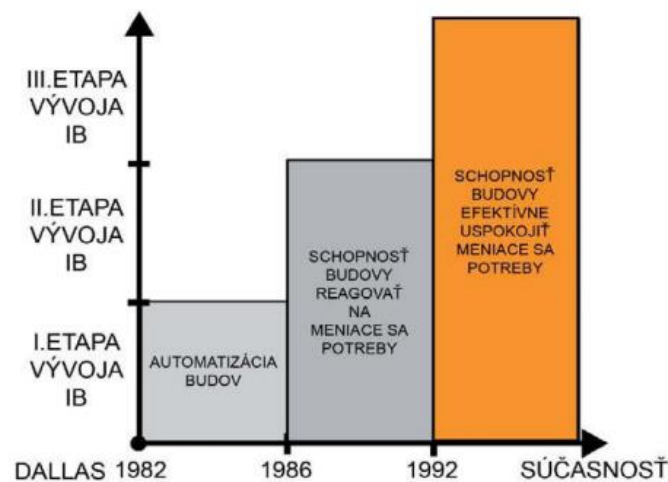
Transformácia definície inteligentnej budovy

Prvá etapa (1982 - 1986) chápala inteligenciu budov ako ich automatizáciu. Začala sa realizáciou prvej administratívnej budovy v Dallase v roku 1982.

Druhá etapa (1986 - 1992) vysvetľovala inteligenciu ako schopnosť budovy reagovať na meniace sa potreby.

Tretia etapa (1992 – trvá) vysvetľuje inteligenciu budov ako schopnosť budovy efektívne uspokojiť meniace sa potreby užívateľov. Vývoj inteligentných budov tak smeruje od schopnosti stavby k potrebám užívateľa.

Obr. 7.11 Geografická odlišnosť pojmu inteligentnej budovy



Zdroj: Branislav Puškár: Inteligentné budovy na bývanie, Verlag Dashöfer 2008

7.2.2 Príklady inteligentných administratívnych budov

Obr. 7.12 Príklad inteligentnej administratívnej budovy I



Zdroj: [https://iglass-technology.com/iglass-is-one-of-the-50-hottest-technologies-products-systems-for-smart-buildings/#iLightbox\[gallery555\]/0](https://iglass-technology.com/iglass-is-one-of-the-50-hottest-technologies-products-systems-for-smart-buildings/#iLightbox[gallery555]/0)

Obr. 7.13 Príklad inteligentnej administratívnej budovy II



Obr. 7.14 Brengelovo centrum v USA, Milwaukee



Zdroj: <https://www.asb.sk/architektura/rodinne-domy-architektura/inteligentne-domy/inteligentna-budova-nemusi-byt-popretkavana-najnovsimi-technologiami>

Obr. 7.15 Federation Tower v Rusku, Moskva (506 m)



Zdroj: https://sk.wikipedia.org/wiki/S%C3%BAbor:Federation-Tower_in_July,_Moscow.jpg

Obr. 7.16 Rekonštrukcia budovy Reichstagu, Berlín



Zdroj: <https://travel.sygic.com/sk/poi/budova-riskeho-snemu-poi:889>

Obr. 7.17 Národní technická knihovna v Praze



Zdroj: <https://www.prague.eu/cs/objekt/mista/1363/narodni-technicka-knihovna>



Zdroj: <https://www.strabag-pozemne.sk/databases/internet/public/content30.nsf/>

7.2.3 Prínosy inteligentných administratívnych budov

Hlavným cieľom inteligentného domu je uľahčiť a spríjemniť užívateľom jeho obývanie. Aspoň bez základnej elektroniky (termostaty pre riadenie vykurovania, osvetlenia, zabezpečovací systém a mnoho ďalších) sa neobíde žiadny dom. V mnohých budovách k tomu pribudne počítačová sieť, riadenie roliet a žalúzií, klimatizácia, kamerový systém. Dnes už bežný stav v budovách je, že táto technika nedokáže navzájom komunikovať, každý systém má iný spôsob ovládania a má iné ovládacie prvky. Inteligentný dom dokáže všetku techniku prepojiť medzi sebou a zjednotiť ovládanie, a to ako z hľadiska vypínačov, displejov na stenách, tak predovšetkým poskytnúť jednotný spôsob ovládania, prispôbený na mieru pre konkrétnu budovu a jej užívateľov.

Podstatné je jednoduché a intuitívne ovládanie všetkej techniky

Vďaka prepojeniu všetkých systémov do jedného spoločne riaditeľného celku a možnosti ľubovoľne programovať funkciu každého vypínača je možné celkom zmeniť spôsob ovládania. Môžeme vytvoriť tzv. scény alebo režimy či už pre celú budovu alebo samostatnú miestnosť. Scény môžu byť rôzne definované napr. pre prácu, odpočinok alebo návštevu. Scénu je možné vyvolať stlačením jedného tlačidla a uviesť spotrebiče do požadovaného stavu. Pri úpravách scén je umožnené manuálne upravovať hodnoty. Menej často používané ovládače je výhodnejšie neumiestňovať na

samostatný ovládač, ale napr. na displej počítača, čo môže byť doplnené aj manuálom. Samozrejmosťou je združenie všetkých diaľkových ovládačov do jedného.

Komfort a pohodlie

Vyššieho komfortu a pohodlia sa dosiahne hlavne zjednodušením a zrýchlením ovládaní. Vďaka diaľkovému ovládaču a možnosti z akéhokoľvek miesta ovládať ľubovoľný spotrebič sa ušetrí zbytočné vstávanie a chodenie ku potrebnému vypínaču. Ovládanie je možné aj použitím telefónu, alebo internetu keď sa dokáže budova pripraviť na náš príchod. Telefonovanie je možné pomocou vstavaných mikrofónov a reproduktorov po budove bez nutnosti hľadať telefón. V prípade dažďa elektronika musí byť schopná zavrieť okna. Občas sa môže stať, že elektronika nevystihne presne naše požiadavky, a vtedy je nutnosť manuálneho zásahu pre odblokovanie, alebo úpravu určitých parametrov.

Bezpečnosť

Vďaka jednoduchému ovládaniu a automatizácii sa zaistí, že bezpečnostný systém bude zapnutý vždy, keď bude potrebné. Aktiváciu je možné previesť zamknutím vchodových dverí, alebo diaľkovo stlačením tlačidla u vrátnika. Jeho deaktiváciu je možné previesť zadaním číselného kódu na dotykovom paneli. Na ľubovoľnej obrazovke je možné skontrolovať či sú všetky okná a dvere zatvorené. V prípade poplachu je možné vidieť miesto narušenia záznamom z kamery. Budova dokáže simulovať prítomnosť ľudí zapínaním svetiel a sťahovaním roliet. Ak sa rozbije okno, môže roleta spustením zabrániť vniknutiu do objektu.

Úspora energií

Jednou z hlavných požiadaviek na inteligentný dom je zníženie potrieb energií. Pomocou elektronickej regulácie vykurovania a osvetlenia je možné ušetriť 25-30% energie. Požadované teploty je možné nastaviť zvlášť pre rôzne miestnosti a aj podľa rôznych režimov. Svetlo v miestnostiach s krátkym zdržaním sa je výhodnejšie nechať vypínať elektronikou. Energeticky náročnejšie spotrebiče je možné spínať v čase výhodnejšej sadzby ceny elektrickej energie.

Design

Vďaka integrácii všetkej techniky nie je nutné mať spleť rôznych vypínačov s rôznym tvarom a funkciou na stene. Všetko je možné zakomponovať do ríadiacich panelov, kde je význam každého tlačidla možné programovať. S výhodou sa používajú ploché dotykové LCD displeje. Už vo fáze návrhu systému sa vopred premyslí kabeláž, čím potom odpadnú voľne vedené káble.

- Systém inteligentnej budovy musí byť prínosom pre užívateľa,
- Musí odbremeniť užívateľa od mechanických často opakovaných činností,
- Prevádzka IB nesmie obťažovať užívateľa,
- Musí umožniť užívateľovi ak je nutné vstupovať do procesu riadenia.

7.3 Postupnosť krokov pri tvorbe a prevádzke inteligentnej budovy

Zámer

- Definovanie možností a požiadaviek investora,
- Určenie daností prostredia pre osadenie stavby.

Projektová fáza

- Komunikácia tvorcov projektu s investorm,
- Výber vhodného systému a zariadení stavby,
- Výber vhodnej technológie IB.

Výstavba

- Realizácia objektu,
- Montáž systémov IB a uvedenie do prevádzky.

Prevádzka (je náplňou samostatnej podkapitoly FACILITY MANAGEMENT)

- Zaškolenie užívateľa / prevádzkovateľa,
- Zber dát z prevádzky,
- Vyhodnocovanie prevádzky,
- Korekcia prevádzkových režimov na základe nameraných hodnôt,
- Údržba a správa budovy.

7.3.1 Ciele a podmienky pre zavádzanie IB: PROJEKTOVÁ FÁZA

Cieľom je evokovať požiadavky na vytvorenie podmienok umožňujúcich inteligenciu budovy v oblastiach:

- Realizácie stavebných podmienok,
- Technického zariadenia budov,
- Užívateľského komfortu a prevádzky.

To všetko by sa malo diať s ohľadom na:

- Environmentálne potreby,
- Životnosť budovy,
- Funkčnosť pri rozvoji elektroniky a vybavenia spotrebičmi,
- Optimálnu spotrebu energie na prevádzku a zabezpečenie budovy,

Ciele a podmienky slúžia ako vstupné parametre pre vypracovanie projektovej dokumentácie (PD).

CHARAKTER BUDOVY

Budova by mala byť jednoznačne realizovaná minimálne ako nízkoenergetická. Technológia IB si vyžaduje kvalitný riadiaci systém s programom s vysokými investičnými nákladmi. Bolo by obtiažne a zbytočné takúto technológiu preniesť do bežne sa vyskytujúcich budov.

STUPNE RIADENIA PREVÁDZKY

- Manažérstvo budovy – ide o sledovanie prevádzky a spotreby energií stavby, zavedenie spätnej väzby na dosiahnutie projektovaných vlastností stavby,
- Riadiaci systém - vhodný systém riadiacich, snímacích a komunikačných prvkov,
- Riadiaci program - program schopný vyhodnocovať a riadiť prevádzku budovy s možnosťou adaptácie na rôzny režim prevádzky a potreby užívateľa.

Tab. 7.1 Požiadavky na koncepciu nízkoenergetickej IB - I

Stavebná časť/činnosť	Stavebný funkčný diel	Vplyv na energetickú spotrebu	poznámka
Architektonicko – dispozičné riešenie	-	Úspora energie (tzv. pasívne opatrenia nenákladové) : <ul style="list-style-type: none"> • objemovo kompaktným návrhom • vyváženým pomerom otvorov zisk/straty • Bioklimatický prístup pri najvyššom využití pasívnych a aktívnych tep. ziskov 	Sú aj iné požiadavky ktoré oprávňujú porušenie zásad, napr. etepovú výstavbu (RD v závislosti na rastu rodiny)
Stavebné konštrukcie	Obvodové nepriesvitné konštr.	<ul style="list-style-type: none"> • Zníženie tepelných strát prechodom • Zvýšenie vnútornej povrchovej teploty 	Súčiniteľ prechodu tepla $U=0,2\sim 0,3 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$
	strecha		
	Otvorové výplňové konštrukcie	<ul style="list-style-type: none"> • Zníženie tepelných strát prechodom a vetraním 	<ul style="list-style-type: none"> • Súčiniteľ prechodu tepla $U \leq 1.3 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ • Zvážiť použitie žalúzií a okeníc

Tab. 7.2 Požiadavky na koncepciu nízkoenergetickej IB - II

Stavebná časť	Stavebná profesia	Vplyv na energetickú spotrebu	poznámka
TZB	vykurovanie	Zníženie spotreby tepla na UK: <ul style="list-style-type: none"> • časovo presnou dodávkou tepla do jednotlivých miestností • vyregulovaním rozvodov UK • Využitie tepelných ziskov vnútorných a od oslnenia 	<ul style="list-style-type: none"> • Vlastnosti vykurovacej sústavy zladené s akumuláčnými vlastnosťami stavebných konštrukcií pre čo najvyššie využitie tep. Ziskov • Ústredná a miestna regulácia
	vetranie	<ul style="list-style-type: none"> • Zníženie spotreby tepla na ohrev vzduchu 	<ul style="list-style-type: none"> • Využitie tepla z odvádzaného vzduchu • Časovo riadené vetranie hygienicky opodstatnené • Odstránenie škodlivín v najvyššej miere • Použitie frekvenčných meničov
	Chladenie a zvlhčovanie	<ul style="list-style-type: none"> • Zníženie spotreby energie 	<ul style="list-style-type: none"> • Čo najvyššie obmedzenie s ohľadom na funkčnosť budovy • Použitie energeticky účinnej technológie

Tab. 7.3 Požiadavky na koncepciu nízkoenergetickej IB - III

Stavebná časť	Stavebná profesia	Vplyv na energetickú spotrebu	poznámka
TZB	Elektrické rozvody a spotrebiče	Zníženie spotreby energie: <ul style="list-style-type: none"> • u umelého osvetlenia • použitie energetickejšieho spotrebičov • Organizačnými opatreniami 	<ul style="list-style-type: none"> • Návrhom (združené osvetlenie) • Úspornými zdrojmi • Riadením
	Integrácia sústav TZB a využitie netradičných technológií	• Zníženie spotreby energie optimalizáciou funkcie TZB s ohľadom na požadovanú funkciu budovy	<ul style="list-style-type: none"> • Vzájomná súčinnosť sústav • Využitie akumulácie tepla a prípadne jeho prečerpávanie • Využitie obnoviteľných energií
	Regulácia a meranie	• Nadradený riadiaci systém	<ul style="list-style-type: none"> • Regulačné zariadenia u jednotlivých sústav TZB • Optimalizácia funkčná a energetická jednotlivých regulácií riadiacim systémom

Tab. 7.4 Požiadavky na koncepciu nízkoenergetickej IB - IV

Stavebná časť/činnosť	Stavebný funkčný diel	Vplyv na energetickú spotrebu	poznámka
TZB	vertikálna doprava	Zníženie spotreby energie vhodným riadiacim (zberným) systémom a časovou optimalizáciou chodu výťahov s ohľadom na ich nosnosť a prevádzku v budove	Riadiaci systém
Prevádzka budov	Riadenie prevádzky	Riadiaci systém pre: <ul style="list-style-type: none"> • Zaistenie funkcie budovy • Zaistenie bezpečnosti prevádzky sústav TZB • Zaistenie trvania projektových parametrov spotreby energie po dobu životnosti budovy 	<ul style="list-style-type: none"> • Regulácia a riadenie sústav TZB • Kontrola sústav TZB • Použitie energetického manažérstva
	Údržba opravy	Udržanie funkčnosti a parametrov po dobu životnosti	<ul style="list-style-type: none"> • Riadiaci systém • Energetické manažérstvo

7.3.2 Energetické manažérstvo – opatrenia k úsporám v PROJEKTOVEJ FÁZE

Vhodná je realizácia nasledovných opatrení:

Opatrenie v stavebných konštrukciách

- V neprievitných obvodoých funkčných dieloch,

- V strechách,
- Vo výplniach otvorov,
- Vo vybraných vnútorných konštrukciách.

Opatrenie vo vykurovacej sústave

- V zdrojoch tepla,
- V regulácii ústrednej a miestnej,
- Vo vyregulovaní vykurovacej sústavy.

Opatrenie pre ohrev teplej vody

- Pre úsporu tepla,
- Pre úsporu vody.

Opatrenie pre úsporu elektrickej energie

- Pri umelom osvetlení,
- Pri prevádzke spotrebičov.

Opatrenie pre uplatnenie energetického manažérstva

- Pre prevádzkovú diagnostiku,
- Pre garantovanie trvalého dosiahnutia parametrov,
- Pre motiváciu užívateľov, prevádzkovateľov, vlastníkov k energeticky vedomej prevádzke budovy.

7.3.3 Energetické manažérstvo – opatrenia k úsporám pri RIADENÍ IB

Vzhľadom na povahu samoučiacej sa technológie a schopnosť dodatočne vybaviť rôzne systémy zariadení v čase, keď sa uvoľňujú nové inovácie, sa inteligentné budovy ako konečný článok zvyčajne nezavádzajú. Namiesto toho existujú štyri stupne, ktoré budova prechádza, aby sa stala skutočne inteligentnou; štyri úrovne inteligentných možno vnímať ako transformačný proces v jadre stratégie inteligentných budov, alebo ako metódu hodnotenia, nástroj na porovnávanie, ktorý pomáha pochopiť, ako skutočne je inteligentná budova.

Zbieranie dát

Potrebný je zber čo najväčšieho počtu dát v reálnom čase a ich archivácia.

Spracovanie

Finlizácia je do formy aj pre priame vyhodnotenie grafy, tabuľky, ...

Samoučenie

Hlavným účelom strojového učenia v zabudovanom prostredí je vytvorenie analytických modelov schopných nepretržite sa učiť z dostupných údajov, bez pomoci ľudí.

Automatizácia

Budova dosiahne túto fázu za dva až tri roky. Využíva strojové učenie tak, že jej procesy sa zväčša automatizujú. Budova využíva historické údaje o budovách a externé údaje pomocou technológie digitálnych dvojčiat - dynamickej virtuálnej reprezentácie fyzického objektu zobrazeného ako interaktívny 3D model. Model vytvorený pomocou

počítačového zobrazovania a zahŕňajúceho obrovské množstvo dát, ktoré inteligentné budovy poskytujú - na vyhodnotenie pravdepodobnosti výsledky rôznych scenárov spustením viacerých simulácií na modeli.

7.3.4 Energetické manažérstvo IB - PREVÁDZKA BUDOV

Energetické manažérstvo je významné opatrenie k dosiahnutiu úspory energie, či k jej zachovaniu, alebo ochrane.

Úspory sa dajú dosiahnuť:

- Trvalým sledovaním prevádzky a projektovaných prevádzkových parametrov, hlavne potreby a spotreby energie,
- Pravidelným vyhodnocovaním nameranej spotreby energie a projektovanej potreby a analyzovaním získaného rozdielu v spotrebe a potrebe,
- Prijímaním opatrení k odstráneniu rozdielu v spotrebe a potrebe, k čo najtrvalejšiemu dosiahnutiu projektovanej, alebo nižšej potreby,
- Motiváciou užívateľov a prevádzkovateľov trvalým zverejňovaním zistených hodnôt a vhodnou interpretáciou dosiahnuteľných úspor pri prevádzke budov.

7.4 Facility manažment - prevádzka inteligentných systémov administratívnych budov

Výraz facility management je medzinárodne rešpektovaný termín, definovaný v norme STN EN 15221 Facility management.

Vo všetkých krajinách, kde sa metóda FM aplikuje ako metóda riadenia podporných činností subjektu, používa v anglickej podobe.

- facility - budova, zariadenie, ale aj služby poskytované organizácii s určitým cieľom,
- management - riadenie alebo správa.

Tento výrazný trend vznikol v 70. rokoch minulého storočia v USA, keď si projektanti budov a ich majitelia si uvedomili, že počas prevádzky budovy sa ich pôvodné predstavy často nezhodujú s meniacimi sa potrebami užívateľov, ktoré kopírujú technický a ekonomický vývoj spoločnosti. Z danej skutočnosti vyplynuli požiadavky profesionálne riešiť prevádzku technického zázemia budov, bezpečnosť osôb, vecí a služieb.

Činnosť bola rozdrobená na rozličné úseky prevádzky. Nebola jednotná stratégia a kooperácia bola iba živelná. Vznikla potreba prepojenia informácií medzi prevádzkami a jednotlivými riadiacimi pracovníkmi a potreba vytvoriť jednotný postup pri riadení podporných činností.

Tento stav v 80. rokoch minulého storočia podnietil založenie organizačnej základne pre asociáciu facility managementu USA, ktorá združovala asi 60 profesionálov – facility manažérov. Bol to prvý krok k založeniu asociácie IFMA – International Facility Management Association v roku 1981 v Houstone (Obr. 7.19)

V Európe sa facility management začal presadzovať až začiatkom 90. rokov. Na Slovensku vznikla Spoločnosť pre Facility management – IFMA SK v roku 2005.

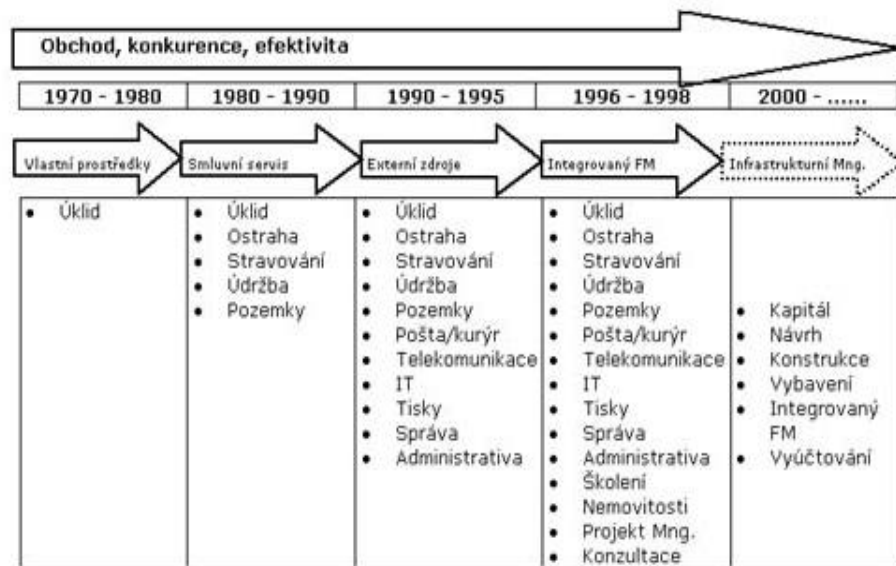
Dnes združuje medzinárodná organizácia IFMA viac ako 18 000 členov z 50 krajín.

Definícia FM podľa IFMA

metóda, ako v organizáciách vzájomne zladíť pracovníkov, pracovné činnosti a pracovné prostredie, ktorá v sebe zahŕňa princípy obchodnej administratívy, architektúry, humanitných a technických vied.

Facility management predstavuje integráciu procesov v rámci organizácie na udržanie a rozvoj dohodnutých služieb, ktoré podporujú a zvyšujú efektívnosť svojej základnej činnosti.

Obr. 7.19 Vývoj facility manažmentu



Facility management charakterizuje prepojenie troch oblastí:

- oblasti týkajúcej sa pracovníkov, t. j. ľudských zdrojov a sociologických aspektov,
- oblasti pracovnej činnosti, t. j. oblasti výkonov a financovania,
- oblasti pracovného prostredia, t. j. architektúry a inžinieringu (Obr. 7.20).

Obr. 7.20 Schéma 3P Facility managementu



Prvé dve oblasti sú identické vo všetkých managementoch (odboroch riadenia). Vždy sa jedná o súbor činností, zaisťované alebo určené pre skupinu osôb. Pre facility management je však špecifická práve tretia oblasť, označená ako „Priestory“. Je teda možné definovať základný cieľ facility managementu: Cieľom je posilniť tie procesy v organizáciách, pomocou ktorých pracovisko a pracovníci podajú najlepšie výkony a v konečnom dôsledku pozitívne prispievajú k ekonomickému rastu a celkovému úspechu organizácie. Výsledným efektom vzájomných väzieb je

posilnenie všetkých procesov, pomocou ktorých pracovníci vo svojich pracoviskách – v príjemnom prostredí podporujúcom výkonnosť – podávajú optimálne výkony. V konečnom dôsledku tak FM pozitívne prispieva k ekonomickému rastu firmy a zvyšovaniu jej konkurencieschopnosti.

Prečo zavádzať facility management?

- uvoľniť kapacity pre základný predmet podnikania,
- optimalizovať organizáciu spoločnosti,
- objaviť rezervy (priestorové, procesné),
- zlepšiť prehľadnosť stavu majetku,
- spresniť internú evidenciu,
- definovať nákladovosť všetkých činností = presne adresovať tieto náklady na prevádzkovú jednotku,
- zaviesť jednotný systém hodnotenia efektívnosti (KPI)=kľúčové výkonnostné ukazovatele.

Kde zavádzať FM?

- pri nových, rozsiahlych či technologicky náročných projektoch,
- v úzko špecializovaných spoločnostiach,
- v spoločnostiach, ktoré majú prevádzku v mnohých objektoch alebo v rozsiahlych nehnuteľnostiach,
- ak dosahuje réžia spoločnosti neúmernú výšku,
- pri rozhodnutí manažmentu spoločnosti výrazne znížiť počet zamestnancov (outsourcing),
- ak chce manažment spoločnosti sprehľadniť procesné väzby (najmä v oblasti podporných činností).

Stavebný objekt sa realizuje s cieľom vytvoriť priestor, v ktorom sú situované rozličné podnikateľské subjekty. Tieto subjekty majú primárne a sekundárne činnosti.

Primárne alebo hlavné činnosti (core business) sa vykonávajú s cieľom dosiahnuť zisk – prvoradým cieľom manažmentu firmy je preto maximálna efektívnosť hlavnej činnosti.

Príklady hlavných činností pre rôzne subjekty:

- škola – výučba žiakov,
- reštaurácia – stravovanie hostí,
- divadlo – poriadanie predstavení,
- automobilka – výroba automobilov,
- hotel – ubytovanie a servis hostí.

Sekundárne alebo podporné činnosti sú všetky ostatné činnosti, ktoré vytvárajú podmienky na úspešný priebeh hlavnej činnosti. Ide najmä o správu majetku, prevádzku budovy, priestorové plánovanie, upratovanie, stravovanie, informatiku atď. Návratnosť nákladov, ktoré sú spojené so zavedením FM pri riadení podporných činností, je 2 až 3 roky. Úspora prevádzkových nákladov sa však v neskorších rokoch vyšplhá na 10 až 30 %. Náklady spojené s realizáciou podporných činností predstavujú v pomere k celkovým nákladom (t. j. k súčtu nákladov na hlavné a podporné činnosti) nezanedbateľnú čiastku, - napriek tomu firmy nekladú dostatočný dôraz na ich riadenie.

Uplatnenie FM

Facility management sa uplatňuje pri dvoch skupinách užívateľov:

- investori a developerské organizácie
- vlastníci už existujúcich stavebných objektov.

Ad 1) Vďaka FM sa už v prípravnej fáze investičného procesu realizujú stavebné objekty s vysokou úžitkovou hodnotou a nízkymi prevádzkovými nákladmi pri zachovaní kvality projektu a všetkých služieb poskytovaných nájomcom. Z pohľadu developera je po ukončení investičného procesu najdôležitejším faktorom možnosť zhodnotiť svoje investície – predajom alebo prenájmom. Životaschopnosť stavebného objektu ušetrí aj potenciálnemu záujemcovi určité percento prevádzkových nákladov s minimálnym vynaložením úsilia.

Ad 2) Ide o priemyselné a výrobné podniky, administratívne a obchodné centrá, školské a univerzitné zariadenia, nemocnice a iné zdravotnícke zariadenia a podobne. Využitie FM môže v tejto skupine priniesť optimalizáciu podporných činností, sprehľadnenie nákladov a ich následného zníženia, výrazne vyššieho využitia plôch, inventára, technických prostriedkov, služieb a v neposlednom rade aj pracovníkov, podieľajúcich sa vo firme na podporných činnostiach.

FM je moderný odbor. Jeho uplatnenie pri spravovaní budov výrazne prispieva k úspore prevádzkových nákladov, a tým aj k zvýšeniu ziskovosti podnikania. Nejde len o dočasný trend podnikového manažmentu, ale o praktický spôsob profesionálneho riadenia a správy podnikových zdrojov, ktorý by sa mal používať kontinuálne.

Facility manažment (FM) je veľmi efektívna forma spravovania budov.

FM má zabezpečiť optimálnu prevádzku a dosiahnutie naprojektovaných parametrov IB, pretože IB je komplex technických zariadení a riadiacich softvérov, ktoré už presahujú možnosti a schopnosti bežného užívateľa. Ich funkciu v danej situácii zastupuje facility manažér, ktorý môže pokrývať aj ďalšie činnosti správy a riadenia budov.

Obr. 7.21 Možnosti facility manažmentu



Príklad využitia FM v administratívnej budove v Tajwane (Obr.7.22)

Priznané rekordy

- Najvyššia budova v dobe jej vzniku (508 m),
- Najvyššie položené obývané podlažie (438 m),
- Najvyššia strecha na svete (448 m),
- Najrýchlejší výťah na svete (1 010 m/minúta).

Budova bola nominovaná Časopisom Newsweek na jeden zo 7 novodobých divov sveta a Discovery Channel na prvý zo 7 technických divov.

Obr. 7.22 Jedna z najvyšších používaných budov sveta Taipei 101



História budovy

- 07/1997 uzavretá BOT-zmluva na 70 rokov (so štátom),
- 07/1999 začína výstavba budovy,
- 11/2003 otvorené obchodné centrum (v päte budovy),
- 12/2004 otvorená výšková budova,
- 04/2005 prvý nájomník budovy (nemecká spoločnosť Bayer),
- 11/2008 obsadených viac ako 80% nájomných priestorov.

Technické údaje

- Kapacita budovy 10 000 až 12 000 stálych nájomníkov plus 1 500 návštevníkov,
- Plocha jedného podlažia vo veži je 2 300 až 4 000 m²,
- Konštrukčná výška podlažia je 4,2 m, svetlá výška 2,8 m,
- Základnou predlohou konštrukcie je tradičný čínsky objekt pagody,
- Základný konštrukčný systém kopíruje nosný systém bambusového stebľa,
- Návrh predpokladá prírodné extrémny (tajfún a zemetrasenie),
- Základy stoja na 380 pilótach (skalný základ je asi 80 m pod úroveň zeme),
- Základnú konštrukciu tvorí 8 megastĺpov, každých 8 poschodí je vodorovné stuženie,
- Účinky vetra tlmia zavesené kyvadlá (pasívny tlmič),
- 50 výťahov:
 - 2 prestupné poschodia do výškovej časti,
 - dvojposchodové kabíny výťahov zdvojujú prepravnú kapacitu,
 - z prízemí do najvyššieho poschodia sa dá dostať za 2 minúty,
 - priemerné čakanie na výťah je 30 sekúnd,
 - vysokointeligentné riadenie výťahov.
- Zjednotený komunikačný systém,
- Kompletne zálohovaný systém elektrických obvodov,
- Komplexný systém klimatizácie a vetrania (s kontrolou kvality vzduchu),
- Automatický systém energetického manažmentu,
- Špeciálny tepelný a svetelný filter v sklách obvodového plášťa,
- Vysokoučinný protipožiarny systém s ochranným evakuačným koridorom.

Parametre facility managementu v budove:

- Všetky služby sú zabezpečené internými pracovníkmi,
- Minimálny počet odborníkov počas zmeny,
- Non-stop podpora nájomníkov (najmä v oblasti nájomného a služieb),
- Moderný bezobslužný návštevnícky systém (prostredníctvom samoobslužných kioskov),
- Vysoký stupeň štandardizácie, jasne stanovené postupy a manuály,
- Nastavený priemyselný štandard,
- Počas prípravy sa využili služby externých skúsených FM konzultantov, pričom sa kládol dôraz najmä na:
 - optimalizáciu nákladov,
 - vybudovanie interného FM tímu,

- stanovenie jednoznačných kompetencií,
- preškolenie a zacvičenie pracovníkov.
- Dôraz na výber materiálov z pohľadu prevádzkových nákladov.

Postup pri inicializácii prevádzky

- Jeden facility manažér bol prijatý už rok pred spustením nákupného centra,
- Dvaja boli prijatí rok pred sprevádzkovaním vežovej časti,
- Každé dva roky sa preverujú a aktualizujú,
- prevádzkové a organizačné parametre (vrátane aktuálnosti pracovných náplní),

Sskutočná potreba personálu,

- zmluvy s dodávateľmi,
- priebeh a vyhodnotenie porúch a opráv,
- štandardné prevádzkové predpisy (SOP).

Finančné parametre

- Náklady na riadenie budovy predstavujú približne 2,57 USD/ m²/mesiac,
- Celkové prevádzkové ročné náklady predstavujú asi 4 800 000 USD,
- Potrebná obsadenosť je 85 %.

Obr. 7.23 Taipei 101



Stupne manažérského prístupu k riadeniu budov pri prevádzke budov

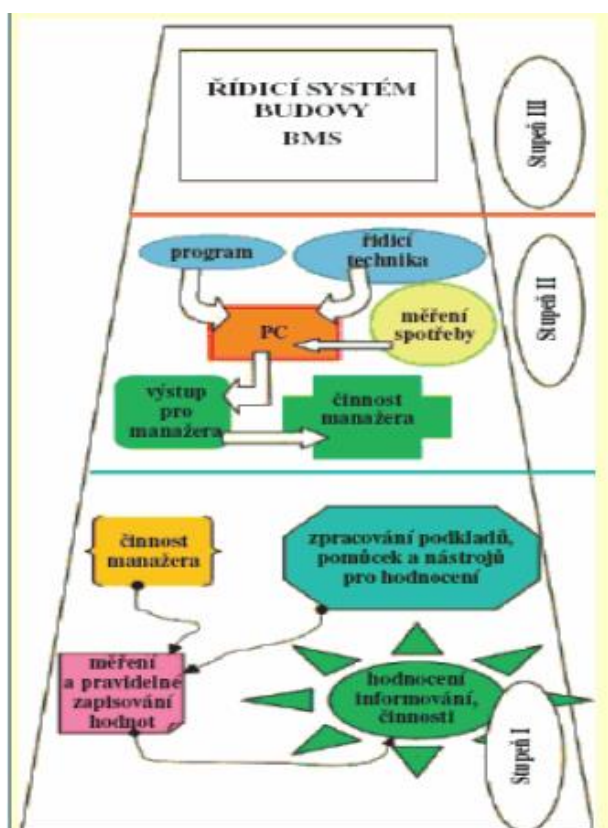
Manažérstvo budovy - sledovanie prevádzky a spotreby energií stavby, zavedenie spätnej väzby na dosiahnutie projektovaných vlastností stavby.

Riadiaci systém - vhodný systém riadiacich, snímacích a komunikačných prvkov.

Riadiaci program - program schopný vyhodnocovať a riadiť prevádzku budovy s možnosťou adaptácie na rôzny režim prevádzky a potreby užívateľa.

Najdokonalejšie je použitie vhodného programu a PC pre porovnanie správnych a skutočných prevádzkových hodnôt. Ak využijeme tohto zariadenia pre riadenie prevádzky budovy, vytvárame základ tzv. inteligentnej budovy. Druhý, nižší stupeň je využitie vhodného programu a PC k vyhodnoteniu prevádzkových stavov porovnaním skutočných a správnych (naprogramovaných) hodnôt potreby tepla. Účelné je meradlo tepla a energie so záznamom nameraných hodnôt a prenosom do PC. Najjednoduchší, najlacnejší a najrozšírenejší je systém hlava-ceruzka-papier. Opatrenie vyžaduje: vybavenie zariadenia požadovanými meračmi zaškolenie obsluhy odborne aj morálne (spravidla obyvatel' budovy so strednými technickými schopnosťami a vybavený pomôckami. Technické zariadenie musí byť prispôsobené typu manažérstva.

Obr. 7.24 Riadiaci systém budovy



7.4.2 Facility management a prostredie budov

Vychádzajúc z definície FM IFMA je prostredie jednou z oblastí, ktorého kvalitu FM, v súčinnosti s ďalšími oblasťami (v prípade spoločností, organizácií, a pod. sú to pracovníci + procesy), výrazne ovplyvňuje.

Z energetického hľadiska pod kvalitným pracovným prostredím rozumieme:

- tepelne stabilné a dobre vetrané priestory,
- svetelnú pohodu na pracovisku v súlade s hygienickým štandardom,
- bezporuchový chod technických a technologických zariadení pre zabezpečenie dodávky energií (vykurovanie, elektrická energia, klimatizácia).

Moderná inteligentná budova by mala obsahovať riadiace systémy a technológie, vzájomne previazané a spolupracujúce tak, aby poskytovali:

- komfort, pohodlie, bezpečnosť a zdravé prostredie pre používateľov budovy,
- úspory energií a prevádzkových nákladov pre majiteľa budovy,
- Jednoduché ovládanie a servis,
- dokonalý prehľad o stave prebiehajúcich procesov v budove.

Postup zavádzania nového riadiaceho systému možno zhrnúť v nasledovnom pláne:

- 1. Zostaviť zoznam zariadení vyžadujúcich a vhodných na riadenie:
 - HVAC (Heating and Ventilation and Air Conditioning),
 - elektroinštalácia,
 - EPS (elektronický požiarly systém),
 - EZS (elektronický zabezpečovací systém),
 - výťahy,
 - systém kontroly vstupu osôb,
 - zdravotná technika.
- 2. Navrhnuť riadenie:
 - navrhnuť spôsob riadenia jednotlivých oblastí
- 3. Zhodnotiť vhodnosť riadiaceho systému
- 4. Navrhnuť spôsob prevádzky budovy:
 - nastavenie alarmov,
 - rozdelenie informácií, ako často zisťovať,
 - poruchové údaje,
 - energetické údaje (archivácia).
- 5. inštalácia a konfigurovanie riadiacich systémov.

Z pohľadu výrobkov a zariadení môžeme všetky technológie v inteligentnej administratívnej budove rozdeliť do 4 skupín:

Technické zariadenia budovy a silnoprúdové systémy

kotolne, výmenníkové stanice, kogeneračné jednotky alebo transformátory a systémy UPS, nízko napäťové elektrické rozvody

Meranie a regulácia

vykurovanie, vzduchotechnika, klimatizácia, riadenie osvetlenia, ovládanie žalúzií alebo roliet

Slaboprúdové a zabezpečovacie systémy

dátové rozvody, systém kontroly pohybu osôb, kamerový systém, poplachový systém PSN, systém protipožiarnej ochrany EPS

Transport a manipulácia

výťahy, čerpadlá, ventilátory, dverové a reklamné systémy

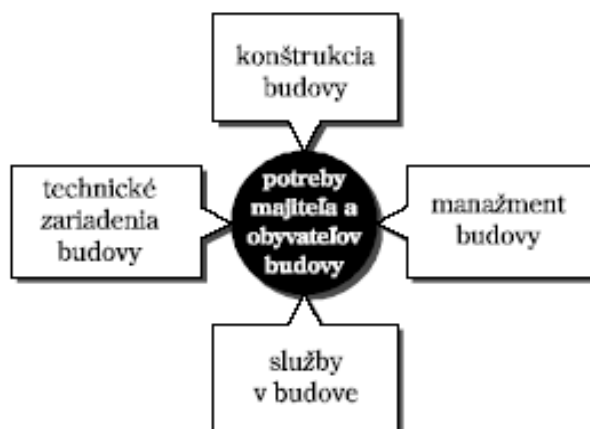
V súčasných, často komplexných pozemných stavbách predstavujú technické zariadenia budov dôležitý rámec všetkých stavebných opatrení a ich správna činnosť zaručuje neobmedzené využívanie stavebného diela. TZB môžu v závislosti od štandardu vybavenia tvoriť 25 % až 50 % celkových stavebných nákladov a preto sú nezanedbateľným faktorom.

Tab. 7.5 Technika prostredia a jej funkcie

TECHNIKA PROSTREDIA	FUNKCIA
Systém inteligencie	Ovládanie: Miestne na PC, Diaľkové napr. mobilom
vykurovanie	Ovládanie: Časové, Ústredné, Teplotné miestne nadradené, ústredné/ zónové, Teplotné zónovanie
Príprava teplej vody	Ovládanie: Časový ohrev TV a cirkulácia
Umelé osvetlenie	Ovládanie: Skupín svetidiel mimo a v budove
Bezpečnosť	Ochrana proti zlodejom, proti požiaru, proti zamrznutiu Kontakt lekár. Pomoci, Vytváranie dojmu prítomnosti (osvetlením)
Telefonické spojenie s domom	Zistenie stavu ochrany, osvetlenia, vnútornej teploty
Pripojenie audiovizuálnych zariadení	Distribúcia do miestností, ovládanie zariadení
Pripoj. Spotrebič. s elektronickým vlastným riadením	Programovanie prevádzky a funkcie Úspora energie
Premenný odpor otvorovej výplne	Automatická prevádzka Podstatné zníženie potreby energie
Zavlažovací systém záhrady Inteligentná ČOV	Automatická prevádzka Úspora vody a energie

7.5 Riadenie – automatizácia budov

Samotná budova nepozostáva len z technických zariadení, vytvárajúcich umelú vnútornú klímu alebo spolupracujúcich na jej vytváraní, ale aj z vlastnej stavebnej konštrukcie, podieľajúcej sa na pasívnej alebo aktívnej tvorbe umelého stavaného vnútorného prostredia. Okrem týchto dvoch základných komponentov sú nedeliteľnou súčasťou budovy manažment (správa alebo obhospodarovanie) budovy a služby, poskytované obyvateľom budovy (Obr. 7.25).



Zdroj: Toman, Kunc: Systémová technika budov FCC Praha 1998

Aby takýto zložitý komplex, ktorý budova predstavuje, dobre, spoľahlivo a ekonomicky fungoval, je treba riadiť ho alebo aspoň mať prehľad o jeho okamžitom i dlhodobom stave a spôsobe fungovania. To môže zabezpečiť jedine vhodný riadiaci systém budovy. To je prvý aspekt, prečo treba automatizovať dnešné administratívne budovy. Druhý aspekt je to, že budovy dnes spotrebujú až 50 % energie v národnom hospodárstve. Ich nároky na energiu, v prevažnej väčšine pokrývané fosílnymi zdrojmi primárnej energie, hrozia vyčerpaním týchto zdrojov a zároveň aj škodlivým dopadom na životné prostredie. Automatizácia budov môže podstatne prispieť k zníženiu spotreby energie jej kontrolou a riadením. Tretí aspekt, ktorý hovorí v prospech použitia komplexného automatického riadenia budov, sú samotní obyvatelia a ich požiadavky a nároky. Ľudia, pobývajúci v budove, sa majú v nej dobre cítiť a majú byť maximálne fyzicky a psychicky výkonní. Nesmie ich oslabovať jednotvárnosť a stereotypnosť vnútorného prostredia. Automatické riadenie má tento stereotyp odstrániť premenlivosťou parametrov vnútornej klímy vo vymedzených hraniciach.



Zdroj: Toman, Kunc: Systémová technika budov FCC Praha 1998

7.6.1 Správa administratívnych budov využitím riadiacich a slaboprúdových systémov

Správa nehnuteľností prechádza významnou zmenou. Doteraz zvyčajne rutinná správa budov sa postupne transformuje na aktívne riadenie procesov efektívneho a spoľahlivého používania nehnuteľností, ktoré sprevádza čoraz častejšie poskytovanie servisu špecialistami a rušenie vlastných drahých prevádzkových zložiek na správu budov. Využívanie riadiacich a slaboprúdových systémov prináša do tohto procesu nezanedbateľné pozitíva. Výdavky na služby sa pri takomto efektívnom spôsobe správy budov zarátajú do nákladov, neviazu prostriedky na neproduktívne činnosti a uvoľňujú možnosti na vlastný rast. Zvyšuje sa flexibilita a dynamika. Ekonomická, technická a legislatívna stránka starostlivosti o nehnuteľnosti sa tým nemení, ale facility management sa obohacuje o ďalšie rozmery – komplexnosť, technickú invenciu a vyššiu efektívnosť. Vzhľadom na vývoj situácie na trhu palív a energií bude aktívna úloha správcu čoraz dôležitejšia, čo priamo súvisí aj s potrebou ohľaduplnosti k životnému prostrediu a s úsilím o trvalo udržateľný rozvoj. Adekvátne k meniacim sa podmienkam správcovia prehodnocujú nároky na všetky svoje nové produkty a služby. Ak nemajú vlastné vývojové a výrobné kapacity, orientujú sa na osvedčených výrobcov, ponúkajúcich inovatívne riešenia riadiacich systémov, komunikačných a informačných technológií, slaboprúdových systémov kontroly vstupu, kamerových systémov, EPS (elektrickej požiarnej signalizácie), PSN (poplachového systému narušenia) a ďalších. Očakávajú od nich, že im umožnia organizovať a riadiť správu zverených nehnuteľností efektívnejšie, s menším tímom ľudí, s prihliadnutím na špecifiká objektov a ich poslanie, že im pomôžu vytvoriť pre zákazníkov optimálne podmienky na hospodárne a spoľahlivé používanie ich nehnuteľností. Hľadajú u nich nástroje na riadenie, monitorovanie, ovládanie zariadení, kontrolu a nastavovanie ich prevádzkových parametrov, výstrahu pred kolíznymi situáciami, hlásenie rizík a krízových situácií, ochranu majetku zákazníka, nástroje na aplikovanie koncepcie znižovania prevádzkových nákladov, a to všetko s dôrazom na skorú návratnosť investovaných prostriedkov, a najmä záruku vysokej kvality vlastných technických a riadiacich činností. Facility manažér by mal spravovať objekty hospodárnejšie, so znalosťou príslušných noriem a technických projektov a vybavenia zverených budov. Zároveň by mal monitorovať, analyzovať a vyhodnocovať náklady na vykurovanie a spotrebu všetkých druhov energií a médií a na výkony v budovách. S tým súvisí potrebná schopnosť plánovať, pripraviť prognózu vývoja cien a najmä znižovať náklady. Výhodou facility manažéra pri vykonávaní uvedených činností je, že môže využívať skúsenosti z porovnania viacerých dát z iných objektov. Uvedeným spojením sa správcovské činnosti dopĺňajú o využívanie riadiacich a slaboprúdových systémov. Ich dodávatelia umožňujú správcovi optimálne a hospodárne prevádzkovať a využívať technickú infraštruktúru objektu a správca sa stará o inštalované systémy, pretože sú pre neho významným pomocníkom pri šetrnej prevádzke jednotlivých technológií a pri ich účelnom využívaní mu dávajú priestor na úspory zákazníkových i jeho vlastných nákladov. Moderné slaboprúdové systémy a systémy merania a regulácie ponúkajú širokú škálu systémov na zaistenie komfortu užívateľov a prevádzkovateľov budov. Rozsah ich nasadenia do veľkej miery determinuje účel, ktorý majú spĺňať, pričom hlavným cieľom je efektívnosť, preto treba zvážiť výšku prvotnej investície vo vzťahu k očakávaným úsporám.

Zníženie spotreby energií

Systémy merania a regulácie ponúkajú priame úspory predovšetkým v podobe zníženia spotreby energií, napr. reguláciou kúrenia, chladenia, vzduchotechnických zariadení alebo osvetlenia priestorov. Poskytujú okamžitú a prehľadnú informáciu o stave regulovaných systémov či prípadnej poruche. Systémy môžu pomocou špeciálnych meteorologických staníc dostať informácie o rýchlosti a smere vetra, vonkajšej teplote, intenzite a smere slnečného žiarenia, a preto pružne a v predstihu reagovať na zmeny vonkajších parametrov.

Meranie spotreby energií

Ďalšou možnosťou využitia merania a regulácie (MaR) je meranie spotreby energií. Vo všeobecnosti môžeme merať spotrebu elektrickej energie, plynu, tepla/chladu a vody. Meranie spotreby prostredníctvom systému MaR môže výrazne prispieť k automatizácii prevádzkových procesov, a tým k úspore personálnych nákladov pri správe budovy, keďže údaje o spotrebe médií sú k dispozícii odbornej obsluhu priamo na počítači centrálného riadiaceho pracoviska,

prípadne cez vzdialený prístup lokálnou sieťou alebo internetom. Odborný pracovník nemusí zdĺhavo obchádzať každé jednotlivé meradlo v budove, nehovoriac o možnosti priebežnej kontroly spotreby a prípadnej zmeny nastavenia parametrov. Tým, že sa z procesu zberu údajov o spotrebe energií a médií vylúči ľudský faktor, presnosť spracovávaných údajov sa výrazne zvýši. Význam automatizácie merania spotreby rastie s veľkosťou budov a zvyšujúcim sa počtom nájomníkov, kedy je potrebné spotrebu jednotlivých priestorov rozpočítavať. Značný prínos pre zákazníka má sledovanie odberového maxima elektrickej energie (tzv. E-max) a vypínanie určených druhov technológií v kritických časoch.

Zvýšenie komfortu užívania a riadenia budovy

Zatiaľ čo pre prevádzkovateľa a správcu budovy je systém merania a regulácie prínosom z dôvodu zvýšenia komfortu obsluhy budovy, pre užívateľa sú to hlavne parametre vnútorného prostredia, ktoré vplyvajú na jeho subjektívny pocit pohodlia. Z tohto pohľadu predstavuje meranie a regulácia nezanedbateľnú pridanú hodnotu. Užívateľ vníma systém skôr ako prostriedok na prispôsobenie prostredia jeho momentálnym potrebám, pričom komplikované procesy prebiehajúce na pozadí sú pred ním skryté a fakticky ho ani nezaujímajú. Možnosť manuálneho alebo diaľkového nastavenia teploty v miestnosti, plynulá zmena intenzity osvetlenia, ovládanie žalúzií podľa intenzity slnečného svetla sa stávajú dostupným a žiadaným štandardom, dopĺňaným snímačmi prítomnosti v priestoroch. Tie regulujú režim užívania priestoru tak, že po príchode užívateľa nastavujú predvolené teploty a svetelný štandard v miestnosti a po jeho odchode prejdú do útlmu a vypnú osvetlenie.

Slaboprúdové systémy

Nemenej dôležitou súčasťou každej budovy sú slaboprúdové systémy. Na rozdiel od systémov merania a regulácie môžeme pri slaboprúdových systémoch hovoriť o úspore priamych nákladov len zriedka, o to častejšie sa však hodnotí ich vplyv na bezpečnosť. Ak by sme ale išli do dôsledkov, ochrana majetku a hodnôt pred rizikami, poškodením a odcudzením takisto úzko súvisí s efektívnosťou, pretože ide o úsporu dodatočných nákladov spojených s odstránením vzniknutých škôd. Nasadenie niektorých systémov – ako je elektrická požiarňa signalizácia (EPS) a požiarň evakuačný rozhlas (PR) priamo predpisuje slovenská legislatíva. Aj keď tieto systémy možno ťažko vnímať z pozície efektívnosti, v prípade požiaru, jeho včasnou identifikáciou, prípadne včasnou evakuáciou osôb, sa predchádza veľkým materiálnym škodám a poškodeniu zdravia užívateľov budovy, čo určite niekoľkonásobne vyváži počiatkovú investíciu do EPS či PR. V súčasnosti, keď hrozba teroristických útokov či iných kriminálnych činov už nie je len hypotetickou možnosťou, sa systémy priemyselnej televízie (CCTV), poplachové systémy (PSN) a systémy kontroly vstupu (SKV), stávajú bežnou súčasťou každej, hlavne administratívnej budovy.

Tieto systémy, nevyčerpávajú možnosti, ktoré dnes zákazník/ užívateľ má. Medzi ďalšie systémy patrí napr. systémov kontroly dochádzky, snímania a rozoznávania biometrických údajov, štruktúrovanej kabeláže a ďalších. Na slovenskom trhu dnes pôsobí mnoho firiem, ktoré pre svojho zákazníka ponúkajú viac či menej kvalitné a zmysluplné riešenia. Pre majiteľa budovy je dôležité pamätať na to, že všetky systémy v budove tvoria jeden celok a mali by sa vhodne dopĺňať a podporovať. Preto je pri voľbe dodávateľa vhodné, aby svoje potreby konzultoval so spoločnosťou, ktorá na budovu dokáže hľadieť ako na jeden celok.

Súčasní zákazníci očakávajú, že poskytovatelia služieb FM budú schopní dodať „na kľúč“ aj tie najzložitejšie projekty. Stále častejšie vyžadujú previazanosť jednotlivých systémov komplexného riadenia, prvky podporujúce energetický manažment centrálného zásobovania energiami, vodou a teplom, monitorovanie parametrov a spotreby chladenia, vetrania a klimatizácie. Veľký dôraz kladú na integráciu inštalovaných riadiacich, informačných a bezpečnostných systémov, ich kompatibilitu s riadenými zariadeniami, ktoré podporujú riešenia projektov inteligentných budov. Vyžadujú kvalitný informačný a dokumentačný manažment a reporting a sledovanie kľúčových výkonových ukazovateľov a indikátorov kvality.

Zoznam tabuliek

- Tab. 7.2 Požiadavky na koncepciu nízkoenergetickej IB - I
- Tab. 7.3 Požiadavky na koncepciu nízkoenergetickej IB - II
- Tab. 7.4 Požiadavky na koncepciu nízkoenergetickej IB - III
- Tab. 7.5 Požiadavky na koncepciu nízkoenergetickej IB - IV
- Tab. 7.6 Technika prostredia a jej funkcie

Zoznam obrázkov

- Obr. 7.1 Evolúcia človeka
- Obr. 7.2 Súčasti inteligentného mesta I
- Obr. 7.3 Súčasti inteligentného mesta II
- Obr. 7.4 Vývoj inteligentných systémov – pyramída inteligentnej budovy
- Obr. 7.5 Inteligentné siete
- Obr. 7.6 Obsah Smart City
- Obr. 7.7 Prostredie inteligentného Toronta
- Obr. 7.8 Čo tvorí inteligentné mesto
- Obr. 7.9 Príklad inteligentnej budovy
- Obr. 7.10 Geografická odlišnosť pojmu inteligentnej budovy
- Obr. 7.11 Geografická odlišnosť pojmu inteligentnej budovy
- Obr. 7.12 Príklad inteligentnej administratívnej budovy I
- Obr. 7.13 Príklad inteligentnej administratívnej budovy II
- Obr. 7.14 Brengelovo centrum v USA, Milwaukee
- Obr. 7.15 Federation Tower v Rusku, Moskva (506 m)
- Obr. 7.16 Rekonštrukcia budovy Reichstagu, Berlín
- Obr. 7.17 Národná technická knižnica v Prahe
- Obr. 7.18 Národná banka Slovenska, Bratislava
- Obr. 7.19 Vývoj facility manažmentu
- Obr. 7.20 Schéma 3P Facility managementu
- Obr. 7.21 Možnosti facility manažmentu
- Obr. 7.22 Jedna z najvyšších používaných budov sveta Taipei 101
- Obr. 7.23 Taipei 101
- Obr. 7.24 Riadiaci systém budovy
- Obr. 7.25 Štyri základné komponenty budovy
- Obr. 7.26 Technika prostredia a jej funkcie

Zoznam literatúry

- Bohumír Garlík: Inteligentní budovy, BEN-technická literatúra, Praha 2012
- Branislav Puškár: Inteligentné budovy na bývanie, Verlag Dashöfer 2008
- Miroslav Valeš: Inteligentní dům ERA Brno 2006
- Karel Srdečný: Energeticky soběstačný dům – realita, či fikce ERA Brno
- M.Počinková, D.Čuprová: Úsporní dům ERA Brno
- B.Bielek, M.Bielek, M.Palko: Dvojitě transparentné fasády budov COREAL 2002
- Beranovský, Truxa: Alternativní energie pro váš dům
- Toman, Kunc: Systémová technika budov FCC Praha 1998

www.idbjournal.sk
www.inteligentnydom.sk/idom/
www.automatedhome.co.uk
www.cedia.net
www.electronichouse.com
www.hiddenwires.co.uk
www.hometoys.com
www.hemagazine.com
www.iqdum.cz
www.thalesgroup.com/en/markets/digital-identity-and-security/iot/inspired/smart-cities
www.smartcity.gov.sk/definicia-smart-cities/index.html
www.a2d-consulting.com/digital-feed1/what-smart-cities-could-look-like.html
<https://www.techrepublic.com/article/smart-cities-6-essential-technologies/>
<https://www.thalesgroup.com/en/activities/security/city/smart-city>
<https://www.shutterstock.com/es/image-vector/security-system-smart-home-3d-house-722155513>
<https://www.europarl.europa.eu/news/sk/headlines/society/20201015STO89417/formovanie-europskej-legislativy-v-oblasti-umelej-inteligencie>
<https://www.rcrwireless.com/20160725/business/smart-building-tag31-tag99>
[https://iglass-technology.com/iglass-is-one-of-the-50-hottest-technologies-products-systems-for-smart-buildings/#iLightbox\[gallery555\]/0](https://iglass-technology.com/iglass-is-one-of-the-50-hottest-technologies-products-systems-for-smart-buildings/#iLightbox[gallery555]/0)



ENVIRONMENTÁLNE VHODNÉ STAVEBNÉ MATERIÁLY

A. Eštoková

8

ENVIRONMENTÁLNE VHODNÉ STAVEBNÉ MATERIÁLY

Stavebníctvo patrí k najvýznamnejším spotrebiteľom prírodných zdrojov a energie a vo významnej miere sa podieľa na znečisťovaní životného prostredia a zmene klímy. Stavebný sektor je zodpovedný za takmer 40 % celkovej environmentálnej záťaže Európskej únie. Na tvorbe acidifikačných alebo skleníkových plynov sa podieľa nielen prevádzka budov, ale aj ťažba, preprava surovín, výroba stavebných materiálov ako aj procesy výstavby alebo demolácia budov. Stavebné materiály ako hlavné súčasti stavebných konštrukcií zohrávajú významnú úlohu v celkovom vplyve budovy na životné prostredie a ich environmentálne vplyvy získavajú čoraz viac na dôležitosť s projektovaním energeticky pasívnych budov, u ktorých je znížená potreba energie a tým nepriamo aj emisie skleníkových plynov počas prevádzky budovy. Aby sa minimalizovali negatívne vplyvy budov, je teda dôležité zamerať sa nielen na energetické aspekty prevádzky budovy, ale mať na pamäti aj environmentálne vlastnosti stavebných materiálov. Environmentálne vlastnosti stavebných materiálov, resp. ich environmentálnu vhodnosť je možné hodnotiť iba na základe hodnoverných informácií, ktoré je možné získať prostredníctvom aplikácie metód environmentálneho hodnotenia.

8.1 Spôsoby environmentálneho hodnotenia

Environmentálne hodnotenie sa môže vykonávať na rôznych úrovniach s rôznym stupňom presnosti alebo s osobitným zreteľom na použité materiály. Najviac používané spôsoby posudzovania environmentálnej vhodnosti stavebných materiálov sú na Obr. 8.1.

Obr. 8.1 Typy environmentálneho hodnotenia a označovania stavebných produktov



Zdroj: Environmentálne manažérstvo v stavebníctve / Adriana Eštoková, Jozef Mitterpach, Marcela Ondová - 1. vyd - Košice : TU - 2017. - 176 s.. - ISBN 978-80-553-3163-8.

8.1.1 Eko-labeling

Eko-labeling alebo proces udeľovania environmentálnej značky reprezentuje I. typ environmentálneho hodnotenia a označovania stavebných produktov. Toto hodnotenie je založené na nezávislom posudzovaní treťou stranou, ktorá posudzuje zhodu produktu so stanovenými environmentálnymi požiadavkami. Všeobecné princípy opisuje norma ISO 14024 (STN ISO 14024: 2018).

Environmentálna značka je deklaráciou, že produkt, ktorý ju získal, spĺňa nadštandardné požiadavky z hľadiska ochrany životného prostredia a je teda environmentálne vhodnejší v porovnaní s inými produktami. Udeľenie značky neznamena, že by produkt nemal nijaký negatívny vplyv na životné prostredie, a že je úplne neškodný, ale zaručuje, že je vyrobený šetrnejším spôsobom a ovplyvňuje životné prostredie menej ako iné porovnateľné výrobky na trhu. Pod pojmom produkt v rámci procesu environmentálneho označovania rozumieme výrobok alebo službu.

Environmentálnymi značkami na Slovensku sú národná environmentálna značka „Environmentálne vhodný produkt“ (Obr. 8.2) , a Európska environmentálna značka „Environmentálna značka EÚ“, predtým známa ako „Európsky kvet“ (Obr. 8.2).

Obr. 8.2 Environmentálne značky na Slovensku



Poznámka: Vľavo – slovenská národná environmentálna značka „Environmentálne vhodný produkt“; vpravo - Európska environmentálna značka „Environmentálna značka EÚ“.

Zdroj: <https://www.sazp.sk/zivotne-prostredie/environmentalne-manazerstvo/environmentalne-oznacovanie-produktov/environmentalne-oznacovanie-produktov.html>

Environmentálne označovanie produktov typu I. predstavuje jeden z dobrovoľných nástrojov environmentálnej politiky, ktorý sa v Slovenskej republike uskutočňuje od roku 1997. Podmienky a postup pri udeľovaní a používaní národných environmentálnych značiek upravuje zákon č. 217/2007 Z.z. ktorým sa mení a dopĺňa zákon č. 469/2002 Z. z. o environmentálnom označovaní výrobkov v znení zákona č. 587/2004 Z. z. a Vyhláška č. 258/2003 Z.z., ktorou sa vykonáva zákon. Udeľovanie európskej environmentálnej značky sa vykonáva podľa nariadenia EP a R (ES) č. 66/2010 o environmentálnej značke EÚ. Proces udeľovania environmentálnych značiek je, ako už bolo spomenuté, založený na posudzovaní zhody produktov s osobitnými environmentálnymi kritériami pre príslušnú skupinu produktov. O právo používať značku „Environmentálne vhodný produkt“ môže žiadať výrobca, dovozca alebo predávajúci pre svoj výrobok alebo službu, ak je tento zaradený do skupiny produktov, pre ktorú boli vydané osobitné environmentálne kritéria na národnej (Oznámenie MŽP SR) alebo európskej úrovni (Rozhodnutie Európskej komisie (EK)). Oznámenie MŽP SR je technický dokument s plným názvom "Oznámenie o určení skupín produktov, podskupín produktov a osobitných podmienok na udelenie národnej environmentálnej značky", ktorý schvaľuje a vydáva Ministerstvo životného prostredia, a prostredníctvom ktorého sa vykonáva proces overovania zhody produktu so stanovenými osobitnými podmienkami pre príslušnú skupinu produktov. Osobitné podmienky v sebe zahŕňajú okrem vymedzenia produktovej skupiny a definície pojmov, základné a špecifické požiadavky, ktoré reprezentujú kritéria na udelenie environmentálnej značky, ako aj spôsob overenia zhody parametrov produktu s týmito kritériami (Obr. 8.3).



Zdroj: A. Eštoková

Špecifické požiadavky sú environmentálne požiadavky, ktorých dosiahnutie môže prispieť k zlepšeniu životného prostredia, napr. šetrením prírodných zdrojov a energie, náhradou nebezpečných látok vo výrobku, znížením množstva odpadu, znížením emisií škodlivín, predĺžením životnosti, a pod.

Na Slovensku sú špecifické environmentálne kritéria v rámci osobitných podmienok pre národnú značku aktuálne stanovené pre 5 produktových skupín z oblasti stavebných materiálov (Tab. 8.1), pričom tieto kritéria sa v pravidelných trojročných intervaloch aktualizujú.

Tab. 8.1 Skupiny stavebných výrobkov, pre ktoré sú definované podmienky na získanie národnej environmentálnej značky

Skupiny produktov	Oznámenie MŽP SR č.	Platnosť
Cementy	2/19	2019 - 2022
Betónové strešné krytiny	1/19	2019- 2022
Biodegradovateľné plastové materiály a produkty z nich	3/19	2019 - 2022
Izolačné materiály	3/21	2021 - 2024
Drôtokamenné konštrukcie	1/21	2021 - 2024

Poznámka: Platné Oznámenia k dátumu: január 2022.

Zdroj: <https://www.sazp.sk/zivotne-prostredie/environmentalne-manazerstvo/environmentalne-oznacovanie-produktov/environmentalne-oznacovanie-produktov.html>

V minulosti boli v SR platné aj špecifické požiadavky pre ďalšie produktové skupiny, ako boli: Murovacie materiály, Dosky na báze dreva, Okná a dvere, Lepidlá a tmely alebo Náterové látky.

Skupiny stavebných produktov, pre ktoré je možné získať európsku environmentálnu „Environmentálna značka EÚ“ značku sú v Tab. 8.2.

Tab. 8.2 Skupiny stavebných výrobkov, pre ktoré sú definované podmienky na získanie európskej environmentálnej značky

Skupiny produktov	Rozhodnutie EK č.	Platnosť
Tuhé krytiny	2021/476/EÚ	do 2028
Podlahové krytiny na báze dreva, korku a bambusu	2017/176/EÚ	do 2023
Vnútorne a vonkajšie náterové farby a laky	2014/312/EÚ	do 2023
Nábytok	2016/1332/EÚ	do 2022
Turistické ubytovacie zariadenia	2017/175/EÚ	do 2025

Poznámka: Platné Rozhodnutia EK k dátumu: január 2022.

Zdroj: <https://www.sazp.sk/zivotne-prostredie/environmentalne-manazerstvo/environmentalne-oznacovanie-produktov/environmentalne-oznacovanie-produktov.html>

Environmentálne kritéria pre dané skupiny stavebných produktov sa stanovujú pre najzávažnejšie environmentálne aspekty stavebného výrobku počas jeho životného cyklu, pričom zvyčajne sa viažu na výrobu alebo používanie produktu. Pre každú produktovú skupinu sa určujú aj požiadavky na obalový materiál.

Pre ilustráciu sú uvedené špecifické environmentálne požiadavky pre produktovú skupinu cementov. Špecifické požiadavky pre skupinu cementov určujú viaceré limity, ako sú maximálna ročná merná spotreba energie pri výpale 1t portlandského slinku – Obr. 8.4, a limitné emisie znečisťujúcich látok – Tab. 8.3 počas ustálenej prevádzky cementárskej rotačnej pece; ako aj najvyššie prípustné hodnoty rádionuklidov a obsahu fosforu a šesťmocného chrómu vo vyrobených cementoch.

Obr. 8.4 Maximálna ročná merná spotreba energie pri výpale 1t portlandského slinku

2 900 – 3 300 MJ/t	max 3 500 MJ/t	max 3 600 MJ/t	max 3 650 MJ/t
<ul style="list-style-type: none"> • pre nové a modernizované zariadenia 	<ul style="list-style-type: none"> • pri spaľovaní čierneho uhlia bez spoluspaľovania odpadov alebo alternatívnych palív 	<ul style="list-style-type: none"> • pri spoluspaľovaní odpadov vrátane alternatívnych palív, z ktorých sa získa menej ako 50% podiel tepelného príkonu cementárskej rotačnej pece 	<ul style="list-style-type: none"> • pri spoluspaľovaní odpadov vrátane alternatívnych palív, z ktorých sa získa >50% podiel tepelného príkonu cementárskej rotačnej pece

Poznámka: Tieto limitné hodnoty sa týkajú ustálenej prevádzky cementárskej rotačnej pece.

Zdroj: Oznámenie MŽP SR o osobitných podmienkach na udelenie národnej environmentálnej značky https://www.minzp.sk/files/eu/oznamenie_mzp_sr_cementy_1-16.pdf

Emisie znečisťujúcich látok, merané automatizovaným meracím systémom (AMS), pri spoluspaľovaní odpadov vrátane alternatívnych palív nesmú prekročiť priemerné ročné limitné hodnoty, ktoré sú prehľadne zhrnuté v Tab. 8.3.

Tab. 8.3 Limitné hodnoty znečisťujúcich látok pri výrobe cementu pre získanie národnej environmentálnej značky

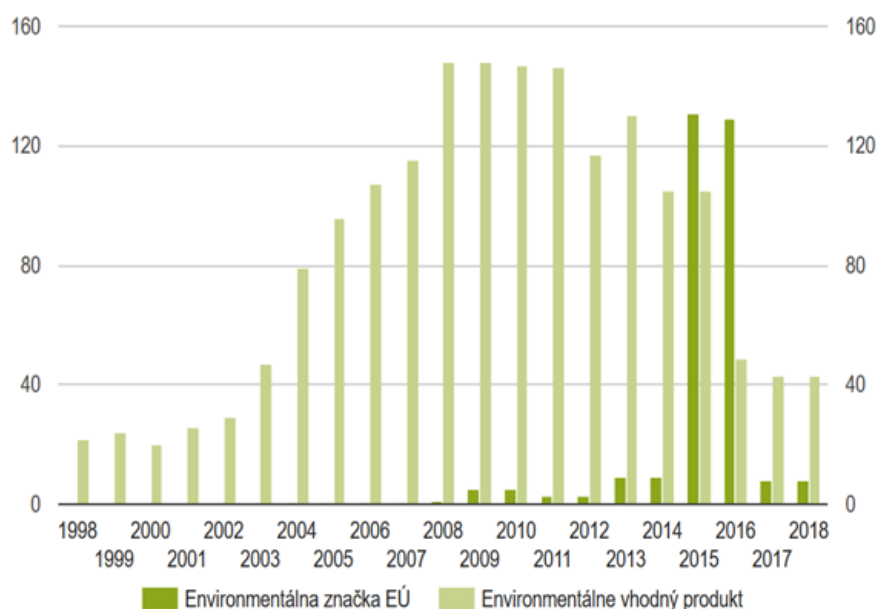
Znečisťujúca látka	Emisný limit (mg/Nm ³)
Tuhé znečisťujúce látky (TZL)	20
Oxidy síry vyjadrené ako SO ₂	50
Oxidy dusíka vyjadrené ako NO ₂	500
Amoniak NH ₃	30
Oxid uhoľnatý CO	2 000

Poznámka: Tieto limitné hodnoty sa týkajú ustálenej prevádzky cementárskej rotačnej pece.

Zdroj: Oznámenie MŽP SR o osobitných podmienkach na udelenie národnej environmentálnej značky
https://www.minzp.sk/files/eu/oznamenie_mzp_sr_cementy_1-16.pdf

Ďalšou požiadavkou je dodržanie najvyššej prípustnej hodnoty hmotnostnej aktivity rádia ²²⁶Ra (100 Bq/kg) v hotových cementoch a najvyššej prípustnej hodnoty indexu hmotnostnej aktivity pre obsah prírodných rádionuklidov stavebných výrobkov $I < 1$. Stanovené sú aj najvyššie hodnoty obsahu fosforu (menej ako 2 hmotnostné % P₂O₅) a chrómu v cementoch. Obsah šesťmocného chrómu (Cr^{VI}) nesmie prekročiť v balených cementoch 1,8 mg Cr^{VI} na 1 kg cementu. Požiadavky pre udelenie európskej environmentálnej značky sú spracované komplexnejšie, ako je to v procese udeľovania našej národnej značky, hodnotia sa všetky environmentálne dopady produktu a vychádzajú z jednotlivých fáz životného cyklu stavebného výrobku od získavania surovín až po prípadnú likvidáciu. Vývoj udeľovania environmentálnych značiek od začiatku národného eko-labelingového programu ilustruje Obr. 8.5.

Obr. 8.5 Trend udeľovania environmentálnych značiek na Slovensku



Zdroj: <https://www.sazp.sk/zivotne-prostredie/environmentalne-manazerstvo/environmentalne-oznacovanie-produktov/environmentalne-oznacovanie-produktov.html>

V súčasnosti existujú systémy environmentálneho hodnotenia a označovania na národnej alebo nadnárodnej úrovni vo viacerých krajinách sveta. Prvý systém označovania výrobkov bol zriadený v roku 1977 v Nemeckej spolkovej republike, následne v roku 1988 zaviedla hodnotenie environmentálnej vhodnosti výrobkov Kanada. Prvý nadnárodný systém, nordický eko-labelingový program „Biela labuť“, vznikol v roku 1989 a participujú na ňom Fínsko, Island, Nórsko a Švédsko. V roku 1989 zaviedli ekolabelingový program v Japonsku a v USA. V roku 1994 bola založená globálna sieť environmentálneho označovania výrobkov a služieb GEN – Global Ecolabelling Network, (Obr. 8.6), nezisková asociácia eko-labelingových organizácií z celého sveta.

Obr. 8.6 Logo siete, združujúcej eko-labelingové programy z celého sveta



Zdroj: <https://globalecolabelling.net/>

Príklady eko-labelingových programov, ako aj stavebných výrobkov, pre ktoré je možné získať environmentálnu značku vo vybraných krajinách sú na Obr. 8.7. Pre jednotlivé eko-labelingové programy sú na obrázku uvedené aj príklady skupín stavebných produktov, pre ktoré sú v danej krajine určené špecifické environmentálne kritéria, a pre ktoré je teda možné získať v rámci procesu hodnotenia environmentálnu značku. Jednotlivé krajiny si stanovujú vlastné environmentálne požiadavky vo väzbe na národné špecifiká.

Obr. 8.7 Príklady eko-labelingových programov v Európe a vo svete

 <p>ŠVÉDSKO GOOD GREEN BUY, TCO kancelársky nábytok</p>	 <p>AUSTRÁLIA ENVIRONMENTAL CHOICE farby a laky, drevené dosky</p>
 <p>ŠPANIELSKO AENOR-Medio Ambiente farby a laky</p>	 <p>KANADA - ENVIRONMENTAL CHOICE kancelársky nábytok, tepelné izolácie, oceľové konštrukčné výrobky, farby a laky</p>
 <p>CHORVÁTSKO ENVIRONMENTAL LABEL produkty z odpadového dreva, vo vode rozpustné náterové hmoty</p>	 <p>SINGAPÚR - GREEN LABEL SINGAPORE produkty z odpadového dreva, vo vode rozpustné náterové hmoty</p>
 <p>HOLANDSKO ECOLABEL výrobky z betónu</p>	 <p>ČÍNA - CHINA ENVIRONMENTAL LABELLING dvere a okná, drevené podlahy, náterové hmoty, stavebný materiál bez obsahu azbestu</p>
 <p>ČESKÁ REPUBLIKA EKOLOGICKY ŠETRNÝ VÝROBEK trubky, tvarovky a potrubné systémy, tepelno-izolačné materiály zo zberového papiera</p>	 <p>TAIWAN - GREEN MARK portlandský cement, tepelno-izolačné materiály, drevený nábytok, stavebné materiály z odpadových hmôt</p>
 <p>NEMECKO BLUE ANGEL produkty na báze dreva, stavebné materiály z odpadového skla a recyklovaného papiera, nátery</p>	 <p>NOVÝ ZÉLAND ENVIRONMENTAL CHOICE podlahové krytiny, tepelno-izolačné materiály, sadrokartónové dosky</p>
 <p>UKRAJINA LIVING PLANET stavebné materiály, farby a laky</p>	 <p>HONG KONG - ECOLABEL, GREEN LABEL okná, PVC trubky, stavebné materiály s obsahom popolčeka, podlahové materiály</p>
 <p>NÓRSKO - NORDIC SWAN ECOLABEL fasádne panely, drevo, okná a dvere, malé domy, apratmánové a školské budovy</p>	 <p>USA GREEN SEAL okná, farby, protikorozióne nátery</p>
	 <p>JAPONSKO - ECO MARK obkladové krytiny, cement, dlažobné materiály, stavebné materiály z recyklovaných materiálov</p>

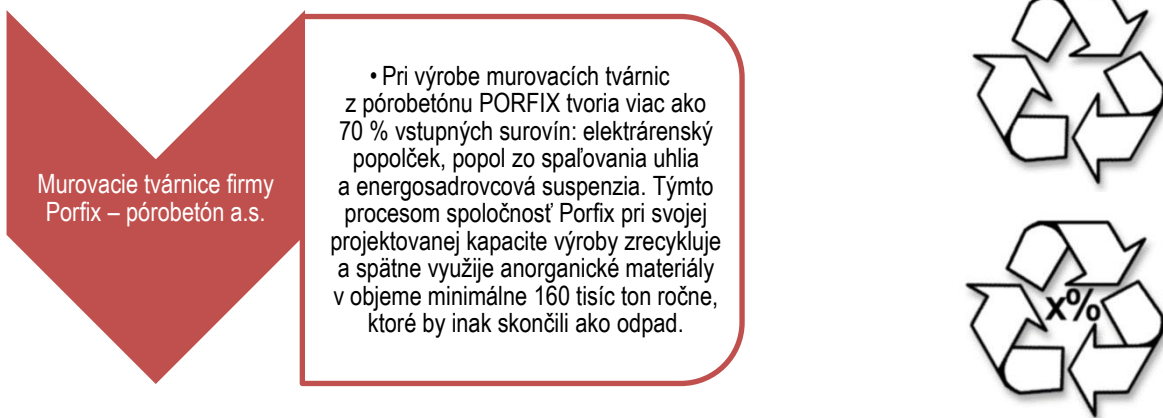
8.1.2 Vlastné tvrdenie o environmentálnych vlastnostiach produktov

Vlastné vyhlásenie tvrdenia o environmentálnych vlastnostiach produktu je druhým zo spôsobov environmentálneho hodnotenia a označovania stavebných materiálov a je známe ako Environmentálne označovanie typu II, ktorého zásady a princípy sú štandardizované v medzinárodnej norme ISO 14021 (STN ISO 14021: 2016). Tento spôsob sa používa výrobcami, dovozcami, distribútormi, maloobchodníkmi alebo kýmkoľvek, kto má pravdepodobný prospech z tvrdenia, najčastejšie v prípadoch, kedy nie sú stanovené environmentálne požiadavky na daný produkt v rámci environmentálneho označovania typu I.

Pod pojmom environmentálne tvrdenie sa rozumie slovné prehlásenie, symbol alebo obrazec (Obr. 8.8), ktorý poukazuje na vybraný environmentálny aspekt produktu. Pojmom environmentálny aspekt sa pri tom rozumie prvok činnosti, výrobu alebo služieb organizácie, ktorý môže ovplyvňovať životné prostredie. V SR Odbor environmentálneho manažerstva SAŽP (Slovenská agentúra životného prostredia) vykonáva overenie environmentálneho vyhlásenia typu II a na základe podanej žiadosti a vydáva certifikát. Vlastné vyhlásenia sa však môžu uvádzať aj bez certifikácie treťou stranou. Vlastné environmentálne vyhlásenia musia v zmysle noriem pre environmentálne hodnotenie typu II spĺňať určité požiadavky, napr.:

- environmentálne tvrdenie musí byť špecifické, presné a konkrétne,
- informácie uvádzané v tvrdení musia byť overiteľné a zdokumentované príslušným meraním alebo výpočtom,
- slovné vyjadrenie nesmie byť neurčité, nemajú sa používať termíny ako napr. „ekologický“, „priateľský voči životnému prostrediu“ a pod.,
- tvrdenie sa musí používať iba v odpovedajúcich súvislostiach, napr. predpona „bez“ (rozumie sa bez prítomnosti nejakej škodlivej látky) sa môže použiť iba za presne špecifikovaných podmienok,
- musí zohľadňovať významné aspekty životného cyklu produktu.

Obr. 8.8 Príklad vlastného tvrdenia o environmentálnych vlastnostiach produktu



Poznámka: Vľavo – príklad slovného vyjadrenia tvrdenia; vpravo – symbol pre označenie recyklovateľnosti výrobku alebo percenta obsahu recyklovaného materiálu tzv. Mobiusova slučka

Zdroj: <https://www.sazp.sk/zivotne-prostredie/environmentalne-manazerstvo/environmentalne-oznacovanie-produktov/>

Mobiusova slučka (Obr. 8.8) je typickým príkladom symbolu environmentálneho hodnotenia typu II a používa sa napr. pre označovanie obalov a obalových materiálov. Značky príslušnosti k systému triedenia a recyklácie odpadov z obalov predstavujú jednu z dôležitých vlastností z pohľadu životného prostredia, nie sú však dôkazom celkovej environmentálnej vhodnosti výrobku resp. obalu. Napr. Mobiusova slučka, ktorou sa podľa normy pre označovanie II. typu (ISO 14021) označuje recyklovateľnosť výrobku alebo určitý obsah recyklovaného materiálu, nezahŕňa posúdenie

ostatných environmentálnych charakteristík. Tento fakt je istým ohraničením vo vzťahu k životnému prostrediu pri environmentálnom hodnotení a označovaní II. typu, ktoré je zamerané len na jednu oblasť posudzovania, a upriamuje pozornosť len na jeden, popri prípade niekoľko vybraných environmentálnych aspektov a to v subjektívnom ponímaní výrobcu. Environmentálne hodnotenie typu II preto nepredstavuje komplexné hodnotenie vplyvu produktu na životné prostredie a nevyjadruje celkovú environmentálnu vhodnosť stavebného produktu.

8.1.3 Environmentálne vyhlásenie o produkte (EPD)

Environmentálne vyhlásenie o produkte (angl. Environmental Product Declaration – EPD) je výsledkom procesu environmentálneho hodnotenia a označovania typu III podľa ISO 14025 (STN ISO 14025: 2006), ktoré je založené na posudzovaní životného cyklu produktu metódou hodnotenia životného cyklu (angl. Life Cycle Assessment – LCA). Cieľom environmentálnych vyhlásení typu III je uľahčiť porovnávanie environmentálnych vlastností produktov, ktoré plnia rovnakú funkciu (tzv. porovnávacie tvrdenia). Navyše, v oblasti stavebníctva je zmyslom poskytnúť základ pre hodnotenie budov a iných stavieb a identifikovať tie, ktoré spôsobujú menšiu záťaž pre životné prostredie.

EPD poskytuje presné číselné údaje o stavebnom produkte v stanovených environmentálnych kategóriách (Tab. 8.4), pričom zahŕňa vybrané povinné a nepovinné fázy životného cyklu – od ťažby palív a surovín, prepravu, cez výrobu produktu vrátane medziproduktov, montáž, používanie, údržbu, demontáž, až po zneškodnenie (znovu použitie, recykláciu a pod.).

Tab. 8.4 Povinné kategórie vplyvu, ktoré musí obsahovať EPD stavebných produktov

Kategória vplyvu	Indikátor	Charakteristika / Príčina	Jednotkový ekvivalent
Klimatická zmena	Potenciál globálneho otepľovania (GWP)	Nárast teploty Zeme v dôsledku zvyšovania koncentrácie skleníkových plynov v atmosfére.	kg CO ₂ - ekvivalent
Narušovanie ozónovej vrstvy	Potenciál narušovania ozónovej vrstvy (ODP)	Znižovanie koncentrácie stratosférického ozónu v dôsledku pôsobenia škodlivých látok, najmä halogénovaných organických zlúčenín.	kg CFC11 - ekvivalent
Acidifikácia	Potenciál acidifikácie (AP)	Zvýšené okysľovanie vody a pôdy v dôsledku vodíkových kationov, ktoré sa do prostredia dostávajú atmosférickou depozíciou.	mol H ⁺ ekvivalent
Eutrofizácia	Potenciál eutrofizácie (EP)	Nadmerný obsah živín (hlavne dusíka a fosforu) vo vodách.	kg P - ekvivalent kg N - ekvivalent
Tvorba fotooxidantov	Potenciál tvorby fotooxidantov (POCP)	Vznik rôznych nebezpečných látok pri reakciách prchavých uhľovodíkov s kyslíkatými radikálmi a oxidmi dusíka v troposfére, napr. ozónu.	kg NMVOC – ekvivalent
Vyčerpávanie abiotických zdrojov	Potenciál vyčerpávania abiotických zdrojov (ADP)	Využívanie obnoviteľných a neobnoviteľných nerastných surovín	kg Sb – ekvivalent MJ
Spotreba vody	Potenciál nedostatku vody (WDP)	Nedostatok pitnej vody pre človeka alebo ekosystém v dôsledku spotreby v danom regióne	m ³ – ekvivalent

Zdroj: STN EN 15804+A2+AC Trvalá udržateľnosť výstavby - Environmentálne vyhlásenia o produktoch - Základné pravidlá skupiny stavebných produktov.

Okrem dopadov produktu v jednotlivých environmentálnych kategóriách sa deklarujú aj hodnoty spotreby energie a produkcie odpadov. EPD teda poskytuje informácie o energetických a materiálových zdrojoch, ktoré súvisia s hodnoteným stavebným produktom, ako aj jeho konkrétne environmentálne dopady. Okrem toho, dáta v EPD obsahujú informácie o technických vlastnostiach produktu a poskytujú odhad napríklad pre funkčnosť, životnosť jednotlivých konštrukčných materiálov, alebo celkov a tiež vplyv na niektorú špecifickú zložku životného prostredia. Dokumenty (EPD) s týmito údajmi musia byť verejne prístupné a údaje v nich obsiahnuté musia byť transparentné a overiteľné.

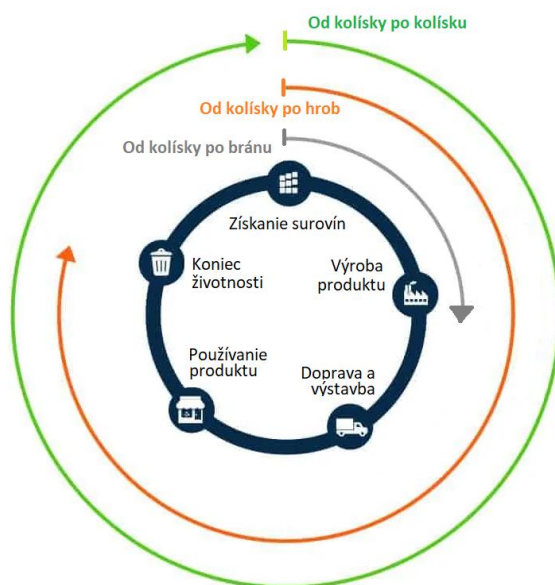
Zásady a princípy vypracovania EPD pre stavebné produkty sú opísané v norme STN EN 15804+A2+AC Trvalá udržateľnosť výstavby - Environmentálne vyhlásenia o produktoch - Základné pravidlá skupiny stavebných produktov. Táto európska norma poskytuje základné pravidlá pre všetky stavebné výrobky a služby. Poskytuje základnú štruktúru, ktorá zabezpečuje, že environmentálne vyhlásenia o produktoch (EPD) týkajúce sa stavebných výrobkov, služieb a procesov budú vypracované, overované a prezentované jednotným spôsobom. EPD vypracované podľa tejto normy poskytuje kvantifikované environmentálne informácie o stavebnom výrobku alebo službe na jednotnom a vedeckom základe. Poskytuje tiež informácie o emisiách do vnútorného prostredia pôsobiacich na zdravie, emisiách do pôdy a vody počas fázy používania budovy.

EPD stavebných produktov zahŕňa tieto fázy životného cyklu:

- **povinná fáza životného cyklu** – výroba produktu (od ťažby palív a surovín, prepravu, cez výrobu medziproduktov a energie, výrobu samotného produktu a obalov). Takému EPD sa hovorí „od kolísky po bránu“ (angl. Cradle-to-Gate).
- **nepovinné fázy životného cyklu** - zabudovanie produktu do stavby, montáž, používanie, údržbu, demontáž až po koniec životnosti produktu (opätovné použitie, recyklácia, uloženie na skládke).

Ak EPD zahŕňa povinnú a všetky nepovinné fázy životného cyklu produktu, tak takéto EPD sa označuje ako „od kolísky po hrob“ (angl. Cradle-to-Grave) alebo „od kolísky po kolísku“ (angl. Cradle-to-Cradle) – Obr. 8.9.

Obr. 8.9 EPD stavebných produktov podľa fáz životného cyklu, zahrnutých do hodnotenia



Zdroj: <https://ecochain.com/knowledge/life-cycle-assessment-lca-guide/>

Bližšie informácie o procesoch a scenároch, ktoré majú byť uvažované v jednotlivých fázach životného cyklu v rámci EPD pre konkrétne skupiny produktov sa vydávajú vo forme metodických pokynov pre spracovanie LCA pre jednotlivé skupiny produktov, tzv. Pravidiel pre skupinu produktov (angl. Product Category Rules – PCR) – Tab. 8.5.

Tab. 8.5 Pravidlá pre vypracovanie EPD vybraných stavebných produktov

OZNAČENIE NORMY	NÁZOV NORMY
STN EN 16757 (73 0915)	Trvalá udržateľnosť výstavby. Environmentálne vyhlásenia o produktoch. Pravidlá skupiny výrobkov pre betón a betónové prvky
STN EN 16783 (72 7215)	Tepelnoizolačné výrobky. Pravidlá skupiny výrobkov (PCR) pre prefabrikované a na stavbe vytvárané výrobky na vypracovanie environmentálnych vyhlásení o výrobkoch
STN EN 16810 (80 4459)	Pružné, textilné a laminátové podlahové krytiny. Environmentálne vyhlásenia o produktoch. Pravidlá skupiny výrobkov
STN EN 16908 (72 2103)	Cement a stavebné vápno. Environmentálne vyhlásenia o produktoch. Pravidlá pre skupinu výrobkov dopĺňajúce EN 15804
STN EN 16485 (49 0040)	Guľatina a rezivo. Environmentálne vyhlásenia výrobkov. Pravidlá pre skupinu výrobkov z dreva a na báze dreva určené na používanie v stavebníctve
STN EN 17160 (72 5102)	Keramické obkladové prvky. Pravidlá pre skupinu produktov
STN EN 17213 (74 6190)	Okná a dvere. Environmentálne vyhlásenia o produktoch. Pravidlá pre skupinu výrobkov okien a dvier

Zdroj: Úrad pre normalizáciu, metrológiu a skúšobníctvo Slovenskej republiky - ÚNMS SR

Proces spracovania environmentálneho vyhlásenia o produkte EDP ilustruje Obr.8.10. LCA analýza – hodnotenie životného cyklu stavebného produktu je najdôležitejšou časťou prípravy EPD. Jej najrozsiahlejšia časť inventarizačná analýza - zber vstupov a výstupov do a z hodnotného systému produktu si vyžaduje dostupnosť a kvalitu dát zo všetkých fáz životného cyklu produktu, čo je najväčším problémom pri hodnotení environmentálnej kvality výrobkov. Technológie sú často patentovo chránené, alebo ich firma považuje za svoje know how. Na vypracovanie kvalitného EPD a dôkladné environmentálne hodnotenie pomocou LCA je nutné poskytnúť všetky údaje o prevádzke. Po dôkladnej inventarizačnej analýze a zhodnotení vplyvov produktu na životné prostredie vo vybraných fázach životného cyklu po dokončení LCA pre daný produkt, nasleduje overenie platnosti záverov LCA vzhľadom na ciele štúdie a EPD výrobku. Po dokončení a overení by EPD malo byť zverejnené v príslušnom registri EPD a na stránkach výrobcu. Veľká časť programov EPD z rôznych krajín je združená v asociácii GEDnet.

Obr. 8.10 Postup pri vypracovaní EPD stavebných produktov



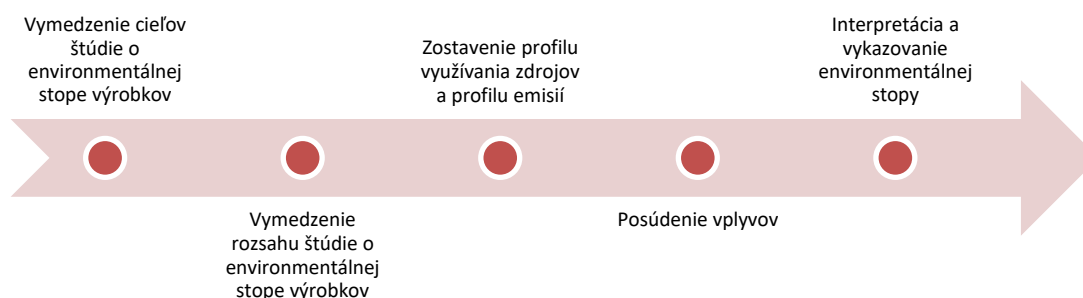
Zdroj: A. Eštoková

8.1.4 Environmentálna stopa produktu

Európska komisia vyvíja vlastné iniciatívy a vypracovala novú metodiku posudzovania environmentálnych vplyvov výrobkov a organizácií – tzv. environmentálnu stopu určenú členským štátom, súkromným a verejným organizáciám, ktoré merajú, alebo plánujú merať environmentálne správanie svojich výrobkov, služieb alebo svojej organizácie počas životného cyklu, alebo oznamujú informácie týkajúce sa environmentálneho správania počas životného cyklu akejkoľvek zainteresovanej strane pôsobiacej v rámci jednotného trhu. Všeobecné princípy sú opísané v Odporúčaní Európskej komisie „Na používanie metód na meranie a oznamovanie environmentálneho správania produktov a organizácií počas ich životného cyklu“- 2013/179/EÚ.

Táto metodika predstavuje zjednodušený spôsob informovania o environmentálnych vlastnostiach prostredníctvom LCA analýzy a je veľmi podobná typu III environmentálneho označovania (EPD). Postup environmentálneho hodnotenia aj environmentálne kategórie sú veľmi podobné postupom hodnotenia životného cyklu v rámci vypracovania EPD, keďže obe metodiky sú založené na LCA analýze, avšak environmentálna stopa sa nemôže priamo použiť ako porovnávacie tvrdenie pre hodnotenie produktov v súlade s ISO 14040:2006.

Obr. 8.11 Postup štúdie o environmentálnej stope výrobkov



Zdroj: Odporúčanie Európskej komisie z 9. apríla 2013 týkajúce sa používania metód na meranie a oznamovanie environmentálneho správania výrobkov a organizácií počas ich životného cyklu (2013/179/EÚ)

Posudzovanie v rámci environmentálnej stopy pozostáva z dvoch podoblastí:

- Metóda environmentálnej stopy výrobku (PEF)
- Metóda environmentálnej stopy organizácie (OEF)

Kým metóda PEF sa týka konkrétnych tovarov alebo služieb, metóda OEF sa vzťahuje na činnosti organizácie ako celku, inak povedané, na všetky činnosti spojené s tovarmi a/alebo službami, ktoré organizácia poskytuje z hľadiska dodávateľského reťazca (od ťažby surovín, cez používanie, až po možnosti konečného nakladania s odpadom). Na environmentálnu stopu organizácií a výrobkov sa preto možno pozerať ako na navzájom sa dopĺňajúce činnosti, pričom každá z nich sa vykonáva s cieľom podporiť konkrétne využitie.

Metodické požiadavky pre konkrétne kategórie výrobkov, sa uvádzajú v pravidlách pre jednotlivé kategórie environmentálnej stopy výrobku (PEFCR). V oblasti stavebníctva sú zatiaľ pripravené pravidlá a bližšie metodické pokyny pre nasledujúce kategórie stavebných produktov:

- dekoratívne nátery a farby;
- kovové plechy;
- potrubia pre dodávku vody;
- tepelná izolácia.

8.2 Príklad hodnotenia environmentálnych vplyvov

V tejto časti je prezentovaný príklad environmentálneho hodnotenia stavebných materiálov vo vybranej budove v Slovenskej republike metódou LCA. Hodnotili sa environmentálne parametre ako množstvo viazanej energie, potenciál globálneho otepľovania a acidifikačný potenciál ako aj celková hmotnosť použitých materiálov. Pre vybrané konštrukcie bola vykonaná alternácia materiálovej bázy, s cieľom minimalizovať negatívne vplyvy stavebných materiálov. Tento príklad dokumentuje, že na základe environmentálneho hodnotenia a následnej implementácie optimalizácie konštrukčného riešenia z hľadiska použitých materiálov je možné dosiahnuť zníženie viazanej energie materiálov v hodnotenom objekte ako aj zníženie emisií CO₂ a SO₂.

8.2.1 Popis hodnotenej budovy

Pre environmentálne hodnotenie bol zvolený klasický rodinný dom, čo sa týka použitých stavebných materiálov, postavený na Slovensku. Hodnotený jednopodlažný rodinný dom bez podpivničenia s neobývaným podkrovím, vhodný na bývanie pre 4-5 osôb, predstavuje v dnešnej dobe často realizovaný, cenovo dostupný a teda pomerne obľúbený typ rodinných domov. Vybraná stavba v štýle bungalovu pozostávala zo 4 obytných miestností (obývačka a 3 izby), kuchyne, špajze, kúpeľne, WC a kotelne (Obr. 8.12). Veľkosť pozemku bola 13 x 12 m. Do zastavanej plochy 178 m² však bola zahrnutá aj plocha chodníka a verandy, užitková plocha predstavovala 129,9 m² a obytná plocha 84,3 m². Celková kubatúra budovy bola 725 m³.

Obr. 8.12 Hodnotený rodinný dom



Zdroj: Porhinčák, M.: Výskum a analýza vybraných konštrukcií budov z hľadiska environmentálnej vhodnosti stavebných materiálov, Košice: SVF TUKE, 2013.

Objekt bol založený na betónových základových pásoch, boli použité aj debniace tvárnice. Základy objektu a základová doska boli z prostého betónu. Zvislé nosné konštrukcie tvorili obvodové a vnútorné nosné steny. Obvodové steny boli z pórobetónových tvárnic hrúbky 375 mm. Materiál vnútorných nosných, ako aj deliacich stien predstavoval pórobetón s hrúbkou 300 a 150 mm. Preklady a vnútorné schodiská boli navrhnuté ako monolitické – železobetónové. Vodorovné nosné konštrukcie predstavujúce stropy boli realizované z drevených trávov. Drevené dosky sa používali aj ako debnenie. Ako strešná krytina boli použité keramické škridle. Povrchová úprava podláh prevažnej časti domu pozostávala z drevených parkiet, zvyšok podláh bol pokrytý keramickou dlažbou. Omietky zateplených vonkajších stien boli tvorené silikátovou omietkou, vnútorná omietka bola na báze vápenno-cementových zmesí. V podhladoch bol použitý sadrokartón s parozábranou. Tepelnoizolačnú funkciu obvodových stien zabezpečovala 50 mm hrubá vrstva sklenej vlny. Minerálna vlna sa používala aj ako izolácia v podkroví. Na elimináciu tepelných mostov je aplikované malé množstvo izolácie XPS v podklade. Sklenená výplň okien pozostávala z trojskla s výplňou argónom. Okenné rámy boli vyrobené z plastových europrofilov.

8.2.2 LCA analýza

Definícia cieľa a systému hodnotenia

Cieľom hodnotenia bolo identifikovať environmentálnu záťaž vybraného rodinného domu a následne navrhnuť optimalizáciu materiálovej bázy s cieľom znížiť negatívny vplyv stavby na životné prostredie. Ako alternatívne materiály boli vybrané len konvenčné materiály dostupné na slovenskom trhu s ohľadom na zachovanie funkčnosti a rovnakých parametrov konštrukčného systému. Budova bola rozdelená do 8 konštrukčných skupín ako aj do viacerých materiálových skupín. Pre hodnotenie boli zvolené systémové hranice „od kolísky po bránu“, tzn., že do hodnotenia sa brali iba údaje z povinných fáz hodnotenia podľa STN EN 15804. Ako funkčná jednotka bola zvolená celá budova, keďže sa hodnotili vplyvy celého objektu.

Inventarizácia

Stavebné materiály vybranej stavby boli hodnotené metódou LCA analýzy s využitím materiálových charakteristík na základe IBO databázy stavebných materiálov [29]. V rámci zberu údajov boli jednotkové dáta prepočítané na konkrétne hodnoty vzťahujúce sa na hodnotený objekt na základe skutočne použitých objemov a plôch zabudovaných materiálov.

Klasifikácia a charakterizácia

Na kvantifikáciu vplyvov objektu boli zvolené tri environmentálne kategórie: viazaná energia (PEI), potenciál globálneho otepľovania (GWP), potenciál acidifikácie (AP) a celková hmotnosť jednotlivých stavebných materiálov v konštrukciách. Aby sa umožnilo presnejšie porovnanie environmentálnych vlastností budovy, bola vykonaná normalizácia výsledkov na jednotku podlahovej plochy objektu, resp. jednotku vykurovaného objemu a to predelením vypočítaných absolútnych hodnôt PEI, GWP a AP celkovou plochou a kubatúrou budovy.

Vypočítané celkové environmentálne vplyvy pôvodného projektu budovy pre jednotlivé konštrukcie sú vo uvedených v Tab. 8.6.

Tab. 8.6 Environmentálne vplyvy stavebných materiálov v pôvodnej budove

Konštrukcia	Hmotnosť [kg×10 ³]	PEI [GJ]	GWP [kg CO ₂ eq×10 ³]	AP [kg SO ₂ eq]
Základy (spodná stavba)	176,8	153,4	17,8	57,2
Zvislé nosné konštrukcie	39,3	108,5	10,6	29,1
Deliace konštrukcie	4,8	16,6	1,6	3,9
Vodorovné nosné konštrukcie	5,7	29,7	-7,3	18,5
Strecha	12,4	52,1	-4,3	13,2
Tepelná izolácia	1,9	105,7	47,8	233,8
Povrchové úpravy	6,5	61,3	2,8	17,2
Okná a dvere	0,6	18,1	1,0	4,1
Celkom	247,9	545,5	69,8	377,0

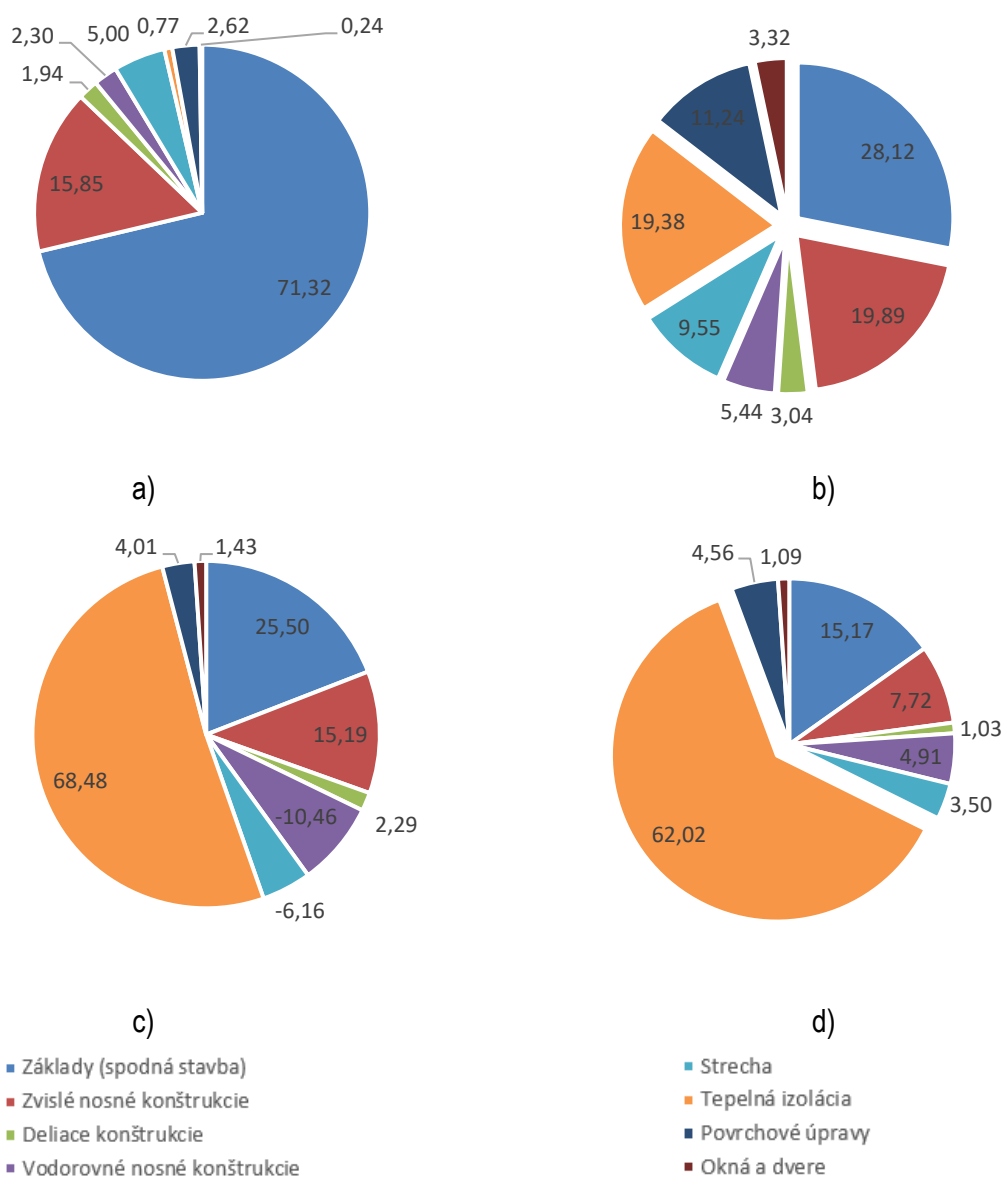
Interpretácia

Najvyššia hmotnosť materiálov bola potvrdená v spodnej stavbe v dôsledku relatívne vysokého objemu použitých materiálov s vysokou hustotou, ako sú betón alebo štrk. Pre zvislé nosné konštrukcie bola vypočítaná takisto pomerne vysoká hmotnostná zastúpenie stavebných materiálov. Naproti tomu najľahšiu skupinu materiálov v hotovej stavbe tvorila tepelná izolácia základov vďaka použitiu ľahkého izolačného materiálu (polystyrén – XPS).

Príspevky jednotlivých konštrukcií v analyzovanej budove k zvoleným environmentálnym problémom je možné vyjadriť aj percentuálne (Obr. 8.13).

Najvyššia hodnota viazanej energie materiálov PEI bola vypočítaná pre základy (Tab. 8.7), nasledované zvislými nosnými konštrukciami a tepelnoizolačnými materiálmi. Pomerne vysoké emisie CO₂ súvisia s energeticky náročnými procesmi, preto najväčší podiel na globálnom otepľovaní majú tepelno-izolačné materiály, za nimi sú základy a zvislé nosné konštrukcie. Najnižšie hodnoty GWP boli vyčíslené pre vodorovné konštrukcie a strechu. Pri týchto konštrukciách bol negatívny príspevok ku globálnemu otepľovaniu v dôsledku značného množstva dreva použitého na nosné trámy a debnenie. Niektoré materiály, predovšetkým prírodné materiály, majú schopnosť počas svojho rastu absorbovať plynný CO₂ z atmosféry; preto intenzívne využívanie materiálov na rastlinnej báze môže prispieť k zníženiu a uchovávaniu množstva emisií CO₂ [31].

Obr. 8.13 Porovnanie percentuálneho podielu (%) konštrukcií na a) celkovej hmotnosti budovy, b) PEI, c) GWP a d) AP



Negatívny vplyv acidifikácie bol najvýraznejší pre tepelno-izolačné materiály. Druhý najvyšší príspevok k AP bol vypočítaný pre základy a následne pre zvislé nosné konštrukcie.

Celkové environmentálne vplyvy hodnotenej budovy boli prepočítané na jednotkovú plochu a objem, ako je prezentované v Tab. 8.7. Takéto hodnoty je možné lepšie porovnávať s výsledkami iných autorov, ako hodnoty, vypočítané pre celú budovu, nakoľko aj budovy s podobnou materiálovou základňou sa od seba môžu významne líšiť veľkosťou a teda aj množstvom použitých materiálov.

Tab. 8.7 Environmentálne vplyvy pôvodnej budovy prepočítané na referenčné hodnoty

	PEI	GWP	AP	Hmotnosť
Referenčná hodnota	[GJ/m ²]	[kg CO ₂ eq/m ²]	[kg SO ₂ eq/m ²]	[kg/m ²]
Zastavaná plocha	3,1	392,3	2,1	1393
Úžitková plocha	4,2	537,5	2,9	1909
Obytná plocha	6,5	828,3	4,5	2942
	[MJ/m ³]	[kg CO ₂ eq/m ³]	[kg SO ₂ eq/m ³]	[kg/m ³]
Obostavaný objem	752,4	96,3	0,5	342,1

Následne boli v analyzovanom objekte pre vybrané konštrukcie analyzované ich environmentálne vplyvy v tých istých kategóriách environmentálnych vplyvov variovaním rôznych materiálov použitých v predmetnej konštrukcii. Na základe najnižších environmentálnych dopadov bolo optimalizované materiálové zloženie danej konštrukcie a boli navrhnuté niektoré finálne materiálové zmeny.

Vo vodorovných konštrukciách – v streche došlo k alternácii debnenia z OSB dosák na drevené debnenie, pričom sa dosiahlo zníženie všetkých hodnotených environmentálnych parametrov. Došlo k výraznému poklesu PEI pre strešnú konštrukciu o 15, GJ, čo predstavuje zníženie o 73,8 %. Emisie CO₂ sa znížili o 155,5 kg CO₂eq (5,9 %) a emisie SO₂ sa znížilo o 10,6 kg SO₂eq, čo predstavuje zníženie o 77,0 %. Taktiež sa dosiahol pokles hmotnosti použitého materiálu a optimalizovaná strešná konštrukcia bola ľahšia o 24,2 %. Ďalšie environmentálne benefity vyplynuli zo zámény materiálu nosnej konštrukcie strechy - v pôvodnom objekte bolo navrhnuté technicky sušené drevo. Zámena technicky sušeného dreva za na vzduchu sušené drevo viedla k zníženiu PEI (2 568,6 MJ = 25,0 %), GWP (120,0 kg CO₂eq = 2,1 %), ako aj AP (1,0 kg SO₂eq = 16,4 %). Hmotnosť optimalizovanej konštrukcie však dosiahla mierne vyššiu úroveň (302,7 kg = 8,0 % nárast). Alternáciou keramického šindľa na betónový šindel sa dosiahlo zníženie viazanej energie o 55,2 % sa dosiahlo prechodom z keramického šindľa na betónový šindel. Znížil sa aj AP (23,2 %), avšak emisie CO₂ sa mierne zvýšili o 13,1 %. O niečo vyššia bola aj hmotnosť betónových šindľov (o 1 177,7 kg = 14,3 %).

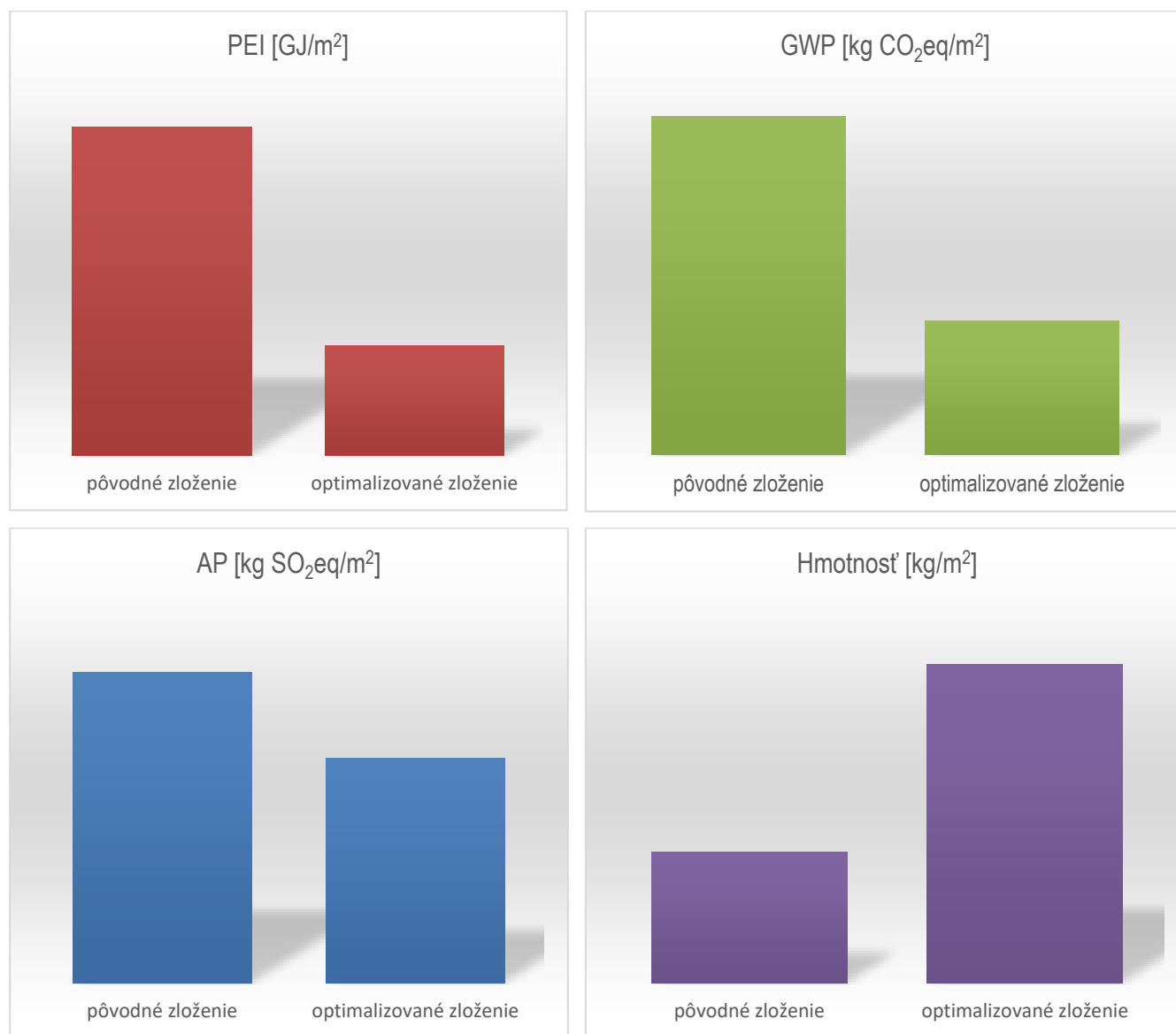
V pôvodnom objekte boli ako **povrchové vrstvy** navrhnuté vápenno-cementové omietky. V optimalizovanom návrhu bola použitá hlinená omietka, aby sa dosiahlo zníženie primárnej energie a zníženie emisií CO₂ a SO₂. To sa skutočne prejavilo na signifikantnom poklese GWP o 127,8 % a AP o 78,0 %, ale zároveň sa znížila aj viazaná energia materiálov PEI o viac ako 78 %. Naopak, došlo k výraznému nárastu hmotnosti použitého materiálu o 2 223,0 kg (100,0 % nárast). Drevené parkety na podlahe sa vymenili za drevené podlahové dosky. Výmenou materiálu sa ušetrilo 7 813,9 MJ PEI, čo predstavuje zníženie o 37,0 %. Vypočítalo sa zníženie emisií CO₂, ako aj emisií SO₂. GWP sa znížil o 73,1 % a AP sa znížil o 15,5 %. Znížila sa aj hmotnosť o 168,2 kg (17,5 %).

Optimalizácia **tepelno-izolačných materiálov** obvodového plášťa bola vykonaná na základe zodpovedajúcich hodnôt koeficienta prestupu tepla U. Tepelná izolácia bola pôvodne navrhnutá z 50 mm hrubej vrstvy sklenej vaty s U hodnotou rovnou 0,243 W/m²K. Vypočítaná U-hodnota pre návrhy alternatívnej kompozitnej konštrukcie obvodovej steny (pórobetónový blok + tepelná izolácia vrátane omietok a mált) v optimalizovaných štruktúrach boli blízke pôvodným a pohybovali sa od 0,243 do 0,251 W/m²K. V dôsledku optimalizácie sa ako najvhodnejší materiál na tepelnú izoláciu javilo konope bez polyetylénových vlákien, ktoré nahradilo sklenenú vatu, navrhnutú v pôvodnej izolácii.

Zníženie primárnej energie dosiahlo 20 892,9 MJ (76,0 %). Množstvo emisií skleníkových plynov sa znížilo o 107,4 % a dosiahol sa dokonca negatívny príspevok ku globálnemu otepľovaniu. Potenciál acidifikácie sa však neznižil a nárast emisií SO₂ dosiahol 45 %. Hmotnosť takto zateplenej konštrukcie poklesla o 55,9 %.

Porovnanie celkových environmentálnych vplyvov oboch alternatív, pôvodného a optimalizovaného materiálového zloženia analyzovaného rodinného domu ilustruje Obr. 8.14.

Obr. 8.14 Porovnanie environmentálnych vplyvov budovy s pôvodným a optimalizovaným materiálovým zložením



Tabuľka 8.8 prezentuje výsledky environmentálneho hodnotenia rodinného domu s optimalizovaným materiálovým zložením strešnej konštrukcie, tepelno-izolačných materiálov obvodového plášťa a materiálov používaných na úpravu povrchov, ktoré sú prepočítané na referenčné hodnoty podlahovej plochy a obostavaného objemu.

Tab. 8.8 Environmentálne vplyvy optimalizovanej budovy prepočítané na referenčné hodnoty

	PEI	GWP	AP	Hmotnosť
Referenčná hodnota	[MJ/m ²]	[kg CO ₂ eq/m ²]	[kg SO ₂ eq/m ²]	[kg/m ²]
Zastavaná plocha	2,6	377,9	2,0	1408
Úžitková plocha	3,6	517,9	2,8	1929
Obytná plocha	5,6	797,9	4,3	2973
	[MJ/m ³]	[kg CO ₂ eq/m ³]	[kg SO ₂ eq/m ³]	[kg/m ³]
Obostavaný objem	651,1	92,8	0,49	345,7

Z výsledkov je zrejmé, že výmenou vybraných materiálov strešnej konštrukcie, tepelno-izolačných materiálov obvodového plášťa a materiálov používaných na úpravu povrchov sa celkovo vo vzťahu napr. na 1 m² úžitkovej plochy budovy, dosiahlo 14,3 %-né zníženie potreby energie na výrobu stavebných materiálov objektu, takmer 4 %-né zníženie príspevku stavebných materiálov ku globálnemu otepľovaniu a tým zmene klímy a až 27 %-né zníženie príspevku materiálov budovy k acidifikácii prostredia. Hmotnosť stavebných materiálov sa však zvýšila o 1 %.

8.2.3 Záver

Výsledky prezentovanej prípadovej štúdie preukázali, že výber stavebných materiálov patrí medzi dôležité aspekty udržateľného projektovania budov. Optimalizácia potvrdila, že aj napriek relatívne malým zmenám v materiálovej báze konštrukcií je možné dosiahnuť zníženie viazanej energie, potenciálu globálneho otepľovania a potenciálu acidifikácie.

Zoznam tabuliek

- Tab. 8.1 Skupiny stavebných výrobkov, pre ktoré sú definované podmienky na získanie národnej environmentálnej značky
- Tab. 8.2 Skupiny stavebných výrobkov, pre ktoré sú definované podmienky na získanie európskej environmentálnej značky
- Tab. 8.3 Limitné hodnoty znečisťujúcich látok pri výrobe cementu pre získanie národnej environmentálnej značky
- Tab. 8.4 Povinné kategórie vplyvu, ktoré musí obsahovať EPD stavebných produktov
- Tab. 8.5 Pravidlá pre vypracovanie EPD vybraných stavebných produktov
- Tab. 8.6 Environmentálne vplyvy stavebných materiálov v pôvodnej budove
- Tab. 8.7 Environmentálne vplyvy pôvodnej budovy prepočítané na referenčné hodnoty
- Tab. 8.8 Environmentálne vplyvy optimalizovanej budovy prepočítané na referenčné hodnoty

Zoznam obrázkov

- Obr. 8.1 Typy environmentálneho hodnotenia a označovania stavebných produktov
- Obr. 8.2 Environmentálne značky na Slovensku
- Obr. 8.3 Osobitné podmienky pre proces environmentálneho označovania na Slovensku
- Obr. 8.4 Maximálna ročná merná spotreba energie pri výpale 1t portlandského slinku
- Obr. 8.5 Trend udeľovania environmentálnych značiek na Slovensku
- Obr. 8.6 Logo siete, združujúcej eko-labelingové programy z celého sveta
- Obr. 8.7 Príklady eko-labelingových programov v Európe a vo svete
- Obr. 8.8 Príklad vlastného tvrdenia o environmentálnych vlastnostiach produktu
- Obr. 8.9 EPD stavebných produktov podľa fáz životného cyklu, zahrnutých do hodnotenia
- Obr. 8.10 Postup pri vypracovaní EPD stavebných produktov
- Obr. 8.11 Postup štúdie o environmentálnej stope výrobkov
- Obr. 8.12 Hodnotený rodinný dom
- Obr. 8.13 Porovnanie percentuálneho podielu (%) konštrukcií na a) celkovej hmotnosti budovy, b) PEI, c) GWP a d) AP
- Obr. 8.14 Porovnanie environmentálnych vplyvov budovy s pôvodným a optimalizovaným materiálovým zložením

Zoznam literatúry

- Berge, B., *The Ecology of Building Materials*, UK, Oxford: Elsevier, 2009.
- Stern, N., *Stern Review on the Economics of Climate Change*, UK Treasury, 2006, Australian Government, Available online: apo.org.au/research/stern-review-economics-climate-change, accessed: 2011-12-21.
- Brohan, P., Kennedy, J.J., Harris, I., Tett, S.F.B. and Jones, P.D., *Uncertainty Estimates in Regional and Global Observed Temperature Changes: a New Dataset from 1850*, *J. Geophys. Res.* 2006, vol. 111, p.21.
- United Nations Environment Programme UNEP, SBCI, *Building and Climate Change, Summary for Decision-Makers*, 2009, Paris, Available online: www.unep.org/SBCI/pdfs/SBCI-BCCSummary.pdf, accessed: 2011-12-21.
- Tan, R.R. and Foo, D.C., *Recent Trends in Pinch Analysis for Carbon Emissions and Energy Footprint Problems*, *Chem. Eng. Transactions*, 2009, vol. 18, p. 249.
- Svoboda, S., *McDonald's Case Note: Note on Life-Cycle Analysis*, 1995, Available online: pdf.wri.org/bcs_mcdonalds_lifecyclenote.pdf, accessed: 2011-12-21.
- Hunt, R.G. and Franklin, W.E., *Life Cycle Assessment - How it Came About: Personal Reflections on the Origin and the Development of LCA in the USA*, *Int. J. LCA*, 1996, vol. 1, no. 1, p. 4.
- Koroneos, C and Kottas, G., *Energy Consumption Modeling Analysis and Environmental Impact Assessment of Model House in Thessaloniki-Greece*, *Build. Environ.*, 2007, vol. 42, p. 122.
- Asif, M., Muneer, T. and Kelley, R., *LCA: A Case Study of a Dwelling Home in Scotland*, *Build. Environ.*, 2007, vol. 42, no. 3, p. 1391.
- Junnila, S. and Horvath, A., *Life Cycle Environmental Effects of an Office Building*, *J. Infrastructure Systems*, 2003, vol. 9, no. 4, p. 157.
- Khasreen, M., Banfill, P. and Menzies, G., *Life-Cycle Assessment and the Environmental Impact of Buildings: A Review*, *Sustain.*, 2009, vol. 1, p. 674.

Bribián, I., Capilla, A. and Usón, A., Life Cycle Assessment of Building Materials: Comparative Analysis of Energy and Environmental Impacts and Evaluation of the Eco-efficiency Improvement Potential. *Build. Environ.*, 2011, vol. 46, no. 5, p. 1133.

Junnila, S., Horvath, A. and Guggemos, A., Life-cycle Assessment of Office Building in Europe and the USA, *J. Infrastruct. Syst.*, 2006, vol. 12, p. 10.

Eštoková, A., Mitterpach, J., Ondová, M., *Environmentálne manažérstvo v stavebníctve / - 1. vyd - Košice : TU - 2017. - 176 s.. - ISBN 978-80-553-3163-8.*

Junnila, S., Life Cycle Assessment of Environmentally Significant Aspects of an Office Building, *Nordic. J. Surv. Real Est. Res.*, 2004, vol. 2, p. 81.

Guinée, J., *Handbook on Life Cycle Assessment*, Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publishing, 2002.

Pennington, D.W., Potting, J., Finnveden, G., Lindeijer, E., Jolliet, O., Rydberg, T. and Rebitzer, G., Life Cycle Assessment Part 2: Current Impact Assessment Practice. *Environ. Int.*, 2004. vol. 30, no. 5, p. 721.

Hammond, G. and Jones, C., Inventory of Carbon and Energy (ICE), Version 1.6, University of Bath, 2008, Available online: perigordvacance.typepad.com/files/inventoryofcarbonandenergy.pdf, accessed: 2011-12-21.

Eštoková, A., Porhinčák, M. and Ružbacký R., Minimization of CO₂ Emissions and Primal Energy by Building Materials' Environmental Evaluation and Optimization, *Chem. Eng. Transactions*, 2011, vol. 25, p. 653.

Waltjen, T., *Passivhaus-Bauteilkatalog. Details for Passive Houses: Okologisch bewertete Konstruktionen. A Catalogue of Ecologically Rated Constructions*, Austria, Vienna: Springer, 2008.

Puettmann M. and Wilson J., Life-Cycle Analysis of Wood Products: Cradle-to-Gate LCI of Residential Wood Building Materials, *Wood & Fiber Sci.*, 2005, vol. 37, Corrim Special Issue, p. 18.

Egorov, A. F., Savitskaya, T. V., Levushkina, S. A. and Levushkin, A. S., Intelligent Decision Support System for Controlling the Atmospheric Air Quality, *Theor. Found. Chem. Eng.*, 2010, vol. 44, no. 5, p. 822.

Porhinčák, M.: *Výskum a analýza vybraných konštrukcií budov z hľadiska environmentálnej vhodnosti stavebných materiálov*, Košice: SvF TUKE, 2013.

<https://www.sazp.sk/zivotne-prostredie/environmentalne-manazerstvo/environmentalne-oznacovanie-produktov/environmentalne-oznacovanie-produktov.html>

Oznámenie MŽP SR o osobitných podmienkach na udelenie národnej environmentálnej značky, https://www.minzp.sk/files/eu/oznamenie_mzp_sr_cementy_1-16.pdf

<https://globalecolabelling.net/>

Odporúčanie Európskej komisie z 9. apríla 2013 týkajúce sa používania metód na meranie a oznamovanie environmentálneho správania výrobcov a organizácií počas ich životného cyklu (2013/179/EÚ), <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/93cb8358-b80d-11e2-ab01-01aa75ed71a1/language-sk>

STN EN 15804+A2+AC Trvalá udržateľnosť výstavby - Environmentálne vyhlásenia o produktoch - Základné pravidlá skupiny stavebných produktov.

<https://ecochain.com/knowledge/life-cycle-assessment-ica-guide/>



ŠKOLSKÉ BUDOVY | případové štúdie

Projektový tím

9

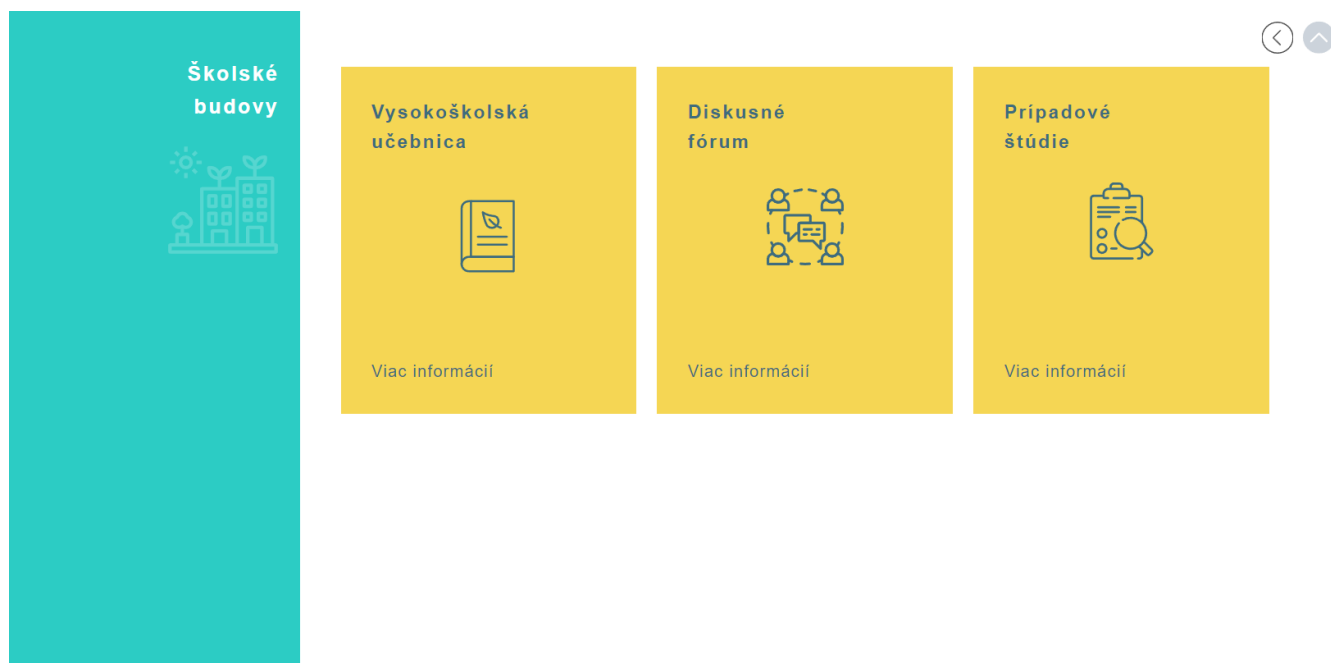
ŠKOLSKÉ BUDOVY | prípadové štúdie

Pre prístup k prípadovým štúdiám využite QR kód (Obr. 9.1) alebo internetový odkaz (Obr. 9.2), ktoré Vás priamo presmerujú na webovú podstránku projektu KEGA, ktorá je obsahovo orientovaná na Školské budovy. Okrem samotných prípadových štúdií nájdete na tomto mieste aj elektronickú verziu vysokoškolskej učebnice a videozáznam z diskusného fóra.

Obr. 9.1 QR kód pre prístup na internetovú podstránku projektu KEGA



Obr. 9.2 Internetová podstránka projektu KEGA



Poznámka: Kliknite na obrázok pre presmerovanie na internetovú podstránku projektu KEGA.

Projektovanie budov vo svete udržateľných miest

ŠKOLSKÉ BUDOVY

Vydavateľ: Technická univerzita v Košiciach | Stavebná fakulta
Vysokoškolská 4, 042 00 Košice

Editor: Ing. Martin Kováč, PhD.

Autori: Ing. Martin Kováč, PhD., prof. Ing. Zuzana Vranayová, CSc., prof. Ing. Silvia Vilčeková, PhD., prof. RNDr. Adriana Eštoková, PhD., doc. Ing. Danica Košičanová, PhD., doc. Ing. Anna Sedláková, PhD., doc. Ing. Peter Kapalo, PhD., doc. Ing. Eva Krídlová Burdová, PhD., doc. Ing. František Vranay, PhD., Ing. arch. Dušan Burák, PhD., Ing. Richard Nagy, PhD., Ing. Veronika Merjavá

Recenzenti: prof. Ing. arch. Robert Špaček, CSc., prof. Ing. Dušan Katunský, CSc.,

Rok: 2022

Vydanie: prvé

Počet strán: 443

Obálka a grafická úprava: Martin Kováč

ISBN 978-80-553-4190-3

