



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 znižovanie 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., Šoltéssová, 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.

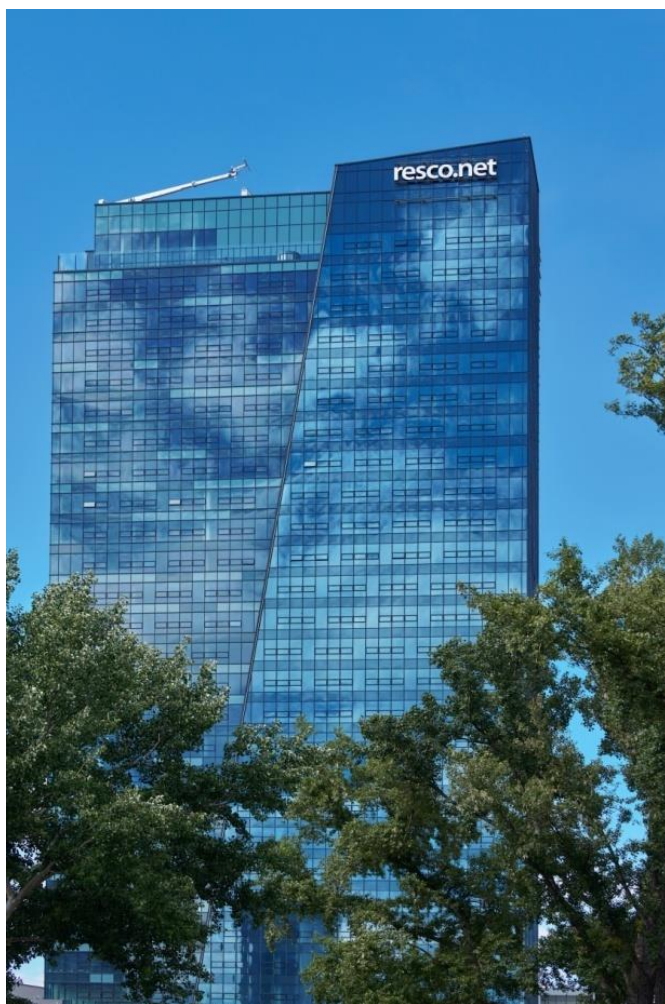
Pre historické budovy nie je vhodný systém stropného a stenového vykurovania kvôli zásahom do interiéru, rovnako podlahové vykurovanie je možné použiť vo výnimočných prípadoch, keď je podlaha v dezolátnom stave a bude sa rekonštruovať.

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.

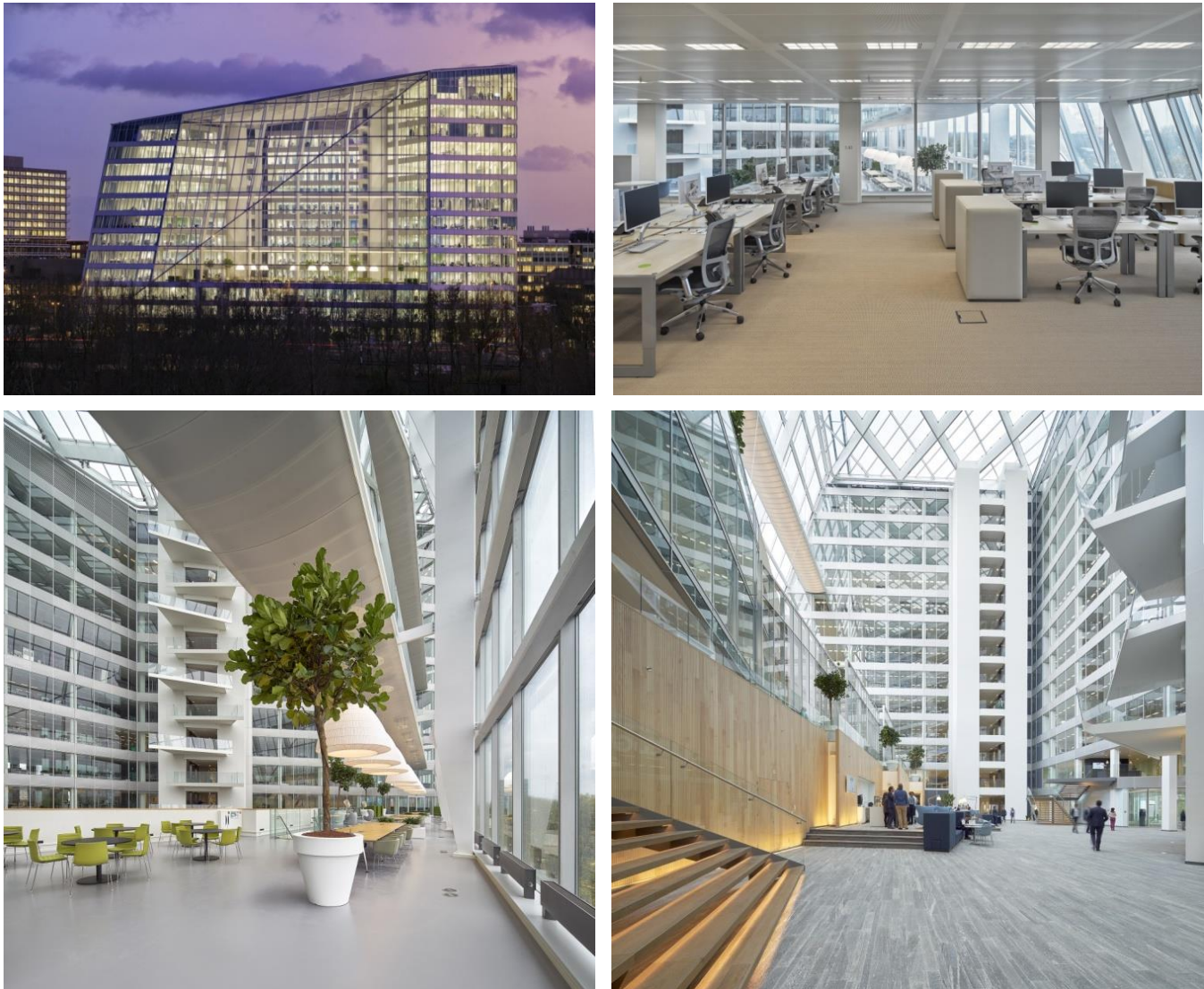
Zdroj: <https://www.gt-energy.sk/sk/tepelna-čerpadla> , <https://www.aztower.org/obchody/2np/225/119>

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 inštaláčnou 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 termostatov 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 efektívitou, 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 chlaďiť 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

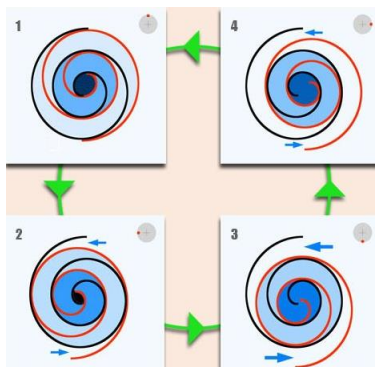
V školských budovách sa najčastejšie využívajú systémy s priamym alebo nepriamym kompresorovým chladiacim okruhom. Chladivo je pracovná látka v chladiacom okruhu, ktorá odoberá teplo vyparovaním pri teplote prostredia a odovzdáva ho kondenzáciou pri teplote okolia. Hlavné časti kompresorového systému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

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

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.

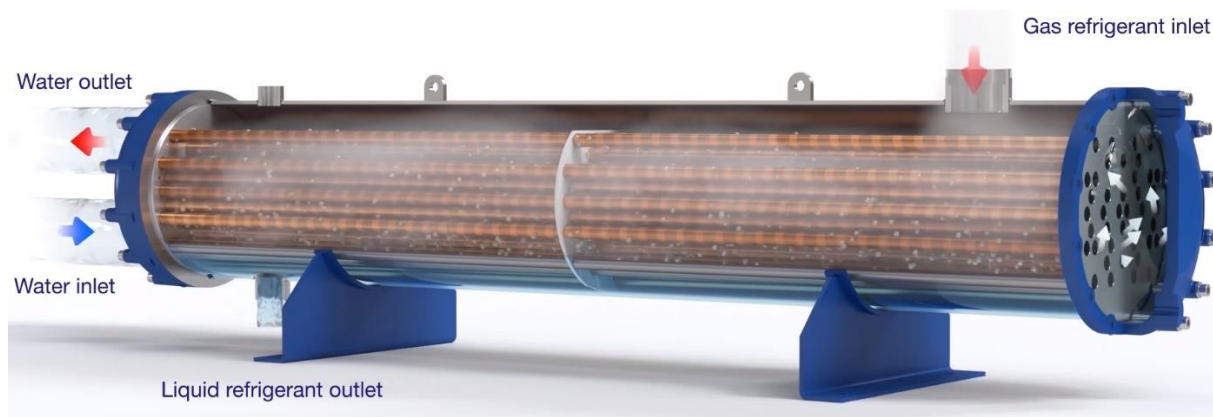
Obr. 2.6 Suchý výparník



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>

Obr. 2.10

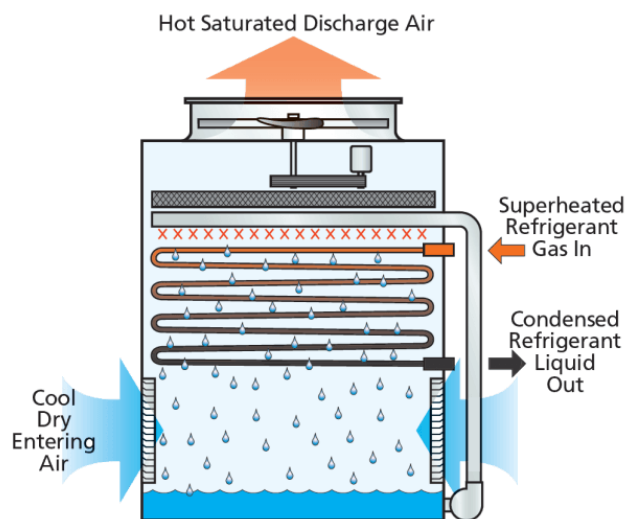
Adiabatický kondenzátor



Poznámky: Okolný 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 riadiaci 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



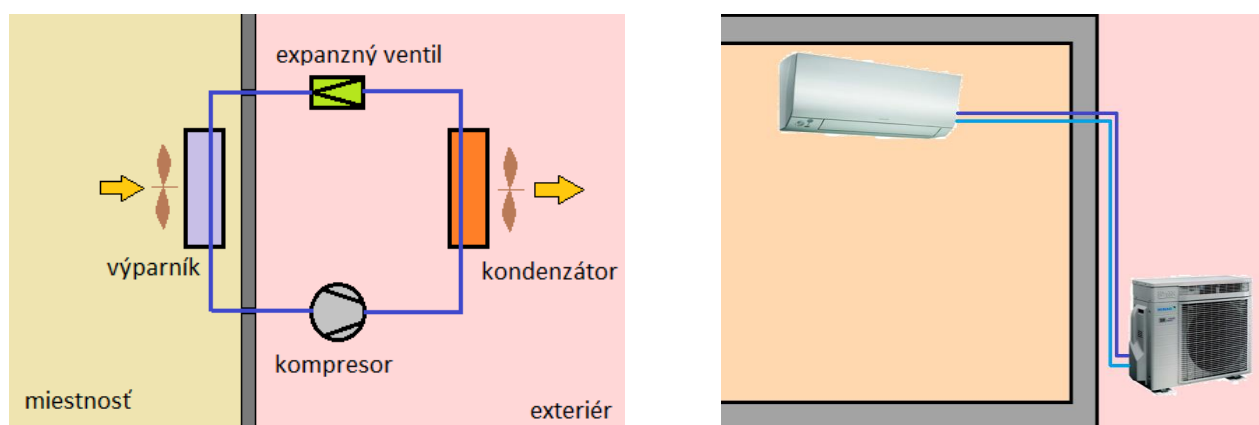
Poznámky: Úlohou expanzného ventilu v chladiacom okruhu je nástrek chladiva do výparníka pre požadovaný chladiaci výkon.

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 chladiení 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“.

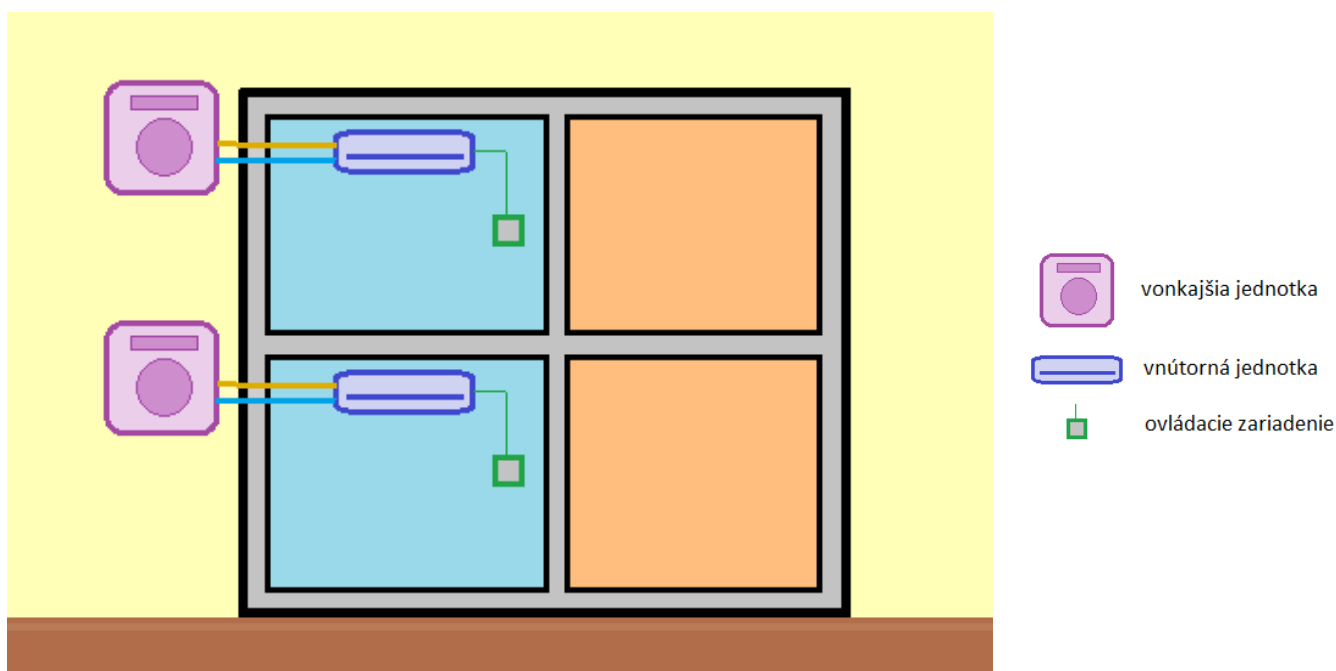
Zdroj: Kapalo Peter, Daikin Europe N.V. Naamloze Vennootschap - Zandvoordestraat 300, B-8400 Oostende - Belgium - www.daikin.eu - BE 0412 120 336 - RPR Oostende

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.

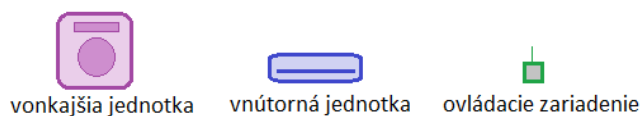
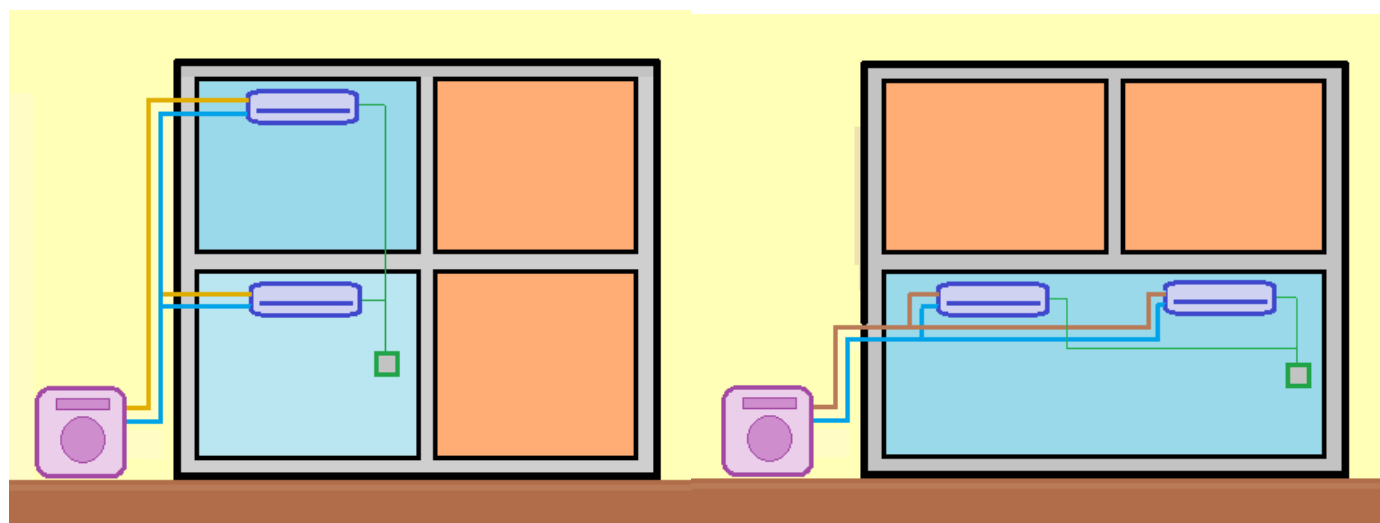
Obr. 2.14 Split systém



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

Zdroj: Kapalo Peter

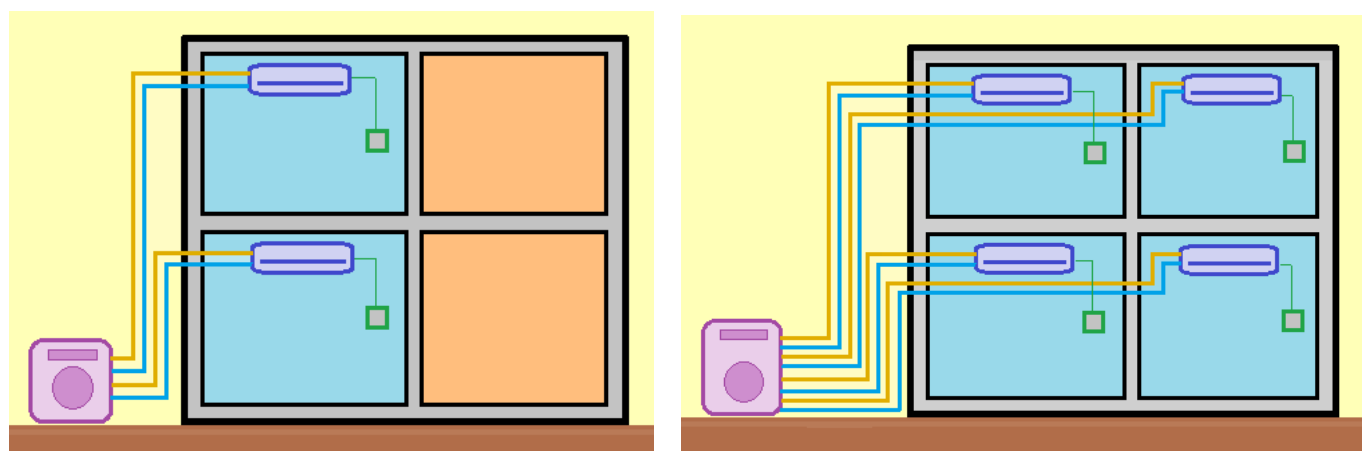
Obr. 2.15 Split systém Twin



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)



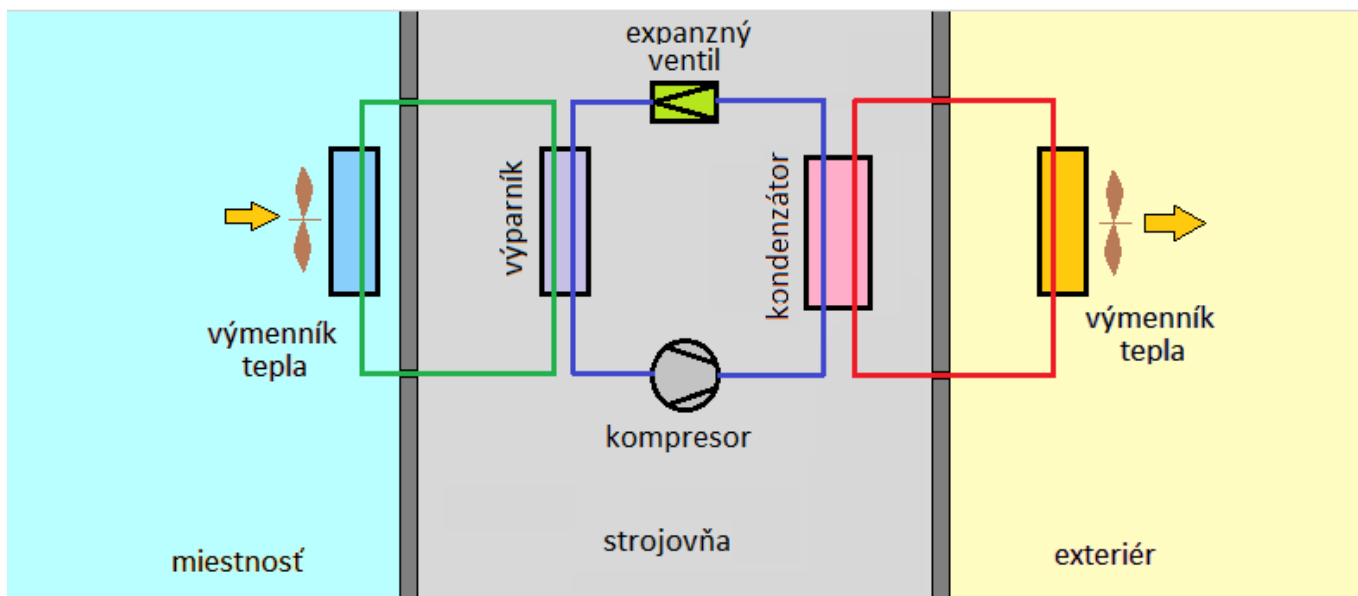
Poznámky: Zdroj chladu – vzduchom chladené tepelné čerpadlo EWYT-B so špirálovými kompresormi je možné použiť aj pre školskú budovu. Tepelné čerpadlo je určené na chladenie alebo ohrev vody (alebo zmesi vody s glykolom) v rámci určitých limitov. Jednotka pracuje na základe kompresie, kondenzácie a odparovania 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>

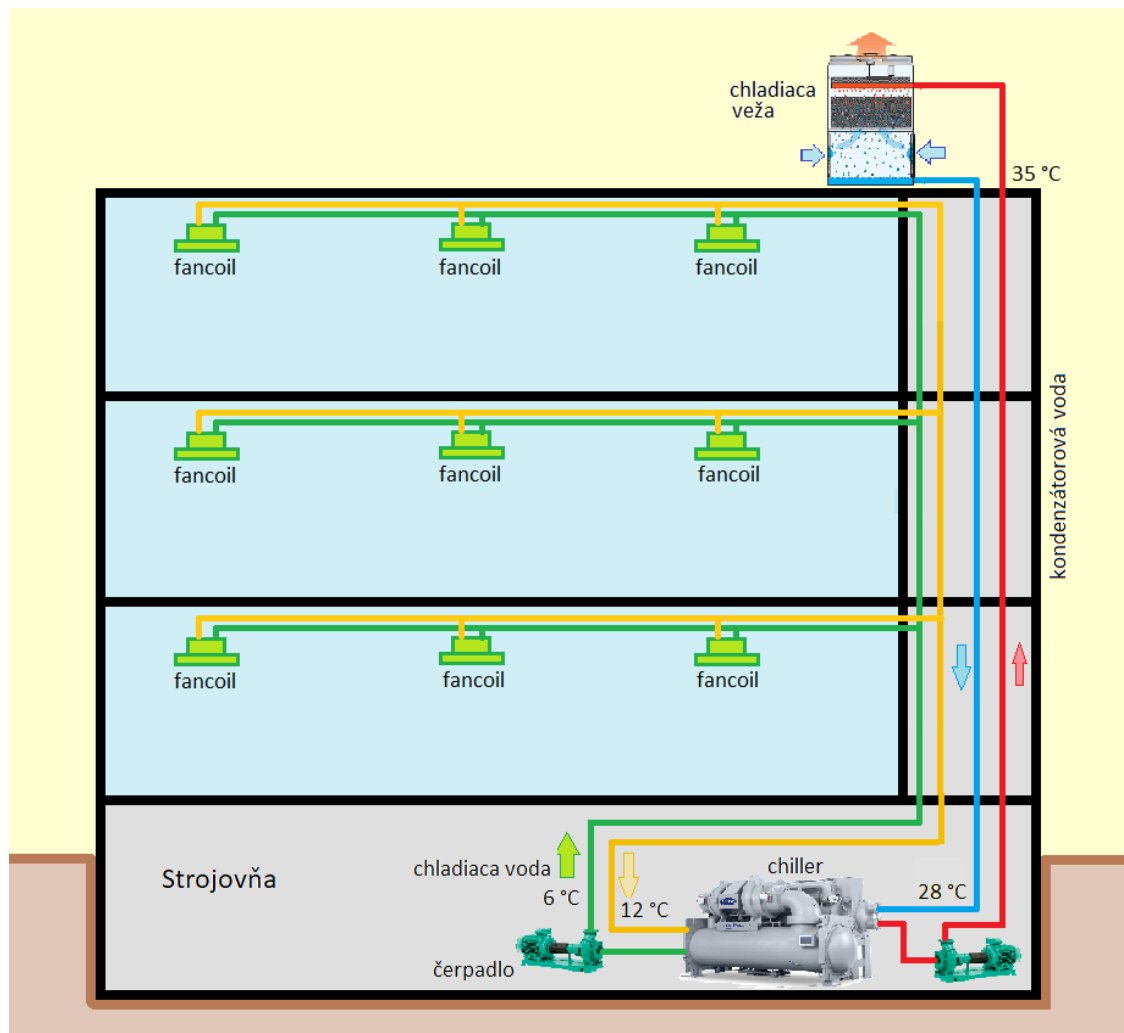


Výmenník tepla – chladiaca veža, v ktorej je kondenzátorová voda chladená okolitým vzduchom. Umiestňuje sa prevažne na strechu budovy.

<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 zásobu 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.

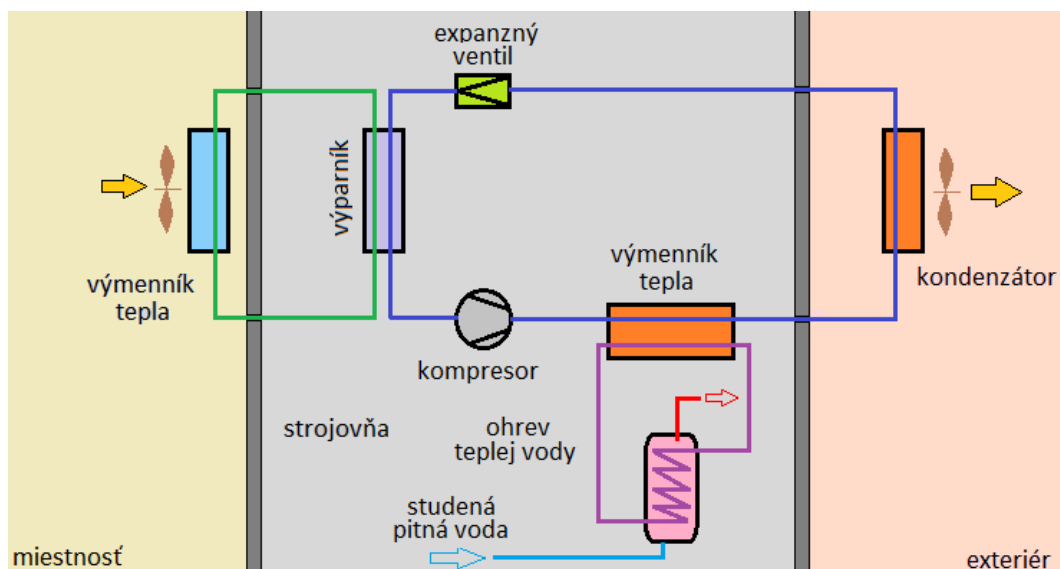


Zdroj: CARRIER; EVAPCO; WILO; kreslil Kapalo Peter;
<https://www.carrier.com/commercial/en/us/products/chillers-components/water-cooled-chillers/19dv/>
<https://www.evapco.com/products/cooling-towers-factory-assembled/cooling-tower>
https://wilo.com/sk/sk/Produkty-a-aplik%C3%A1cie/Vyh%C4%BEad%C3%A1vanie-kon%C5%A1truk%C4%8Dn%C3%A9ho-radu/Wilo-CronoNorm-NLG_184.ht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

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.

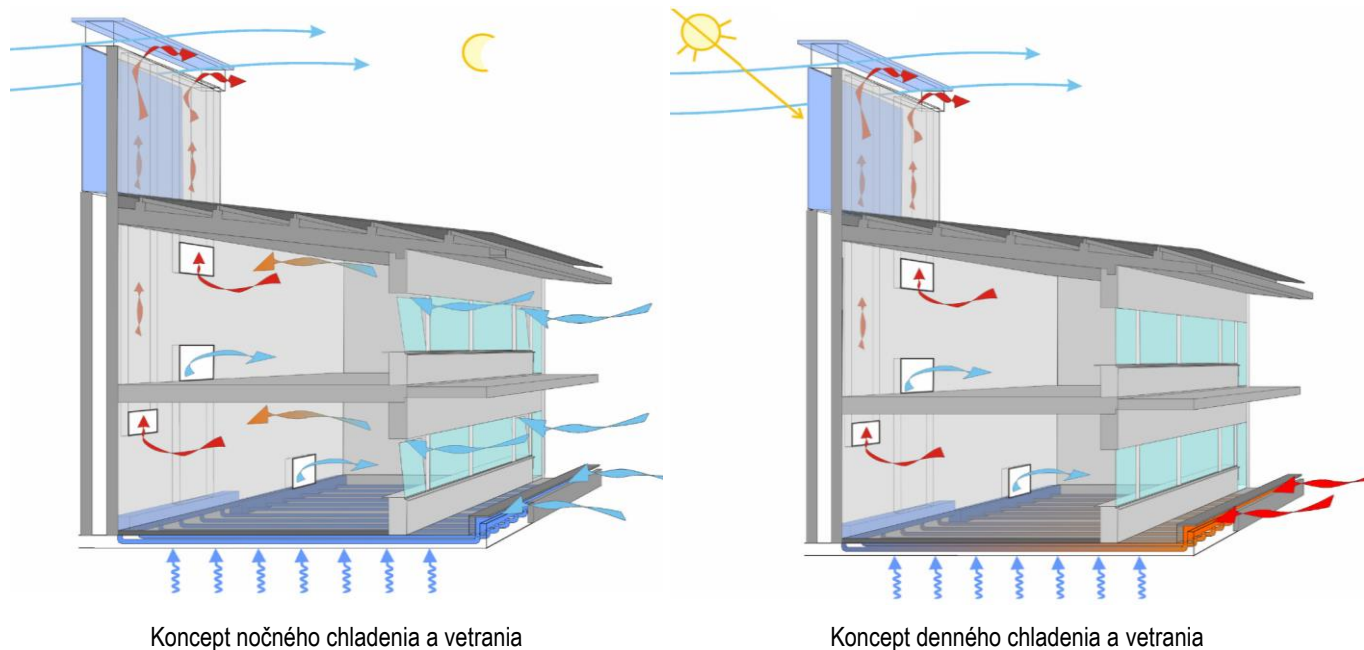
Zdroj: <https://www.carrier.com/commercial/en/us/products/chillers-components/air-cooled-chillers/30rb/>

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/>

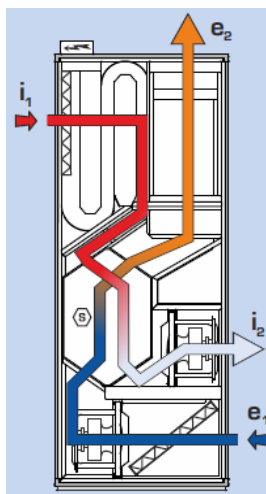
Pasívne chladenie nočným vzduchom je možné využiť aj v budovách, kde je nainštalovaný vetrací alebo klimatizačný systém. Je však potrebné v budove osadiť klapky na reguláciu a usmerňovanie prúdenia vzduchu v budove. Vzhľadom na naše klimatické podmienky je tento systém vhodný. Pri navrhovaní tohto systému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



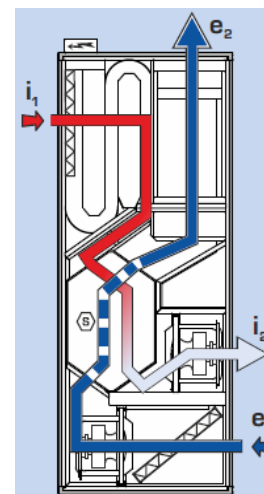
Vetracia jednotka Duplex Inter s rekuperáciou tepla v učebni (ATREA)



Vetracia jednotka Duplex Inter



a



b

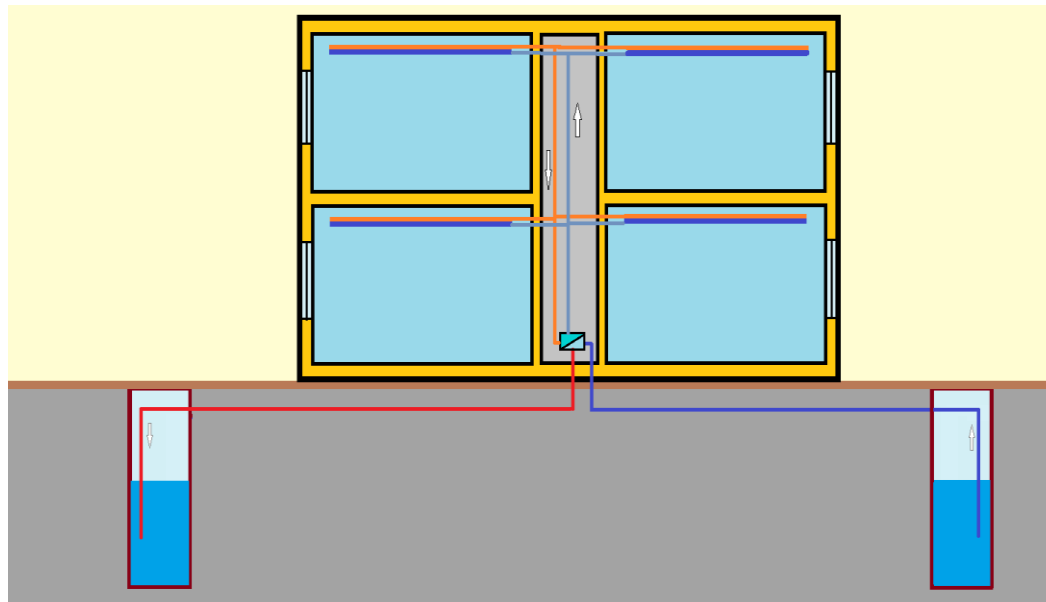
Poznámky: Vetracia jednotka Duplex Inter je určená pre rovnotlakové vetranie učební. (Atrea)

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, tlmič 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 tlmič 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 tlmič 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 ostaných 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.

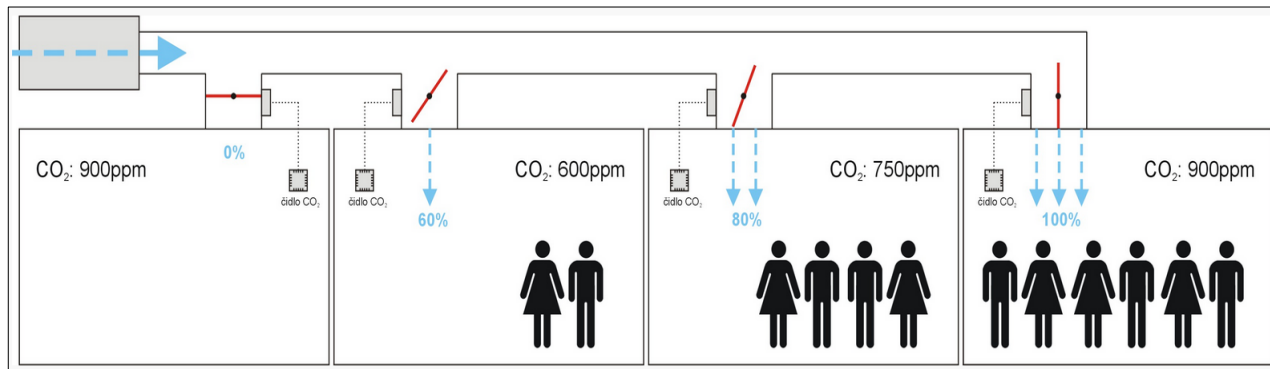
Pre dosiahnutie optimálnych podmienok vetrania v administratívnych budovách sa okrem tradičných centrálnych systémov sa začínajú používať inteligentné systémy riadenia vetrania a prerozdeľovania čerstvého vzduchu. Sú to buď centrálné systémy vetrania s pomocnými regulačnými komponentmi pre prerozdeľovanie 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 popri prípade 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

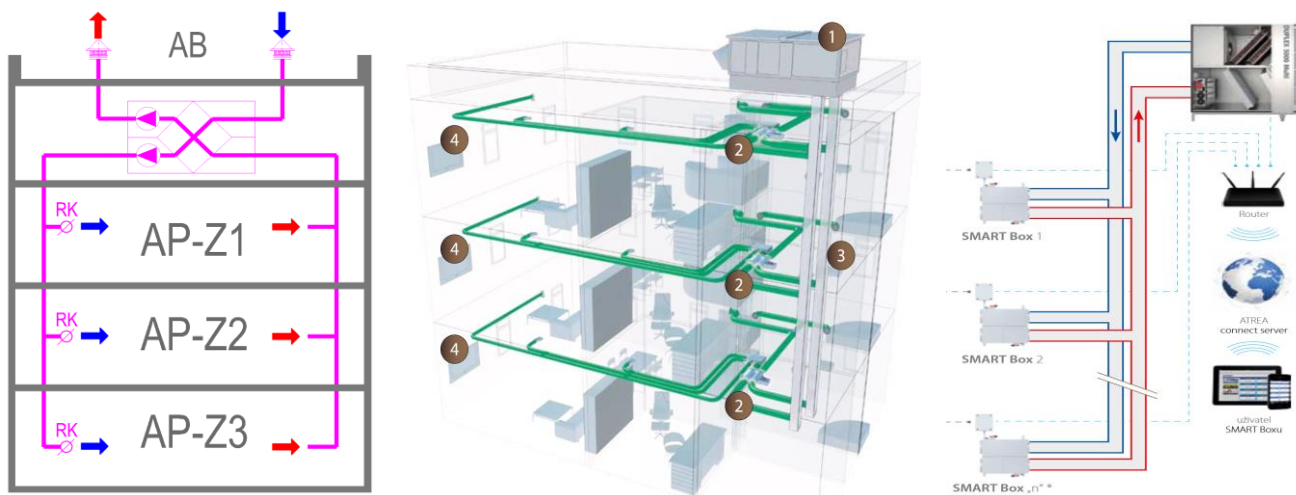


Poznámky: Na obrázku je schematický znázornený vetrací DCV vetrací systém s 4 samostatnými zónami. Každá zóna má inú požiadavku na kvalitu vzduchu, ktorá vyplýva odlišného užívateľského režimu a odlišného počtu užívateľov v zóne. Jednoduchá regulačná klapka na vstupe privádzaného vzduchu do zóny je ovládaná 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 centrálnne (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 centrálnne 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: Atria & 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

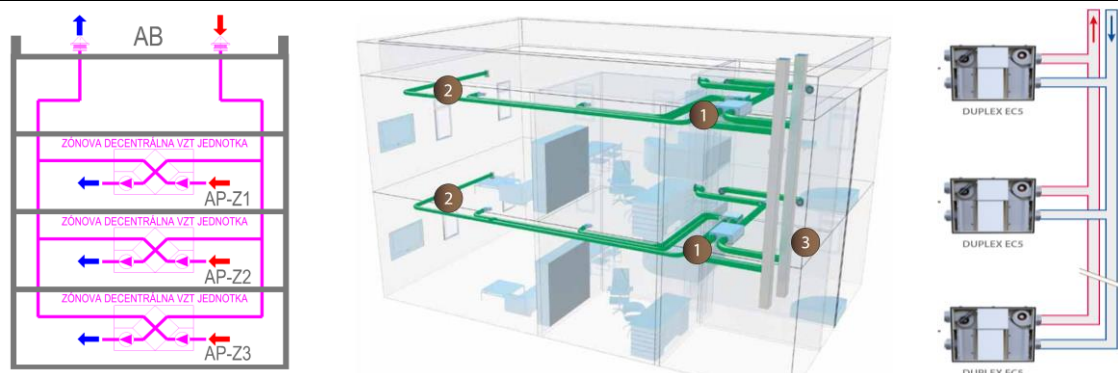


Poznámky: Regulator prietoku vzduchu Atrea Smart Box, s kapotážou, bez kapotáže, principiálna schéma riadenia boxov (zľava doprava).

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

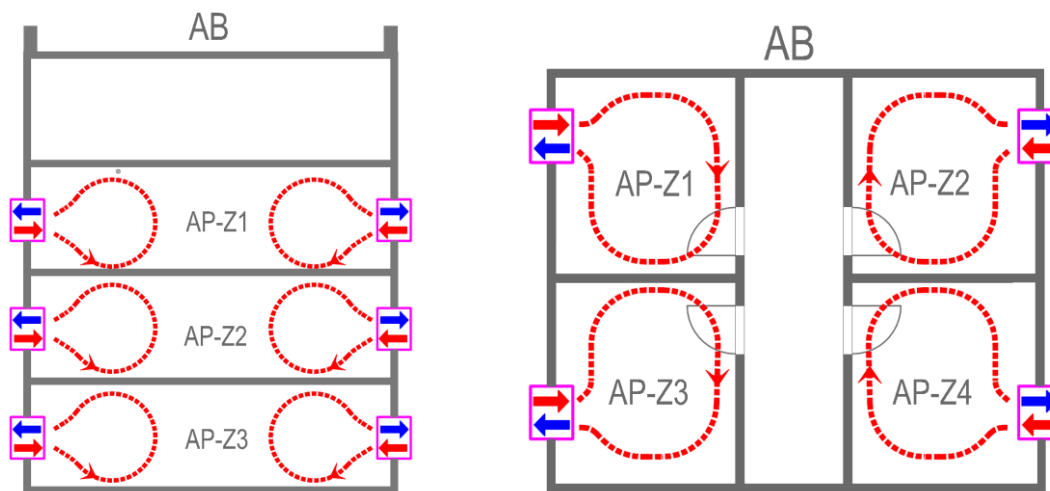


Poznámky: Schéma decentralného vetrania AB. Schéma vľavo – jednoduché riešenie pomocou decentralných jednotiek a snímačmi napr. pre kvalitu vzduchu. Schéma v strede – 3D model decentralných jednotiek. Vpravo - vizualizácia konkrétnych decentralných jednotiek (Atrea). Legenda: AP-Z1 – administratívny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

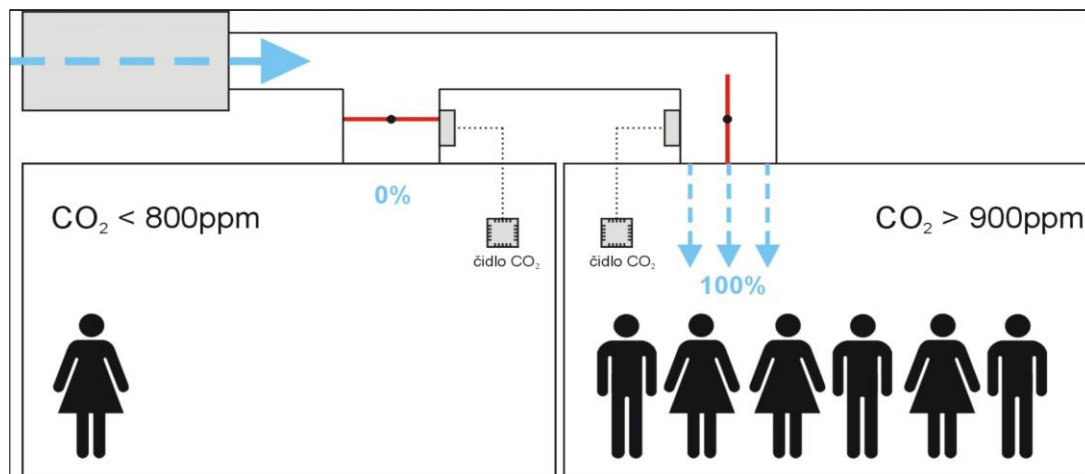
V tomto prípade oproti systému DCV, systém VAV je vybavený regulačnými klapkami so servopohonom zapni / vypni, ktorý zabezpečuje ovládanie regulačných klapiek systémom otvor / zatvor a teda neumožňuje spojité kontinuálne riadenie polohy regulačných uzatváracích klapiek. Systém VAV predstavuje nižší štandard 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. Počiatočné náklady na tento typ systému sú zvyčajne pri malom projekte nižšie v porovnaní s DCV. Zvyčajne spĺňa požiadavky na požiadavky pre menej zložité projekty, ako sú predškolské zariadenia a malé školy. Typicky ponúka zmysuplné 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.

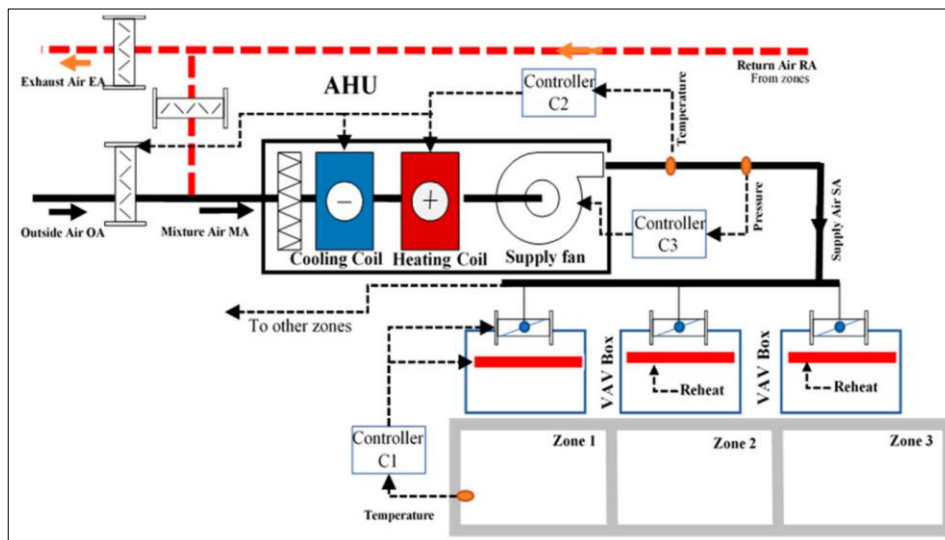
Obr. 2.30 Zjednodušená funkčná schéma systému vetrania - vetrací systém VAV



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

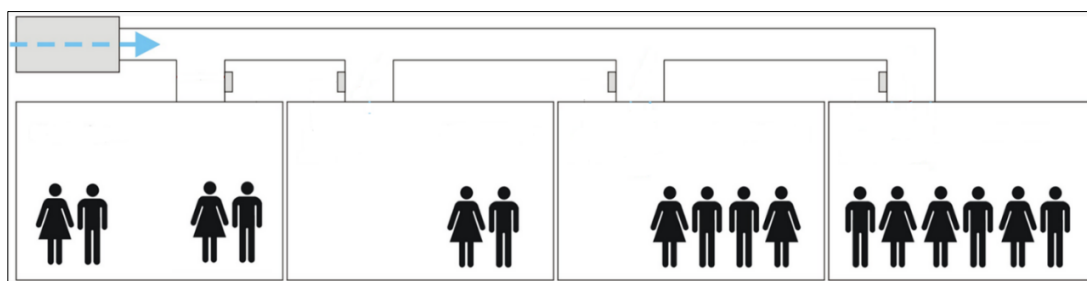
Systém vetrania CAV (z anglického prekladu Constant Air Volume / Vetranie s konštantným prietokom vzduchu) – je systém vetrania, ktorý neumožňuje meniť množstvo vzduchu privádzaného do priestoru / zóny. Množstvo vzduchu je konštantné. Je to základná, štandardná úroveň prívodu vzduchu do miestnosti /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

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.

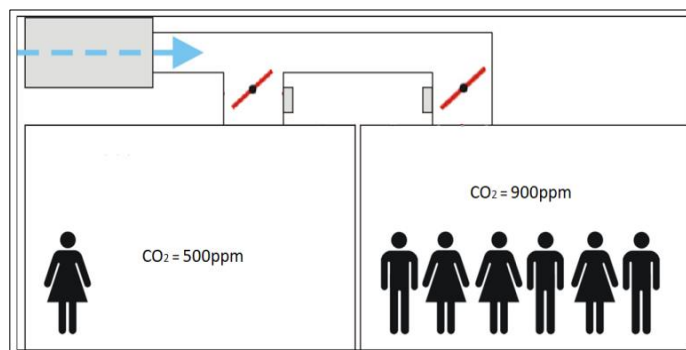
Obr. 2.33 Zjednodušená funkčná schéma systému vetrania - vetrací systém CAV



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

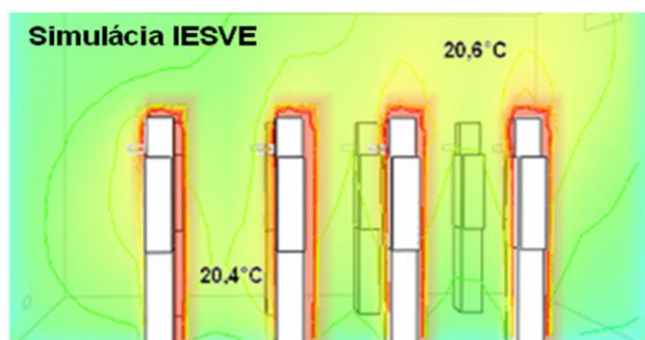
2.4 Vetracie systémy pre AB

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



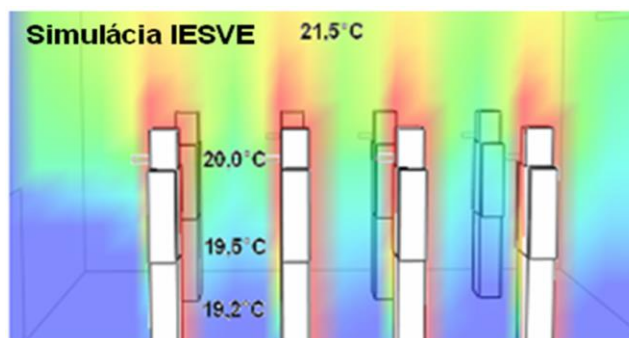
Poznámky: Na obrázku je znázornená simulácia zmiešavacieho vetracieho systému v miestnosti s užívateľmi. Nie je zjavná žiadna výrazná stratifikácia pri tomto type vetrania. Naplno sa prejavuje indukcia privádzaného vzduchu s okolitým vzduchom. Nato aby došlo ku indukcii a zmiešavaniu je potrebné väčšie 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 indukcii 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

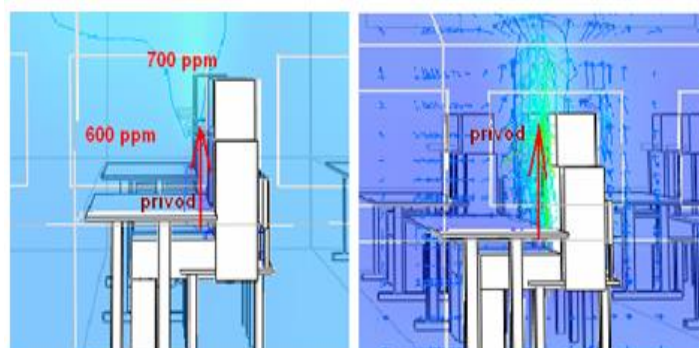


Poznámky: Na obrázku je znázornená simulácia zaplavovacieho vetracieho systému v miestnosti s užívateľmi. Výrazná stratifikácia pri tomto type vetrania je evidentná. Menej sa prejavuje indukcia privádzaného vzduchu s okolitým vzduchom.

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 separátny 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

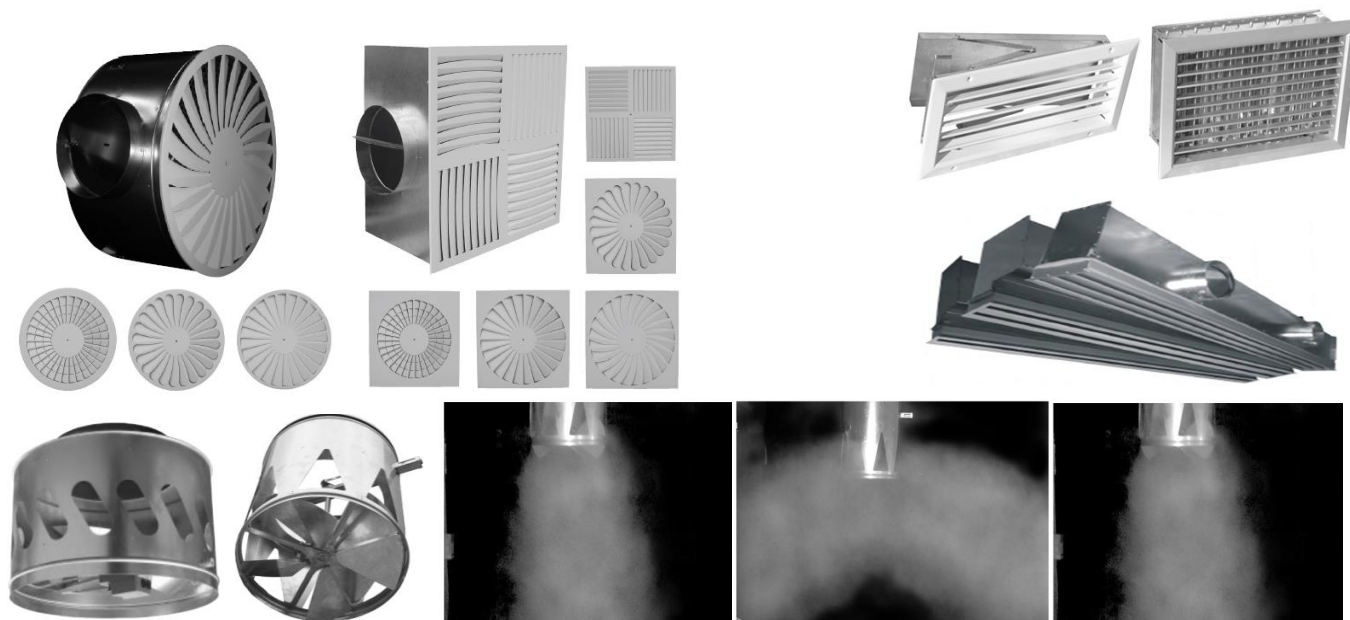
- **Kombinované vetranie** – vzniká kombináciou už skôr spomenutých vetracích systémov. Vytvárajú sa kombinovaním zvyčajne najviac 2 vetracích systémov. Návrh kombinovaných systémov by mal spočívať vo vyzdvihnutí výhod jednotlivých vetracích systémov (napr. zmiešavacieho a zaplavovacieho). Ani indukcia 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

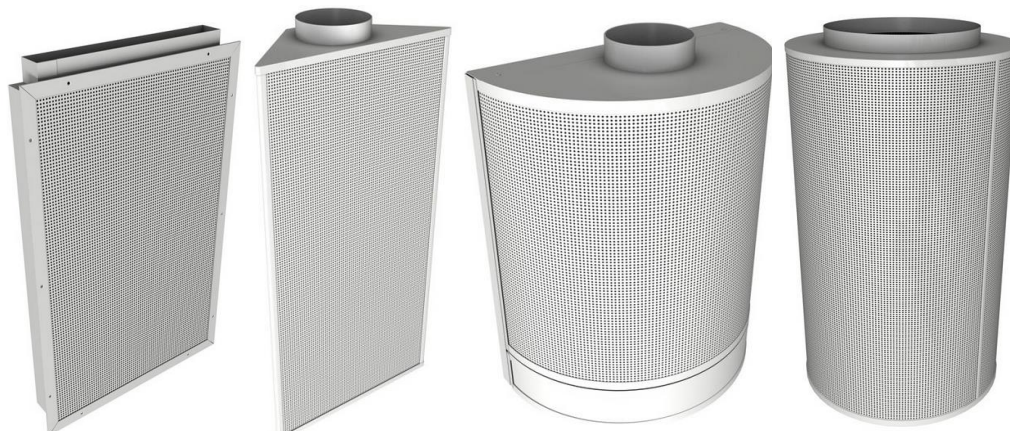


Poznámky: Na obrázku zľava 1.rad - vírivá výustka, štvorhranná výustka, štrbinová výustka. Zľava 2.rad – veľkoobjemová výustka spredu zospodu. Fotky experimentálne meranie – zľava simulácia režim vykurovanie vzduchom, v strede režim izotermické prúdenie, vpravo režim chladenie vzduchom

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, rozloženiu užívateľov 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°

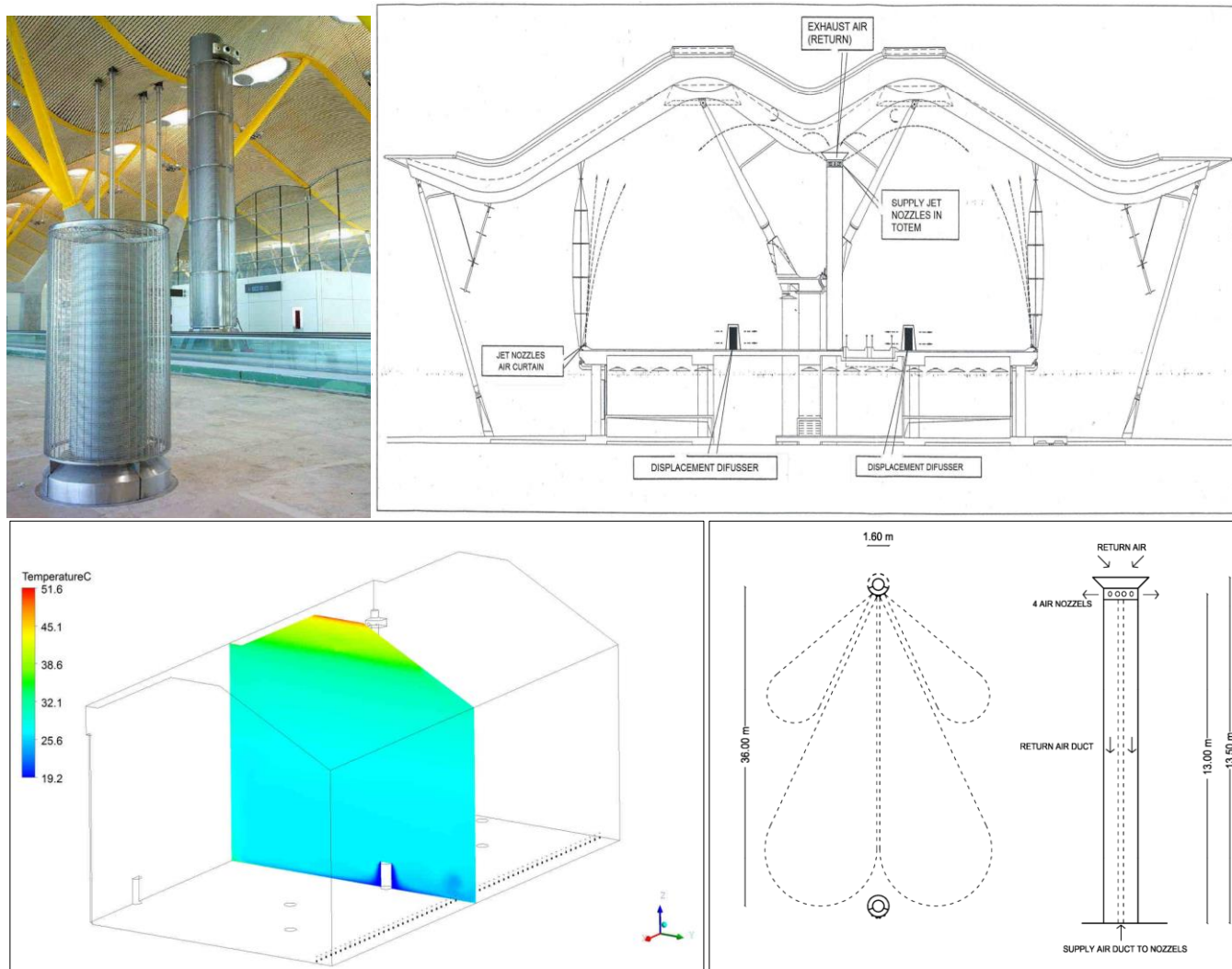
Zdroj: www.priceindustries.com

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

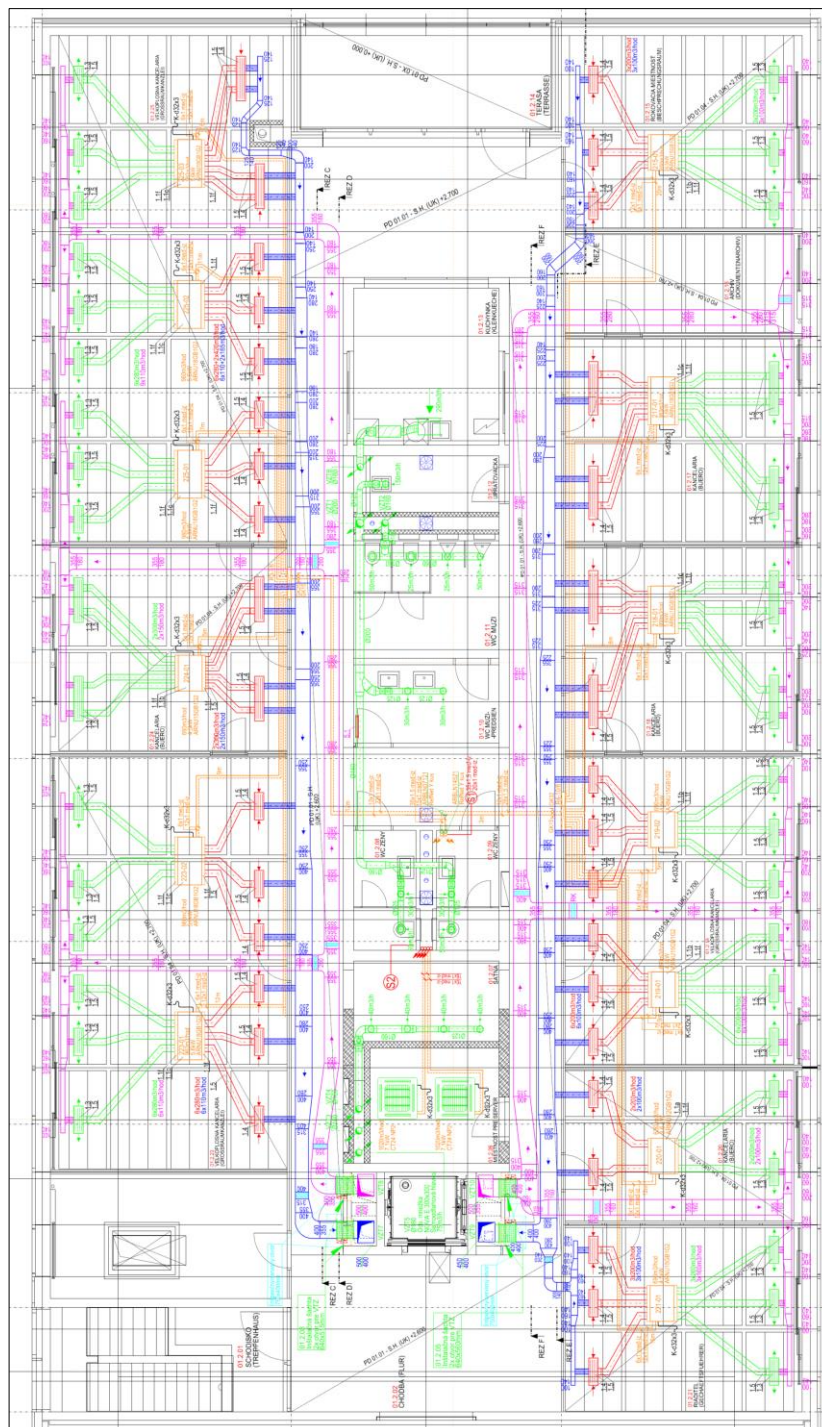


Poznámky: Na obrázku sprava - veľkoplošný perforovaný difúzor 360°, odsávanie vzduchu vo veži (v totemu zvrchu). Prívod vzduchu cez prívodné dýzy. Kombinácia nám zabezpečuje udržiavanie chladného vzduchu v dolnej časti priestoru v zóne užívateľov. Teplý vzduch je odsávaný vnútorným prierezom koncentrického nenosného piliaru (tzv. Totem) a vonkajším prierezom totemu cez prívodné dýzy privádzame vzduch, ktorý spolu s prívodnými dýzami nad podlahou po obvodu 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

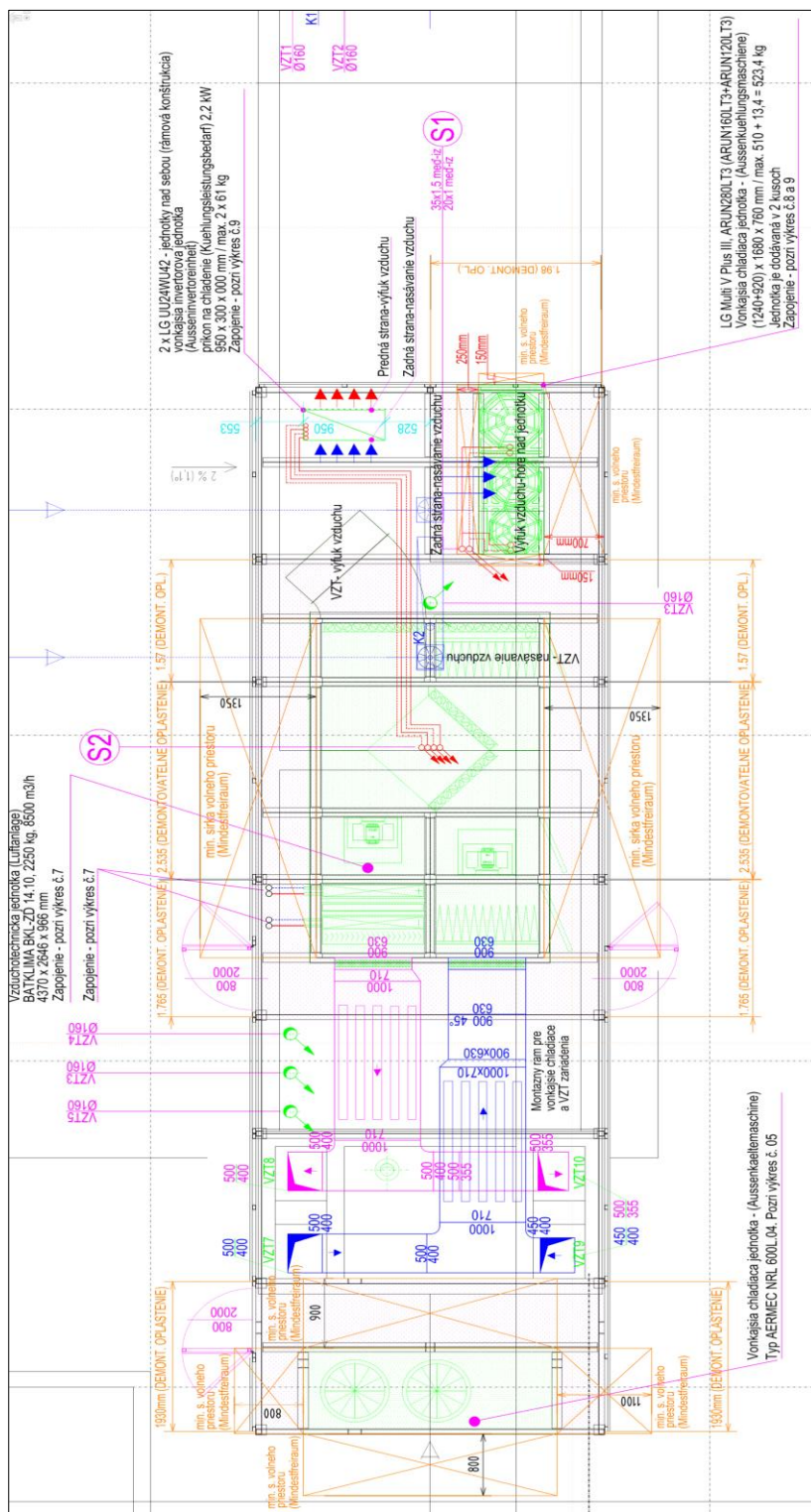
Obr. 2.42 K DCV vetranie v AB-1 – kancelárie autonómne zóny a centrálna VZT jednotka – vzorový výkres (pôdorys 2.NP)



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 projektovanej dokumentácie riešenej AB-1. Centrálna VZT jednotka, VRV kondenzačná jednotka, Split kondenzačné jednotky, Chiller, tlmiče hluku.

Zdroj: R. Nagy

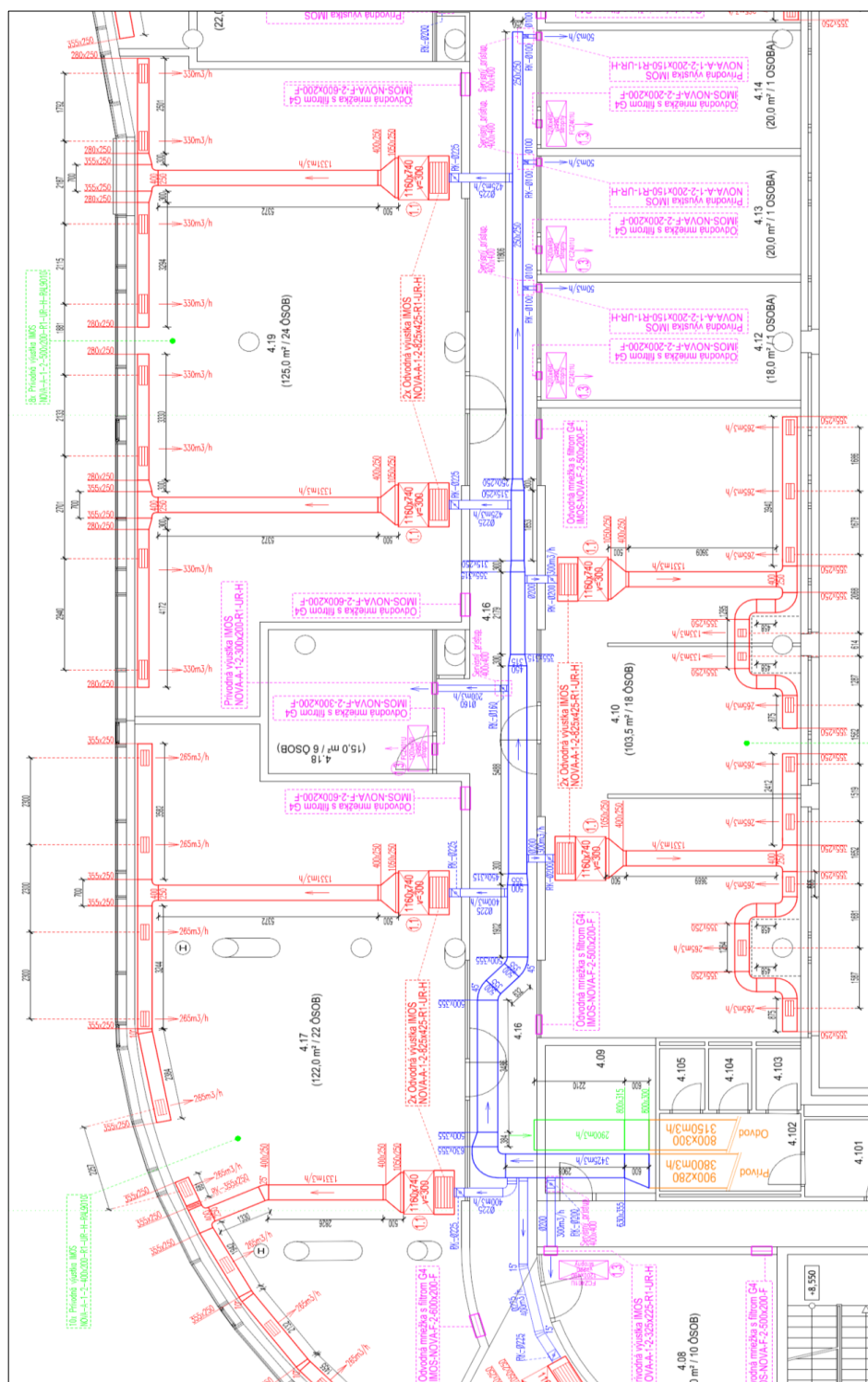
Obr. 2.44 DCV vetranie v AB2 – kancelárie autonómne zóny a 1 centrálna VZT jednotka – vzorový výkres (pôdorys 4.NP)



Poznámky: Pôdorys projektovanej 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

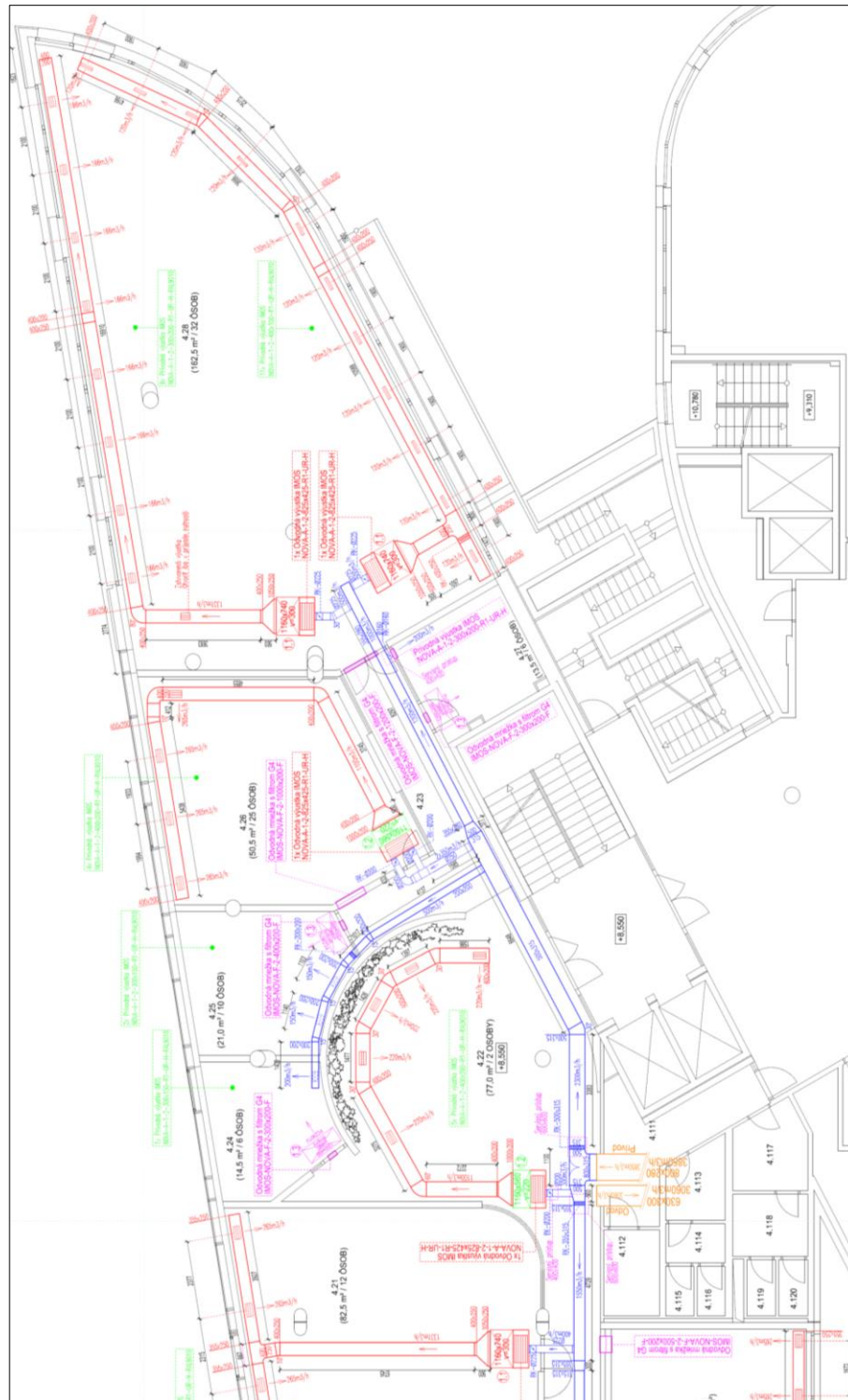
Obr. 2.45 DCV vetranie v AB2 - kancelárie autonómne zóny a 1 centrálna VZT jednotka – vzorový výkres (kancelárie – pôdorys 1)



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 centrálne. VZT potrubie pod stropom. Prevedenie Spiro, Flexo, Hranaté.

Zdroj: R. Nagy

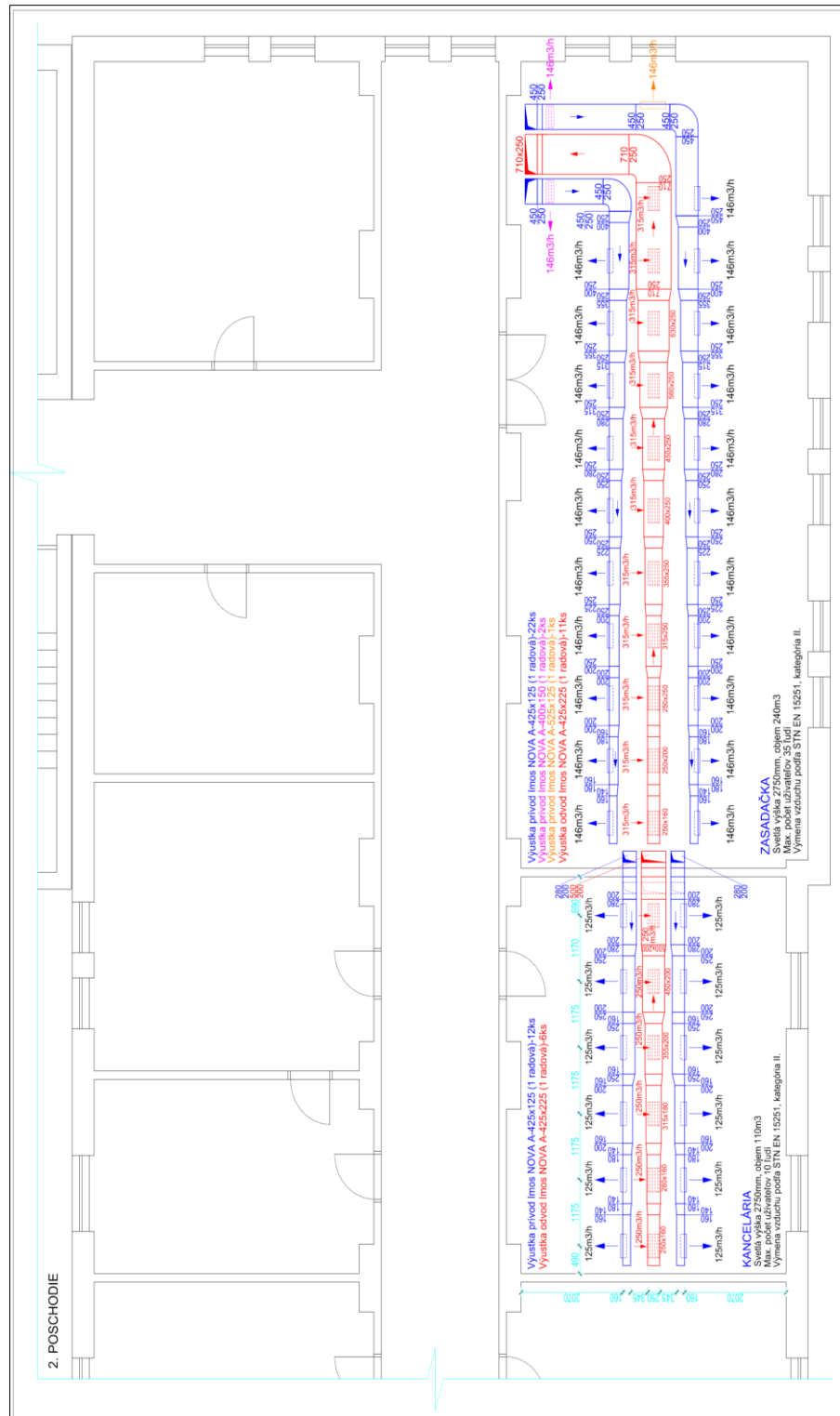
Obr. 2.46 DCV vetranie v AB2 - kancelárie autonómne zóny a 1 centrálna VZT jednotka – vzorový výkres (kancelárie – pôdorys 2)



Poznámky: Pôdorys projektovanej 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

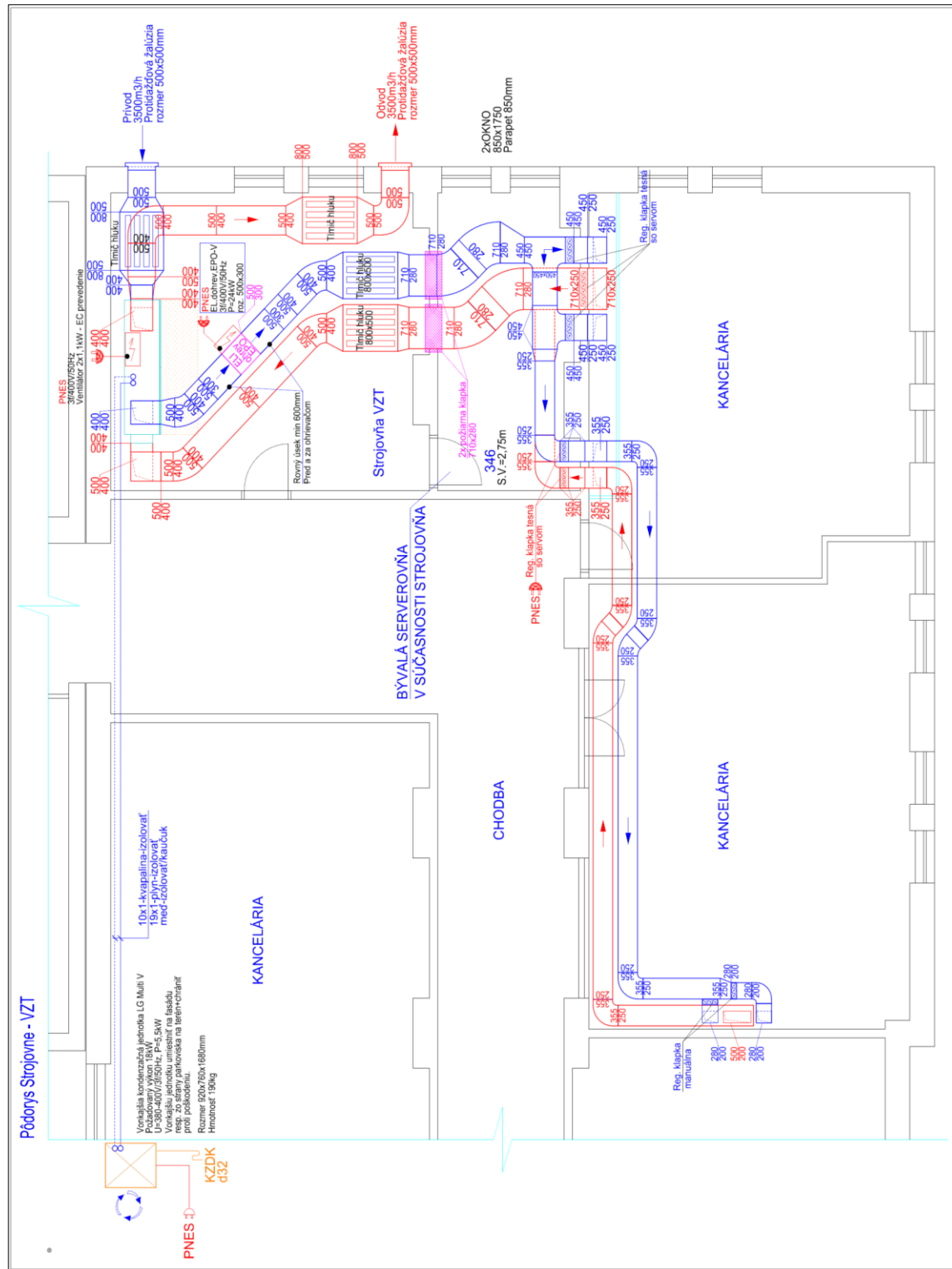
Obr. 2.47 DCV vetranie v AB3 - 2 autonómne zóny a 1 centrálna VZT jednotka – vzorový výkres pôdorys (kancelária, zasadačka)



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

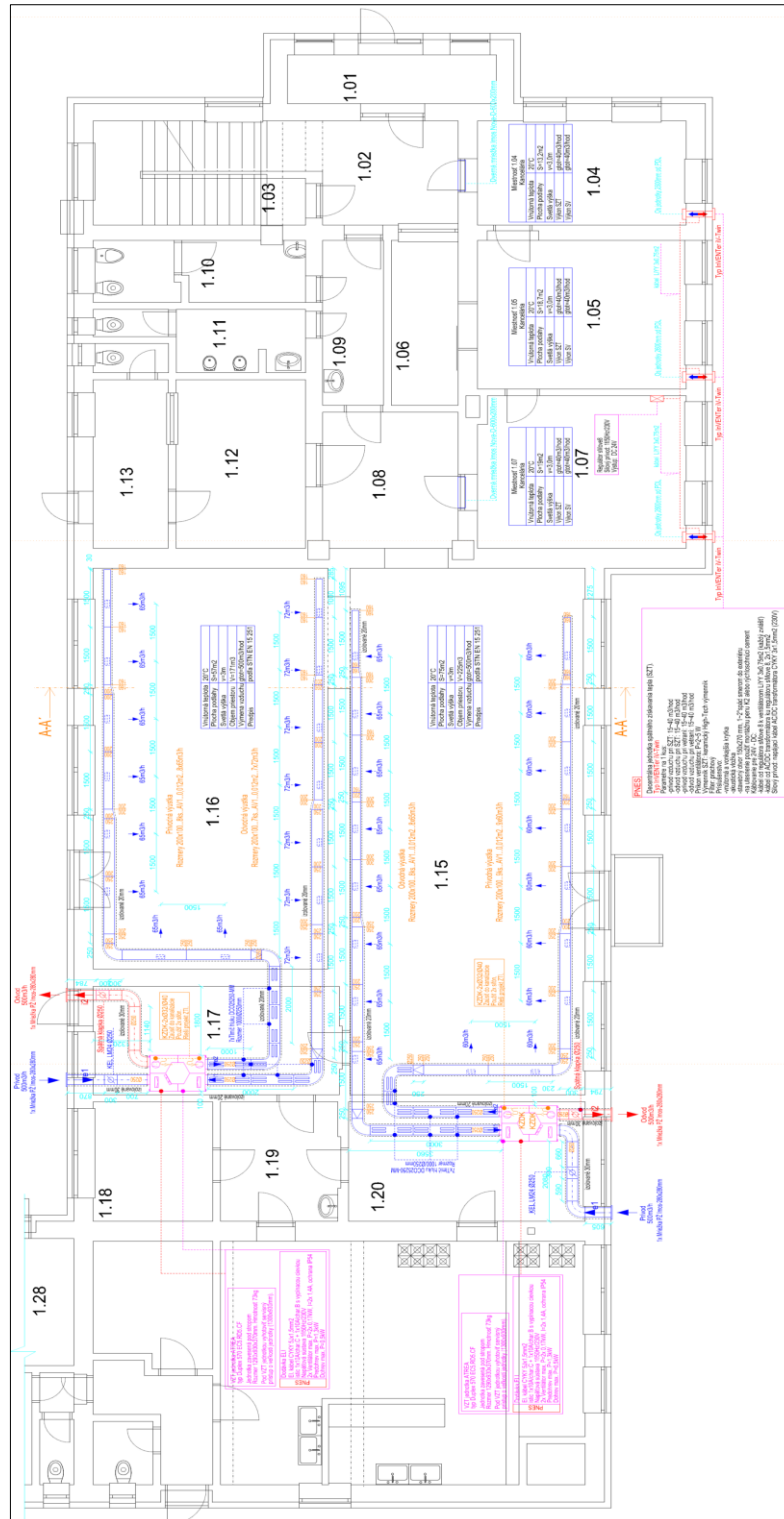
Obr. 2.48 DCV vetranie v AB3 - 2 autonómne zóny a 1 centrálna VZT jednotka – vzorový výkres (strojovňa VZT)



Poznámky: Pôdorys 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

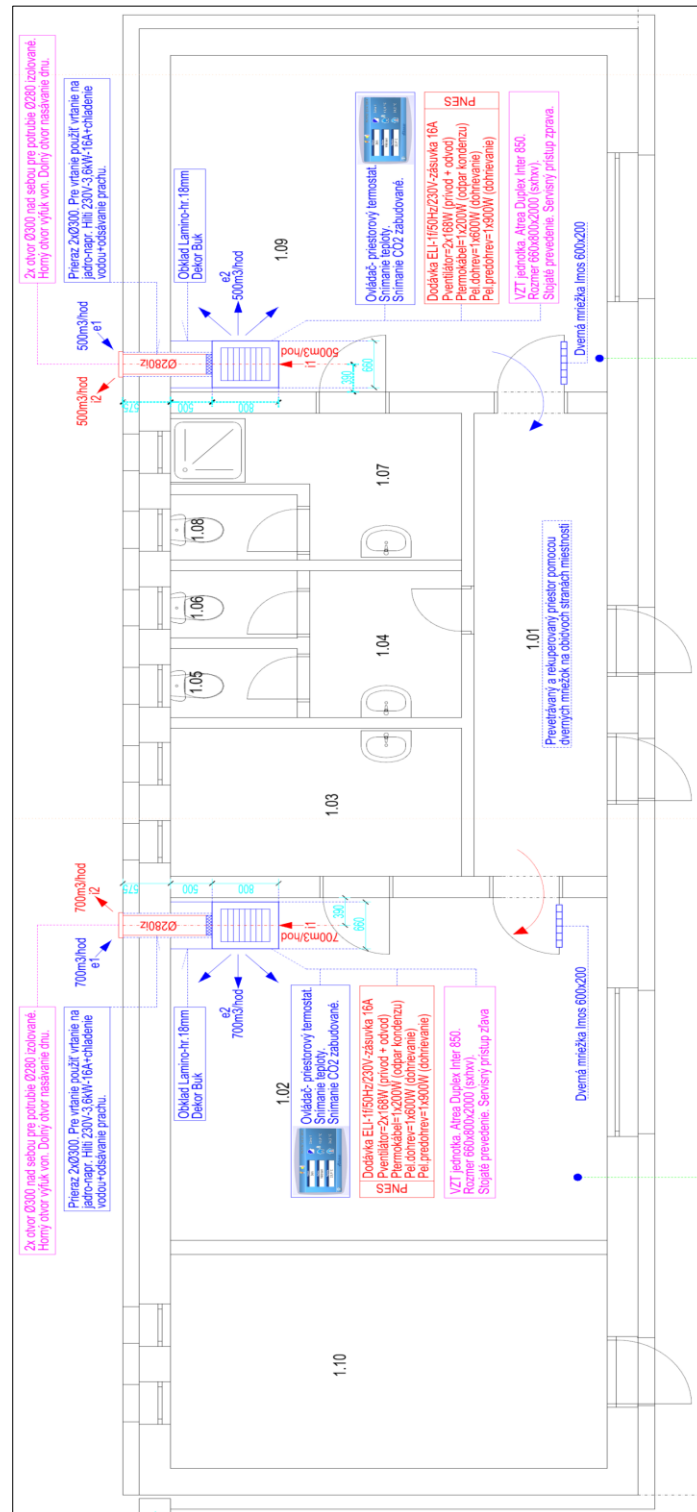
Obr. 2.49 DCV vetranie v AB4 – staršia administratívna budova - rekonštrukcia – vzorový výkres (pôdorys)



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

Zdroj: R. Nagy

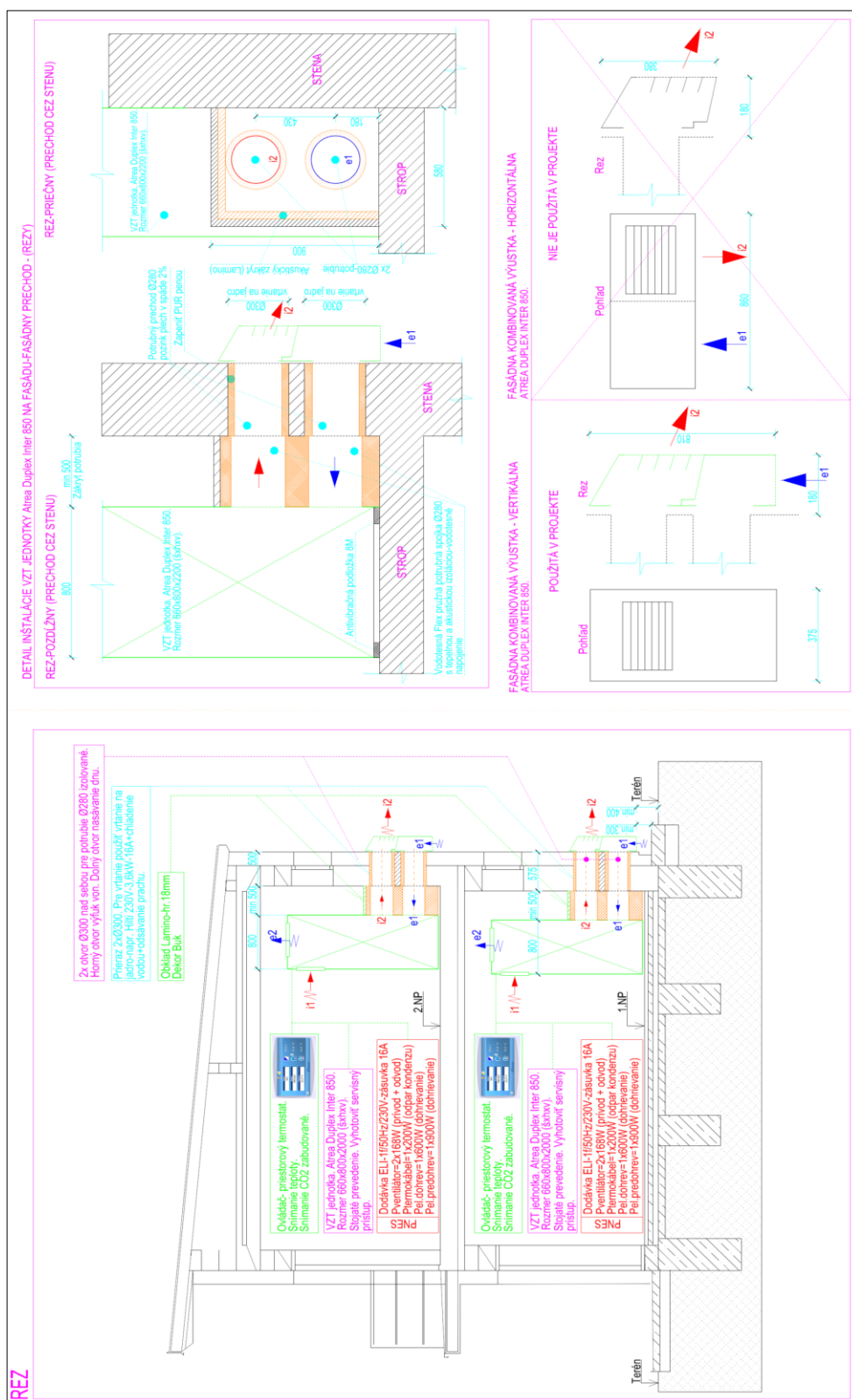
Obr. 2.50 DCV vetranie v AB5 – staršia administratívna budova - rekonštrukcia – (pôdorys), decentralálne jednotky predstenový box



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

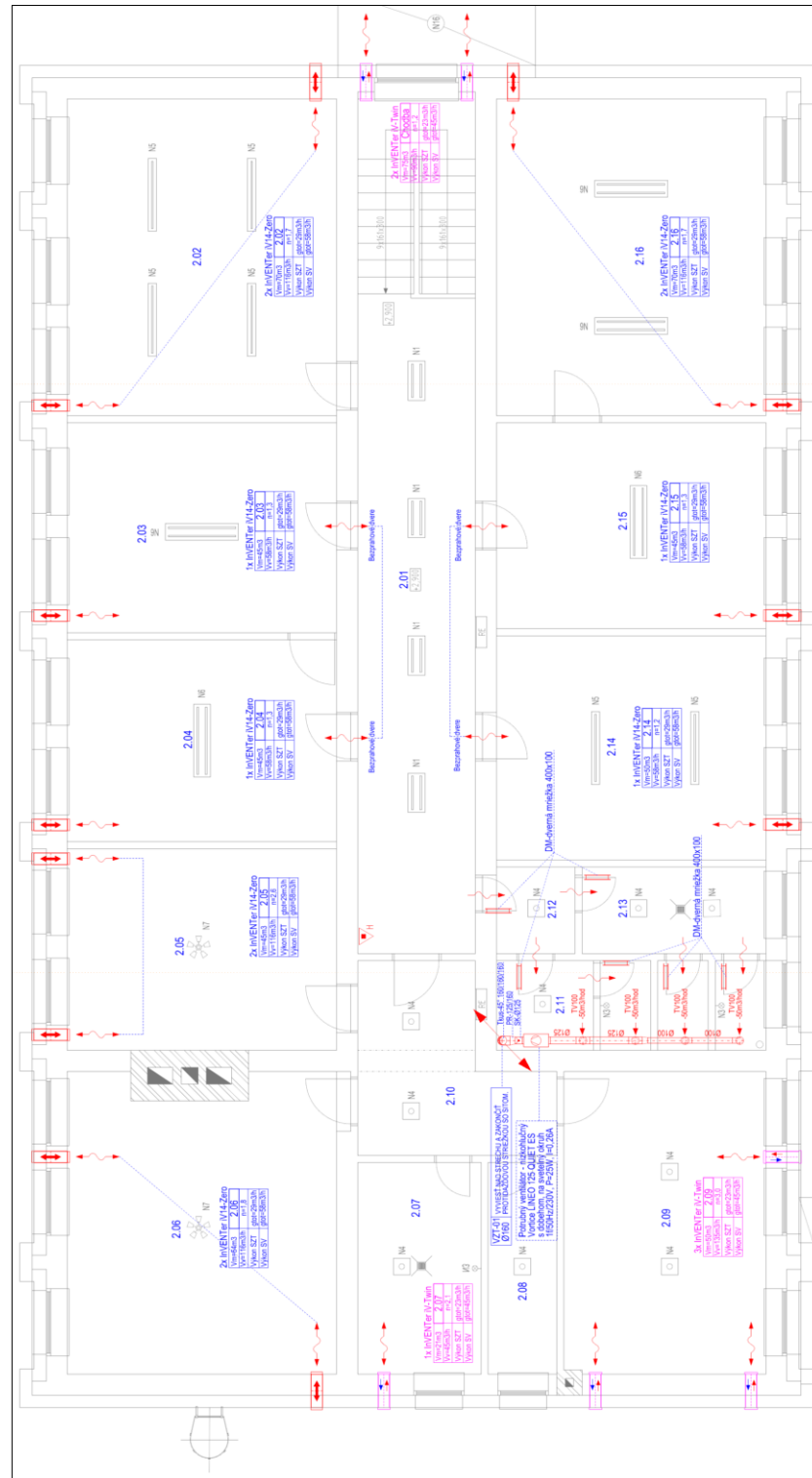
Zdroj: R. Nagy

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



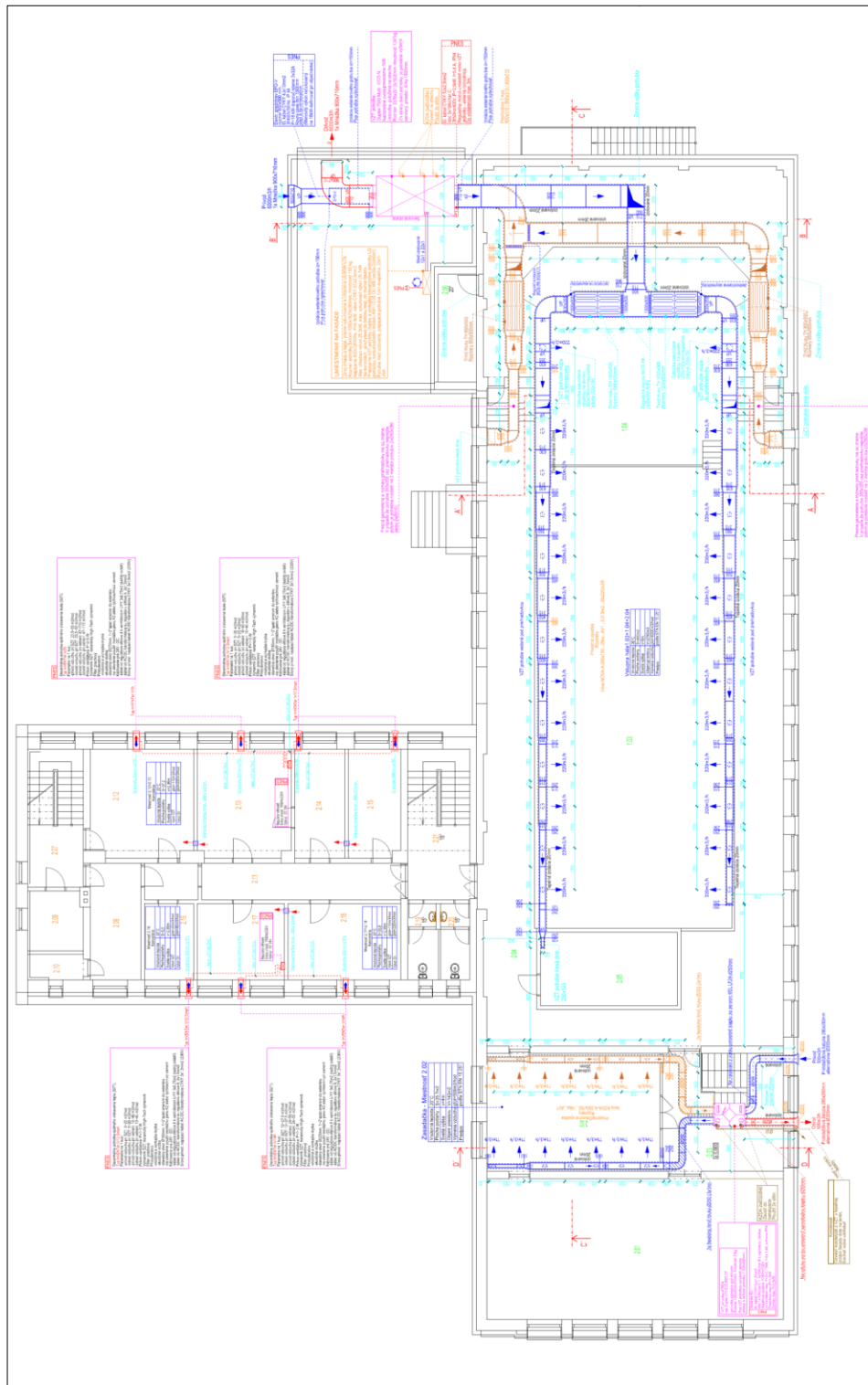
Zdroj: R. Nagy

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.

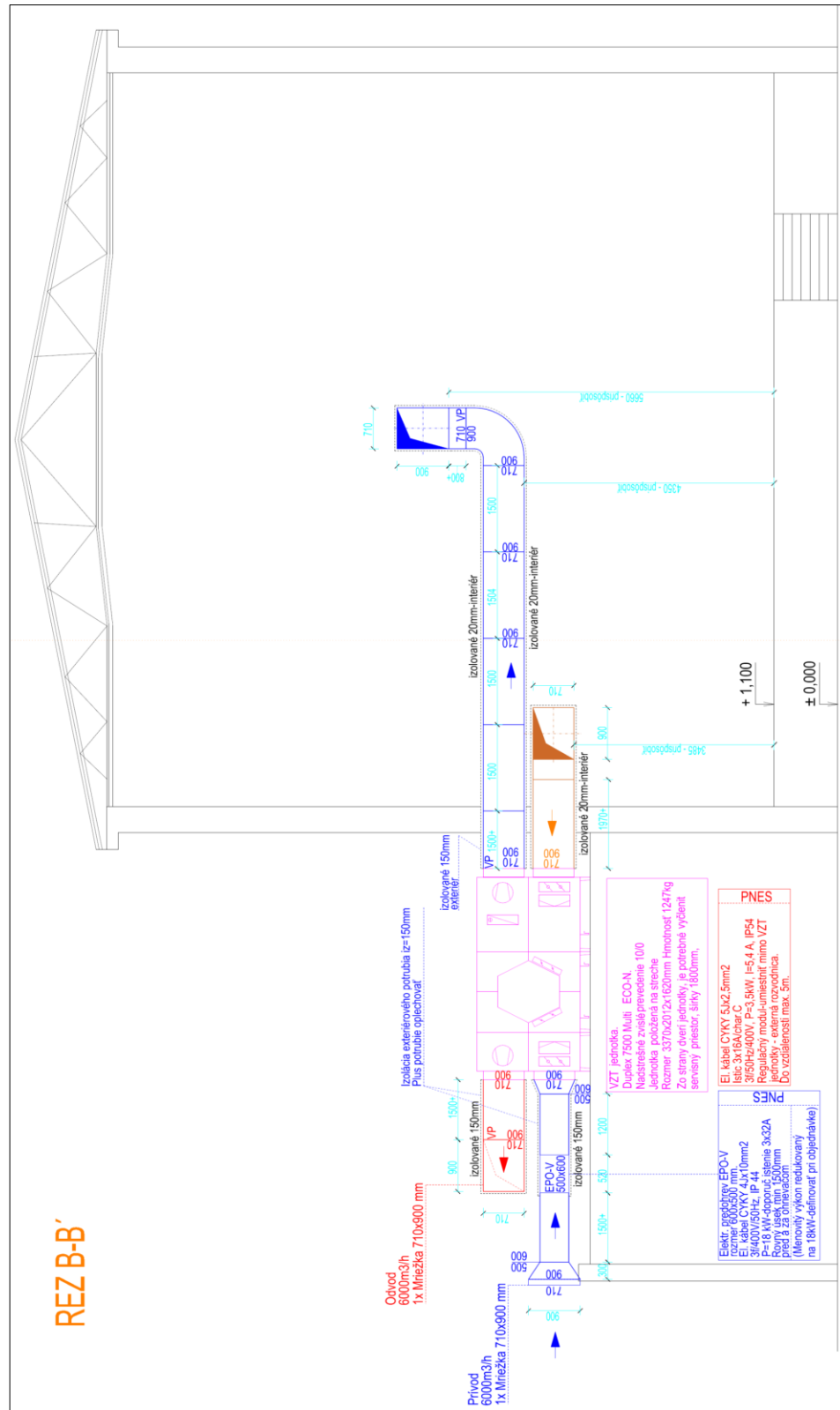
Zdroj: R. Nagy



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

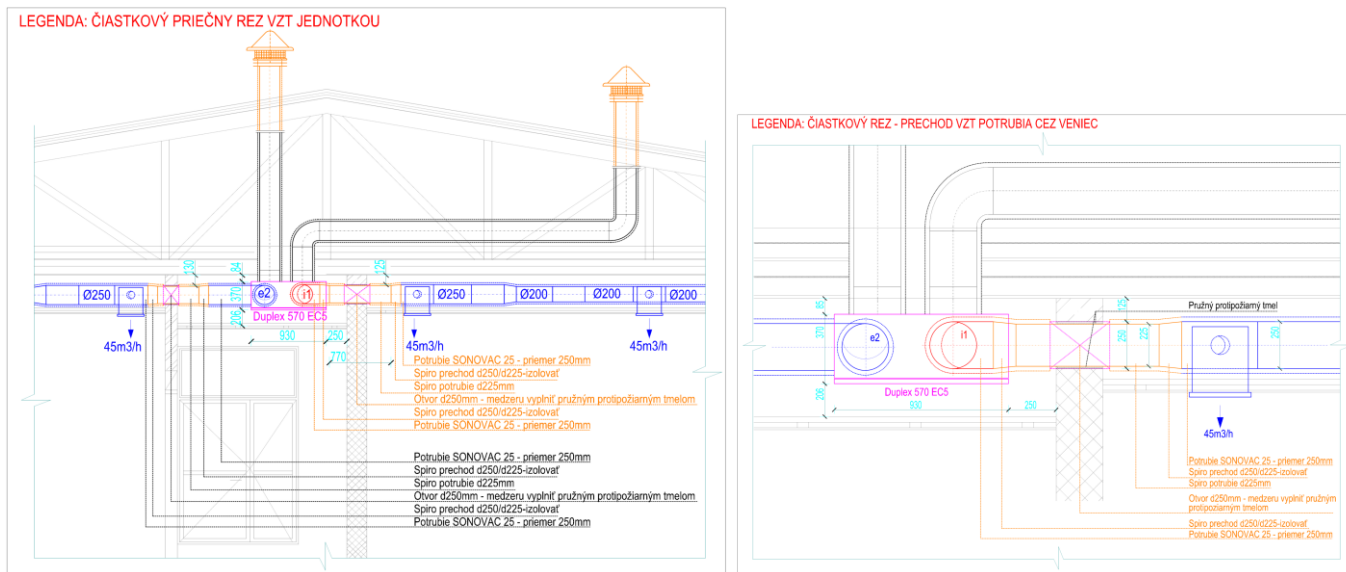
Zdroj: R. Nagy

Obr. 2.54 DCV vetranie v AB7 – staršia administratívna budova - rekonštrukcia – vzorový výkres (rez), centrálna jednotka



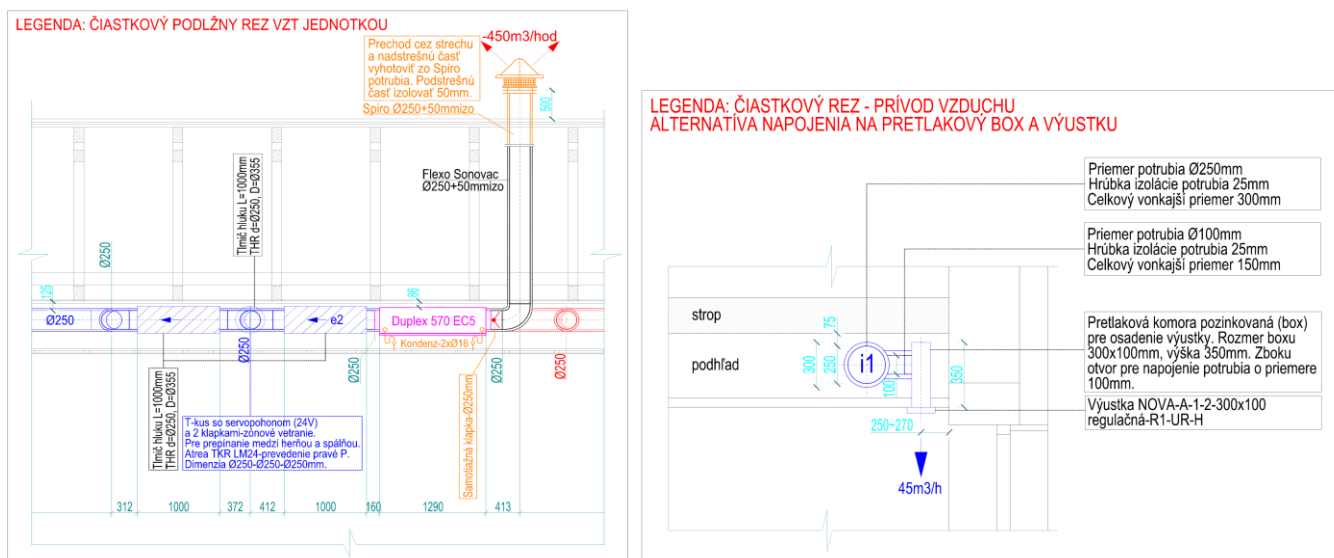
Zdroj: R. Nagy

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>