

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ
KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV



**Řešení systému pro úpravu vnitřního prostředí ve výškových
budovách**

DIPLOMOVÁ PRÁCE
B. ŠTÚDIA VÝŠKOVÝCH BUDOV

Vypracoval:

Bc. Denis Smižanský

Vedoucí práce:

doc. Ing. Michal Kabrhel, Ph.D.

2022/2023

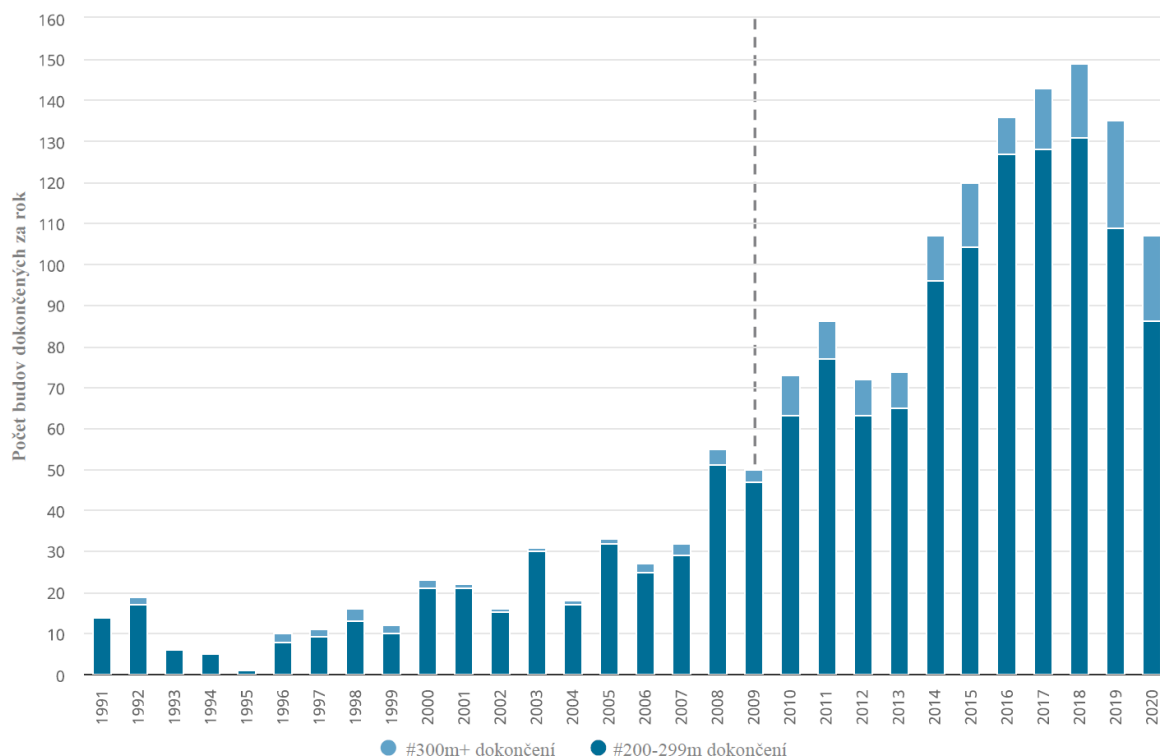
OBSAH

B.1.	VÝŠKOVÉ BUDOVY A ICH ŠPECIFIKÁ	1
1.1.	EXISTENCIA VÝŠKOVÝCH BUDOV – HISTÓRIA	1
1.2.	DEFINÍCIA BUDOV PODĽA VÝŠKY	1
1.3.	RÔZNE METÓDY MERANIA VÝŠKY VÝŠKOVÝCH BUDOV	3
1.4.	CHARAKTERISTIKA VÝŠKOVÝCH BUDOV	4
1.4.1.	<i>Jednúčelové využitie</i>	4
1.4.2.	<i>Zmiešané využitie</i>	4
1.5.	BUDOVA VS. TELEKOMUNIKAČNÁ VEŽA/ROZHĽADŇA	5
B.2.	VNÚTORNÉ PROSTREDIE BUDOV A TYPICKÉ RIEŠENIA	6
2.1.	VNÚTORNÉ PROSTREDIE VO VÝŠKOVÝCH BUDOVÁCH	7
2.2.	TYPICKÉ TECHNICKÉ RIEŠENIA	10
2.2.1.	<i>Klimatizačné vzduchové systémy</i>	11
2.2.2.	<i>Vykurovanie a chladenie</i>	14
2.3.	ZHRNUTIE	15
B.3.	PRIESKUM RIEŠENÍ TECHNICKÝCH SYSTÉMOV VO VYBRANÝCH BUDOVÁCH	16
3.1.	PRVÁ EKOLOGICKÁ VÝŠKOVÁ BUDOVA V LONDÝNE - 30 ST MARY AXE	20
3.2.	NAJVÄČŠIA ADMINISTRATÍVNA BUDOVA V SPOJENOM KRÁĽOVSTVE - 22 BISHOPSGATE	21
3.3.	VÝŠKOVÁ BUDOVA S NAJVVYŠŠOU TRIEDOU ENERGETICKEJ ÚČINNOSTI V UK – 8 BISHOPSGATE	23
3.4.	NAJVVYŠŠIA BUDOVA VO FRANKFURTE - COMMERZBANK TOWER	27
3.5.	V SÚČASNOSTI NAJHUSTEJŠIA MESTSKÁ ZÁSTAVBA V EURÓPE - FOUR FRANKFURT	29
3.6.	NAJAKTUÁLNEJŠIA BUDOVA VO ŠTVRTI LA DÉFENSE: HEKLA TOWER	33
3.7.	ŠPECIFIKÁ RIEŠENÍ TECHNICKÝCH SYSTÉMOV PRE VÝŠKOVÉ BUDOVY	35
B.4.	PRÍPADOVÁ ŠTÚDIA HVAC	39
4.1.	POROVNANIE CENTRÁLNEJ A LOKÁLNEJ ÚPRAVY VZDUCHU	41
4.1.1.	<i>Systém centrálnej úpravy vzduchu</i>	43
4.1.2.	<i>Systém lokálnej úpravy vzduchu</i>	50
4.2.	TEPLOTNÁ ÚPRAVA KANCELÁRSKÝCH PRIESTOROV	52
4.2.1.	<i>Mokrý systém montáže</i>	52
4.2.2.	<i>Suchý systém montáže</i>	54
	ZÁVER	58
	POUŽITÉ ZDROJE	59

B.1. VÝŠKOVÉ BUDOVY A ICH ŠPECIFIKÁ

1.1. Existencia výškových budov – história

Výškové budovy sa projektujú, budujú a využívajú už viac než 100 rokov. Ich vývoj súvisí predovšetkým s vývojom techniky a zároveň s neustále sa zvyšujúcou koncentráciou ľudí v mestských centrách.



Obrázok č. 1 Množstvo dokončených budov od roku 1991 [4]

Razantný rast záujmu o budovanie výškových budov je možné konkrétnejšie datovať od začiatku dvadsiateho-prvého storočia. V súčasnosti, resp. v priebehu posledného desaťročia stále pozorujeme, že výškových budov sa stavia stále čoraz viac.

Jak už bolo v úvode naznačené, v priebehu času s rastom urbanizácie klesá množstvo voľných pozemkov, avšak ich ceny neustále rastú. Nové moderné obchodné či finančné štvrte vo veľkomestách sa tak dnes stavajú prestížnou záležitosťou a výstavba výškových budov sa preto často uskutočňuje aj mimo centier veľkomiest, prípadne v menších mestách.

1.2. Definícia budov podľa výšky

Pojem výšková budova nie je jasne definovaný a už v minulosti a taktiež v súčasnosti môže byť rovnako vysoká budova v inom prostredí považovaná za nízku, alebo naopak

výškovú. Dolná hranica od akej výšky sa jedná o výškovú budovu nie je medzinárodne určená a každý kontinent, štát a mesto sa riadi iným zatriedením.

V Českej republike sa považuje budova za výškovú, ak presahuje 22,5 m. Podľa amerických štandardov ASHRAE, budova presahujúca výšku 91 m spadá do kategórie výškových budov. Rada pre vysoké budovy a mestské prostredie (ďalej „CTBUH“) konkrétne neurčuje spodnú hranicu výškových budov, avšak rozdeľuje vysoké budovy do nasledujúcich troch kategórií:

1. „TALL BUILDING“ (*slovensky: výšková/vysoká budova*)

CTBUH presne nedefinuje spodnú hranicu tejto kategórie. Zaradenie budov do tejto kategórie je subjektívne a posudzované na základe jedného alebo viacerých z nasledujúcich faktorov :

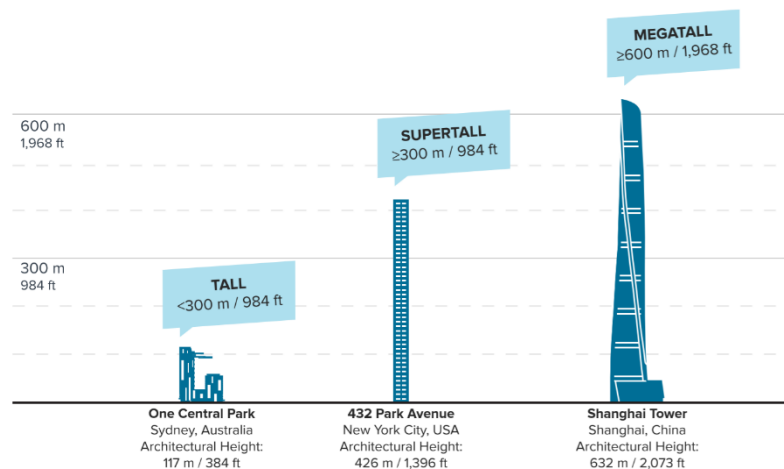
- Výška posudzovanej budovy vzhľadom k okolitým budovám,
- Proporcie budovy, v zmyslu hrubej pôdorysnej plochy k jej výške,
- Vybavenie technológiami nevyhnutnými pre výškové budovy, ako špecifické technológie vertikálnej dopravy, štrukturálne zavetrovanie apod.

2. „SUPERTALL BUILDING“ (*slovensky: supervysoká budova*)

Podľa CTBUH do tejto kategórie spadajú budovy rovnajúce sa a vyššie ako 300 m.

3. „MEGATALL BUILDING“ (*slovensky: megavysoká budova*)

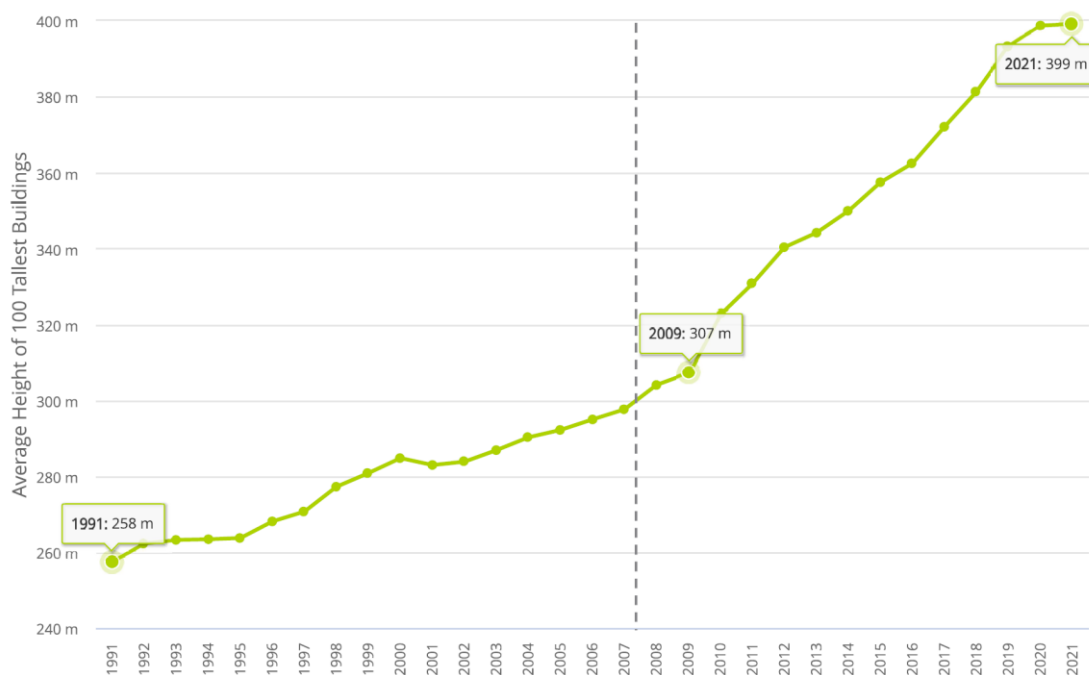
Podľa CTBUH do tejto kategórie spadajú budovy rovnajúce sa a vyššie ako 600 m.



Obrázok č. 2 Zatriedenie budov podľa výšky [4]

Na obrázku č. 3 je vidieť nárast stúpajúceho trendu, ktorý znázorňuje priemernú výšku prvých sto najvyšších budov na svete. Priemerná výška sto najvyšších budov sveta sa za 30 rokov zvýšila o 54 %, z 258 m na 399 m.

Na prelome roku 2007 a 2008 bola každá budova v rebríčku 100 najvyšších na svete supervysokou budovou (>300 m).



Obrázok č. 3 Priemerná výška prvých 100 najvyšších budov za posledných 30 rokov [4]

1.3. Rôzne metódy merania výšky výškových budov

Existujú rôzne pohľady na meranie výšky budovy, a preto môžeme nájsť rôzne rebríčky výškových budov. CTBUH ich delí následne:

A. Výška k architektonickému vrcholu (*ARCH*)

Architektonický vrchol budovy vrátane veží, ale bez antén, označení, stožiarov alebo iných funkčných technických zariadení. Toto meranie je najpoužívanejšie a používa sa v rebríčkoch CTBUH "Najvyššie budovy sveta".

B. Výška k najvyššiemu obsadenému podlaží (*OBS*)

Dokončená úroveň podlahy najvyššieho obytného podlažia v budove.

C. Výška ku špičke (*TOP*)

Do najvyššieho bodu, bez ohľadu na materiál alebo funkciu najvyššieho prvku.



Obrázok č. 4 Spôsoby merania výšky výškovvej budovy [4]

1.4. Charakteristika výškových budov

Základným delením výškových budov je delene podľa využitia. Výškové budovy tak jednoducho delíme na dve kategórie, a to jednoúčelové budovy a budovy so zmiešaným využitím.

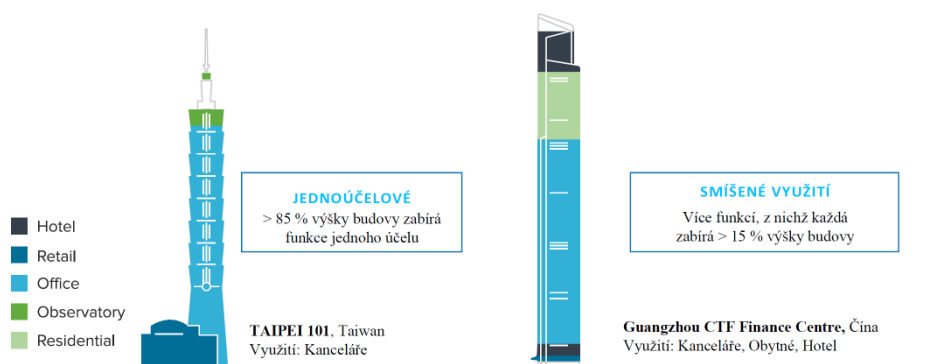
1.4.1. Jednoúčelové využitie

Jednoúčelová výšková budova je definovaná ako budova, kde 85 percent alebo viac jej celkovej výšky sa využíva pre prevádzku rovnakého účelu.

1.4.2. Zmiešané využitie

Vysoká budova so zmiešaným využitím obsahuje dve alebo viac funkcií, pričom každá z nich zaberá významnú časť celkovej úžitkovej plochy budovy. Podporné plochy, ako sú parkoviská a obslužné plochy sa nepočítajú ako samotný typ využitia.

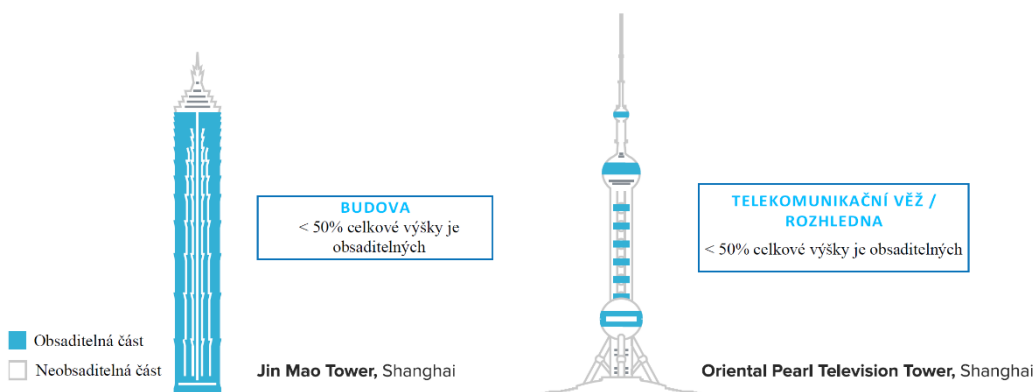
Developeri zaisťujú návratnosť investícií diverzifikáciou svojich nehnuteľností, keďže trhy s kancelárskymi, hotelovými, rezidenčnými a komerčnými priestormi sú často cyklické a trendy si navzájom odporujú. Na rozdiel od budovy s jednoúčelovým využitím, návrh budovy s rozložením viacerých typov prevádzok poskytuje pestré portfólio, ktoré môže zabezpečiť väčšiu odolnosť proti zmenám na trhu. Častým trendom býva, že prvých pár nadzemných podlaží je vyhradených pre služby a maloobchod, čo zároveň dáva budove vysokú pridanú hodnotu aj z pohľadu potenciálnych nájomníkov.



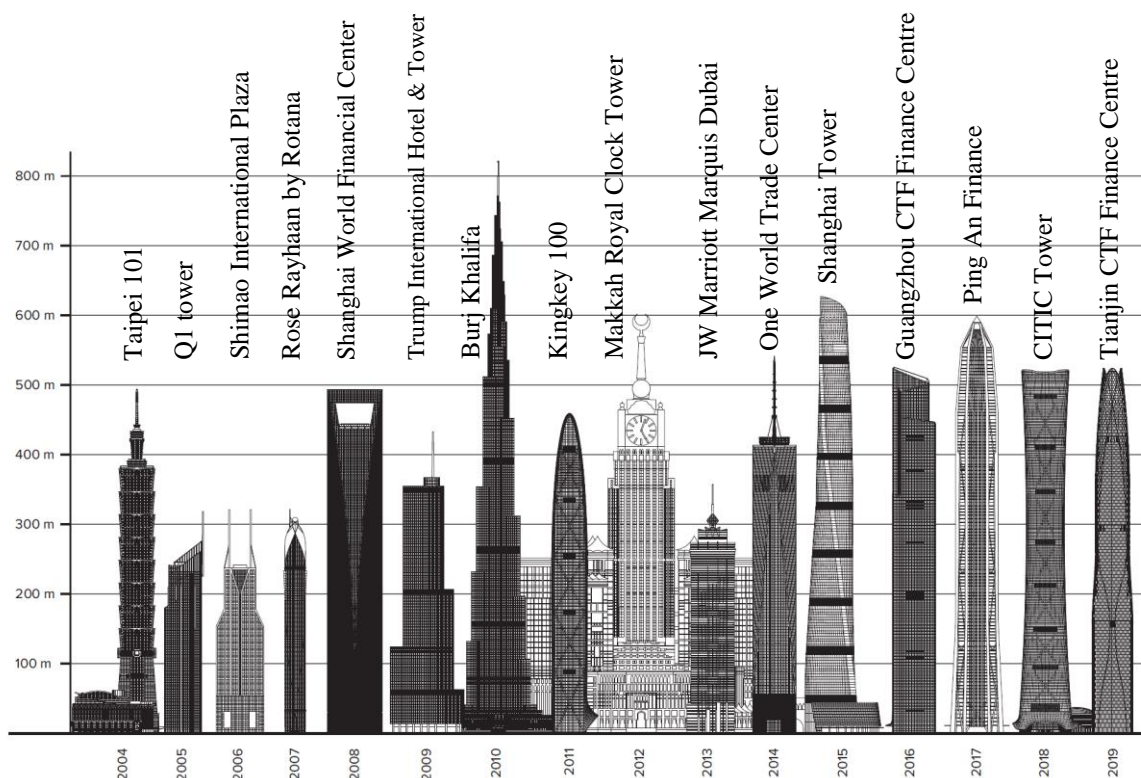
Obrázok č. 5 Delenie budov podľa zámeru využitia - CTBUH

1.5. Budova vs. telekomunikačná veža/rozhľadňa

Aby sa stavba považovala za budovu, musí byť obsadená aspoň z 50 % svojej celkovej výšky a musí byť navrhnutá tak, aby bola trvale bezpečná pre používanie obyvateľmi, pracovníkmi alebo inými užívateľmi budovy. Týchto 50% nezahŕňajú servisné alebo technické priestory, ktoré majú prístupný prístup na údržbu atď.



Obrázok č. 6 Delenie budov podľa obsaditeľnosti [4]



Obrázok č. 7 Najvyššie budovy sveta dokončené v jednotlivých rokoch [1]

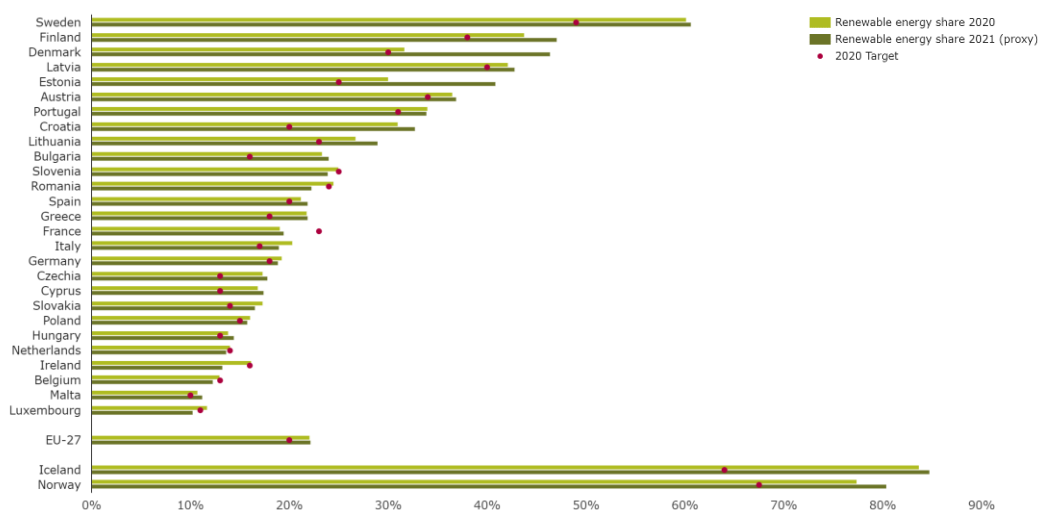
B.2. VNÚTORNÉ PROSTREDIE BUDOV A TYPICKÉ RIEŠENIA

Vzhľadom k popularite žitia vo veľkých mestách je možné predpokladať, že výstavba výškových budov vo väčších európskych mestách bude čoraz výraznejšia. Podľa verejne dostupných informácií [2] sú vo veľkých mestách takmer tri štvrtiny spotreby energie spotrebované budovami. Najintenzívnejšia spotreba energie modernejších výškových budov zvyčajne vyplýva z chladenia (40 %) alebo vykurovania (30 %) priestorov, zatiaľ čo výtahy spotrebujú približne 5 % energie výškovej budovy a osvetlenie a elektrické zariadenia tvoria približne 25 %. Z vyššie uvedených dát je jasné, že je dôležité spotrebu energie znížiť na minimum a zároveň zvýšiť snahu o čo najvyšší podiel obnoviteľných zdrojov energií.

Energetická náročnosť budov v súčasnosti

Podľa informácií publikovaných Európskou Komisiou tvorí spotreba na vykurovanie a chladenie viac než 50 % súčasnej ročnej spotreby energie v EÚ. Preto je cieľom Európskej Komisie vytvoriť stratégiu na optimalizáciu vykurovania a chladenia budov a priemyselných odvetví, konkrétne na zníženie spotreby energií a tvorby emisií. Pre tento účel boli uskutočnené prieskumy, z ktorých vyplynuli nasledujúce štatistiky:

Zemný plyn je najväčším primárnym zdrojom energie na vykurovanie (46 %), nasleduje uhlie (asi 15 %), biomasa (asi 11 %), vykurovací olej (10 %), jadrová energia (7 %) a niektoré obnoviteľné zdroje (veterné, fotovoltaické a vodné elektrárne, asi 5 %). Ostatné obnoviteľné zdroje ako slnečná (tepelná) energia a geotermálna energia tvoria spolu 1,5 % a ostatné fosílna palivá 4 %.



Graf č. 1 Podiel energie z obnoviteľných zdrojov v EÚ krajinách za rok 2020 [5]

Obnoviteľná energia predstavovala v roku 2016 priemerne 18 % spotreby primárnej energie v sektore vykurovania a chladenia a existuje významný potenciál na zvýšenie jej podielu. V grafe č. 2 je vidieť výsledky štatistík za rok 2020, kedy sa priemerný podiel energie z obnoviteľných zdrojov v krajinách EÚ zvýšil na takmer 24%. [5]

2.1. Vnútorne prostredie vo výškových budovách

V súčasnosti sa budovy navrhujú s cieľom získať čo najvyššiu možnú certifikáciu LEED, BREEM, GREEN BUILDING, GREEN STAR atď., ktoré sú svetovo či lokálne uznávané. Tieto certifikácie vedú k zníženiu spotrieb energií a vody v budovách alebo efektívnejšiemu využitiu materiálových zdrojov. Výsledkom sú nižšie prevádzkové náklady a zvýšenie kvality vnútornej mikroklímy. Snaha o dosiahnutie uvedených certifikácií vedie aj k minimalizácii škodlivých dopadov procesu výstavby a prevádzky budov na životné prostredie. Získanie uvedených certifikácií má zároveň pozitívny vplyv na potenciálnych investorov.

Vyššie spomenuté faktory však nie sú jedinými, ktoré je pri projektovaní budov potrebné brať do úvahy. Dôležité je aj spoločenské a etické hľadisko, ktoré by malo nasledovať cieľ Európskej Únie, a to aby sa Európa stala prvým klimaticky neutrálnym kontinentom na svete. Budovy v EÚ sú spoločne zodpovedné za 40 % našej spotreby energie a 36 % emisií skleníkových plynov, ktoré pochádzajú najmä z výstavby, používania, renovácie a demolácií.[6] Zlepšenie energetickej účinnosti v budovách preto zohráva kľúčovú úlohu pri dosahovaní ambiciózneho cieľa uhlíkovej neutrality do roku 2050, ktorý je stanovený v Európskej zelenej dohode „Green Deal“.

Samotné kritéria na kvalitu vnútorného prostredia nie sú nijak špecifické od nízko podlažných budov. Avšak, momentálne je veľkou ambíciou zmaximalizovať funkčnosť ľahkého obvodového plášťa výškových budov. Je množstvo smerov, ktorým sa využitie fasád môže poberať, napríklad:

- Tónovacie elektrochromatické sklo;
- Integrácia fotovoltaických panelov;
- Automatizované nočné chladenie a prirodzené vetranie podlaží;
- Samozavlažovacie zelené fasády zabezpečujúce pasívne chladenie.

Uvedené prvky prispievajú k zníženiu spotreby energií na chladenie a vykurovanie a zároveň k zvýšeniu podielu obnoviteľných zdrojov energií.

Tónovacie elektrochromatické sklo

Jeho hlavnou funkciou je automatizovaná alebo individuálna regulácia prívodu denného svetla, slnečného tepla alebo tienenia. Pri každom stupni stmavnutia sa zachováva neobmedzený výhľad smerom von.

Priepustnosť svetla elektrochromatického skla možno nastaviť v štyroch stupňoch v rozmedzí od 1 do 60 percent. Použitím tohto systému je možné ešte viac zvýšiť energetickú účinnosť a užívateľský komfort s optimalizovaným využitím denného svetla. Tento systém pomáha k získaniu certifikácii BREEAM alebo LEED.



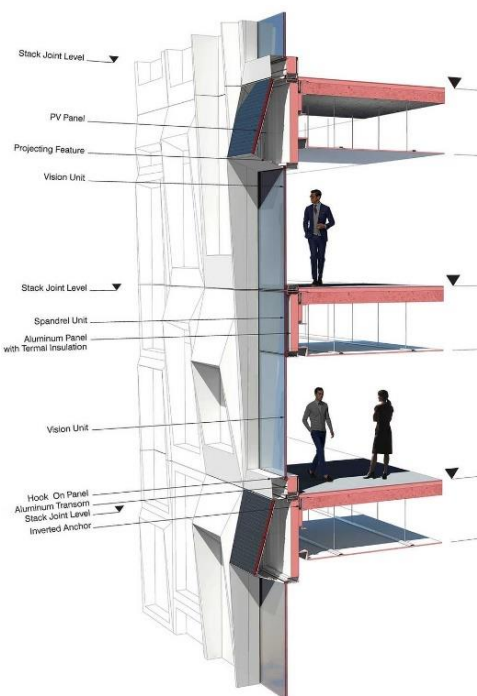
Obrázok č. 8 Zobrazenie minimálneho a maximálneho tienenia elektrochromatickým sklom [7]

Integrované fotovoltaické panely vo fasáde

Výškové budovy sú v drvivej väčšine obalené preskleným ľahkým obvodovým plášťom, ktorý je v súčasnosti na veľmi vysokej úrovni kvality z hľadiska tepelne izolačných a akustických vlastností s možnosťou zabezpečenia vysokej požiarnej odolnosti.

V zmienených oblastiach sa začínajú ohýbať fyzikálne limity, a preto sa vývoj začína sústrediť aj na integráciu fotovoltaických panelov (FV) v častiach fasády, kde panely neprekážajú výhľadu užívateľom. Takýchto miest na fasáde prirodzene vzniká mnoho, či už zmenou konštrukčnej výšky podlažia alebo v priestoroch stropnej dosky a potrebných podhládoch.

Integráciou fotovoltaických panelov do nepriehľadných častí fasády sa do hĺbky zaoberá projekt Construct PV, ktorý vedie výskum zaoberajúci sa technickými a architektonickými možnosťami úpravy fotovoltaických panelov. Výskum je sústredený pre európsku oblasť reprezentujúcu rôzne klimatické oblasti od Nórska až po Grécko .



Obrázok č. 9 Modulové riešenie LOP s integrovanými FV panelmi [8]

Na obrázku č. 11 sú zobrazené vzory, ktoré sú výsledkom zmieneneho prieskumu. Tieto možnosti boli overené aj z hľadiska efektívnosti a možnosti masovej výroby.



Obrázok č. 10 Modulové možnosti integrácie FV panelov s rôznym vzorom do fasády; ©Construct PV Consortium [9]

Týmto riešením sa dosiahne zvýšený pomer obnoviteľných zdrojov a zároveň sa neovplyvní výhľad z priestorov výškových budov.

2.2. Typické technické riešenia

VÝBER SYSTÉMOV PRE ÚPRAVU VNÚTORNÉHO PROSTREDIA

V kompletne vybudovanej výškovej budove v dokončenosti „Shell & core“ predstavujú náklady na technické zariadenia budov zvyčajne viac ako 25 % celkových nákladov (bez ceny pozemku). Mechanické a elektrické zariadenia a súvisiace inštaláčne šachty môžu zaberať od 7 až do 10 % hrubej pôdorysnej plochy budovy.[10]

Kritériá k zváženiu a metódy analýzy výberu systémov pre úpravu vnútorného prostredia sa nijako nelíšia od tých, ktoré by sa uplatňovali v prípade nízko podlažnej budovy, avšak možnosti výberu pre výškové budovy sú zvyčajne obmedzenejšie.

TYPYCKÉ UMISTNENIE SYSTÉMOVÝCH PRVKOV

Zdroje budú pozostávať z nasledujúcich zariadení a prvkov umiestnených na rôznych úrovniach v budove. Typické usporiadanie vo výškovej budove je nasledovné:

Suterén

- Pripojenie na vonkajšie siete a hlavné merače spotreby;
- Zdroj tepla a hlavné čerpacie systémy;
- Zdroj chladu a hlavné čerpacie systémy;
- Čerpacie systémy pre vodovod;
- Zariadenie záložného zdroja (UPS).

Stredné úrovne

- Technické podlažia alebo technické miestnosti;
- Ventilačné nasávacie a výfukové plochy;
- Zdroje obnoviteľnej energie;
- Zariadenie na hydraulické oddelenie systémov a pomocné čerpadlá pre distribučné systémy vykurovania, chladenia, vodovodu a protipožiarnych systémov.

Úroveň strechy

- Odvody spalín;
- Chladiace veže / suché chladiče;
- Nasávacie otvory vetracieho vzduchu;

- Odvetrávanie kanalizačného potrubia;
- Odvod požiarneho vetrania.

Odporúčané zdroje chladu + typická akumulácia energie

Výrobníky chladu a suché chladiče s akumuláčným zásobníkom

Centrálne zdroje chladu + zásobníky tvorené zvodnenou vrstvou (aquifery)

Odporúčané zdroj tepla

Centrálne zásobovanie teplom a využívanie odpadného tepla v čo najvyššej možnej miere.

TYPICKÉ RIEŠENIA ÚPRAVY MIKROKLÍMY

Podľa ASHREA handbook – HVAC¹ Applications sú najtypickejšími riešeniami vo výškových budovách nasledujúce systémy:

2.2.1. Klimatizačné vzduchové systémy

„All-Air Variable-Air-Volume Systems“ je systém s premenlivým prietokom vzduchu najčastejšie používaným riešením. Tento systém môže byť koncipovaný v rôznych variantoch so základným rozdelením:

- centrálnou úpravou vzduchu na technických podlažiach
- lokálnou úpravou vzduchu na jednotlivých podlažiach.

VAV boxy

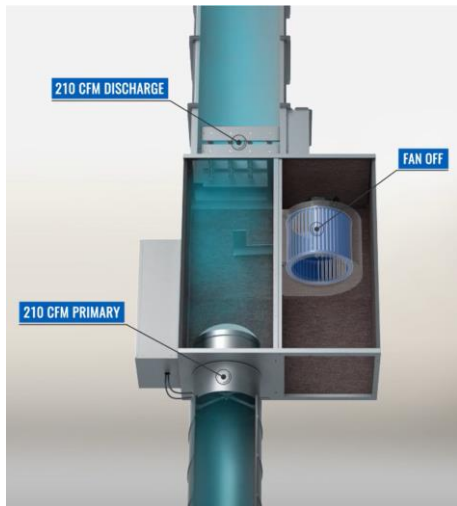
Možným riešením je použitie VAV boxov, ktoré sú vybavené ventilátorom, zmiešavacou komorou, regulačnými klapkami a prípadne elektrickým ohrievačom.

Prvok systému je navrhnutý tak, aby udržiaval optimálnu úroveň pohodlia užívateľov prívodom studeného privádzaného vzduchu (VAV), cirkulačného teplého vzduchu privádzaného do zmiešavacej komory alebo ich kombináciou na klimatizáciu priestoru.

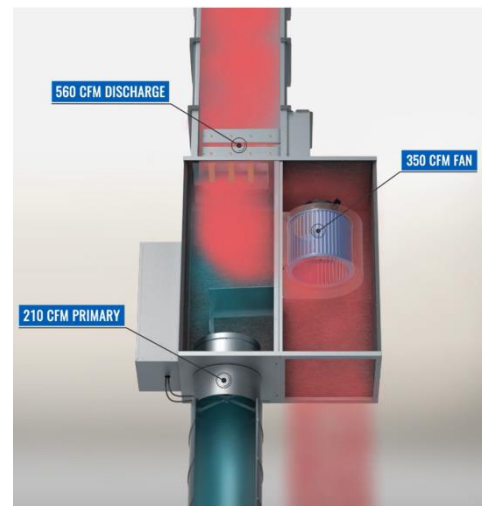
Čerstvý vzduch je dopravovaný do koncových zón centrálnym ventilátorom v strojovni. V prípade potreby teplotnej úpravy jednotlivých zón sa ventilátor VAV boxu cyklicky zapína, súčasne regulátor privádzaného vzduchu upravuje množstvo vzduchu

¹ skratka HVAC, predstavuje skupinu zariadení požadovaných zabezpečujúcich tepelno-vlhkostnú mikroklímu priestorov. Projektant HVAC navrhuje vykurovanie, vetranie a klimatizáciu priestorov.

a klapka zmiešavacej komory mení polohu pre uspokojenie požiadaviek konkrétnej zóny. Voliteľný ohrievač poskytuje koncové teplo až po zapnutí ventilátora. Primárny vzduch sa reguluje pomocou tlakovo nezávislých regulátorov.



Obrázok č. 12 VAV box, minimálna požiadavka SUP [11]

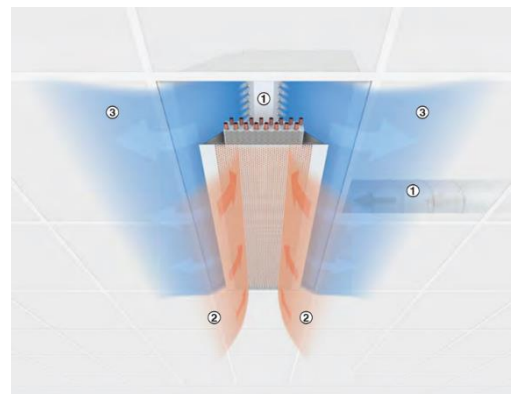


Obrázok č. 11 VAV box, požiadavka na tepelnú úpravu zóny [11]

V prípade požiadavky na zníženie teploty v zóne sa pootvorí regulačná klapka a zabezpečí väčší prítok privádzaného vzduchu.

Indukčné jednotky

Indukčné jednotky vyžadujú vyšší dispozičný tlak, kde privádzaný vzduch prechádza dýzami do zmiešavacej komory, kde sa primárnym vzduchom indukuje sekundárny vzduch z miestnosti. Tento systém sa zvyčajne navrhuje s konštantným prítokom vzduchu, pričom je nutné zabezpečiť dostatočnú dodávku vzduchu pre správnu funkčnosť jednotky. Jednotky môžu byť vybavené výmenníkmi tepla, kde je v prípade chladenia nutné zabezpečiť dostatočne vysokú teplotu prívodu, aby bolo zamedzené kondenzácii na výmenníku.



Obrázok č. 13 Princíp činnosti uzavretého chladiaceho trámca [28]

Všetky spomínané varianty je možné navrhnúť s malým rozdielom medzi teplotou miestnosti a teplotou privádzaného vzduchu. Alebo zvýšiť teplotu v prípade vykurovania, resp. znížiť teplotu v prípade chladenia s teplotným rozdielom 8 až 10 °C medzi teplotou

v interiery a teplotou privádzaného vzduchu. To zníži množstvo privádzaného vzduchu a následne znižuje veľkosť vzduchotechnického systému a rozvodov vzduchu. Tieto systémy sa veľmi nelíšia od konvenčných systémov pre nízko podlažné budovy.

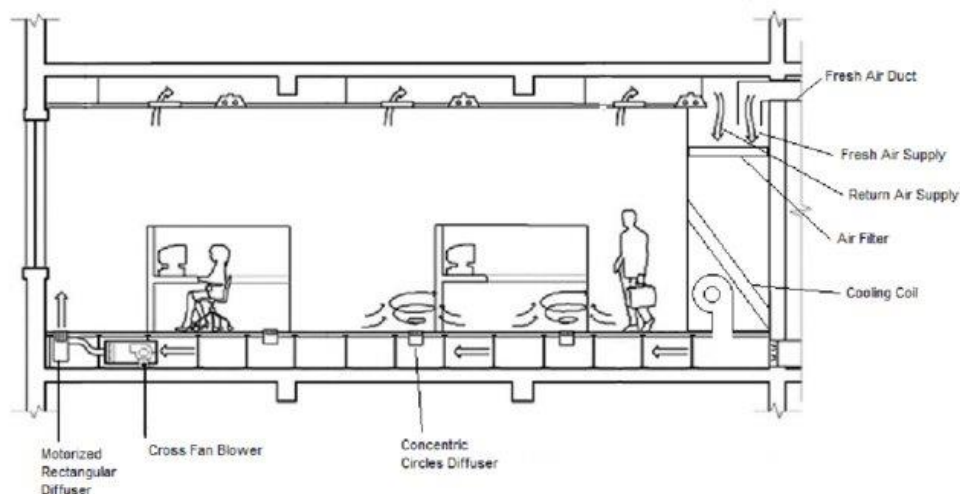
Systémy rozvodu vzduchu v podlahe

V prípade požiadavky na dvojitú podlahu sa tento priestor môže využiť pre distribúciu vzduchu. Pre distribúciu vzduchu sa väčšinou používajú ručne nastaviteľné prírodné difúzory umiestnené v podlahe. Privádzaný vzduch je buď upravovaný centrálnou jednotkou alebo lokálnou, ktorá zabezpečuje úpravu vzduchu pre celé podlažie budovy. Klimatizovaný vzduch sa zvyčajne dodáva o teplote 16 až 18°C.

Pre odvlhčenie vzduchu je použitý centrálny chladič, ktorý ochladí vzduch približne na 12°C, čím sa vzduch sa tepelne upraví pre jednotlivé zóny upraví v nízko profilových VAV boxoch ako je uvedené v texte vyššie.

Podhľad slúži ako vzduchová komora pre odvod vzduchu (bez potrubia), čím je možné zminimalizovať samotnú výšku podhľadu. Tento spôsob distribúcie vzduchu v miestnosti sa nazýva zaplavovacie vetranie. Výhodou umiestnenia prírodných distribučných prvkov do podlahy je jednoduchá a nenákladná zmena umiestnenia prvkov v prípade zmeny dispozície priestoru.

Slabými bodmi tohto systému sú tepelná regulácia jednotlivých zón a hrozí riziko netesností v podlahe. Tím nie je garantovaná tlaková stabilita systému čo môže spôsobiť nepohodlie užívateľov budovy. Vzhľadom k minimálnej možnosti údržby priestoru pod podlahou, stav priestorov určených k vedeniu privádzaného vzduchu môže byť z hľadiska čistoty po niekoľkých rokoch prevádzky zhoršený.



Obrázok č. 14 Distribúcia vzduchu podlahou [12]

Opísaný systém distribúcie vzduchu podlahou sa musí dobre skoordinať a navrhnuť už na počiatku projektu, pretože ovplyvňuje architektonické (výška podlahy, výška podhl'adu s tým spojená úprava fasády, úrovne schodísk a výťahov, apod.) a konštrukčné aspekty návrhu.

Je nutné podotknúť, že vzduch je výrazne horšou teplotonosnou látkou ako voda alebo chladivá. „All-Air systémy“ nie sú energeticky úsporným riešením.

2.2.2. Vykurovanie a chladenie

Výber koncových prvkov pre vykurovanie a chladenie veľmi ovplyvňuje zdroje a aj distribučnú sústavu. Pre vykurovanie máme vysokoteplotné systémy, ktoré dokážu zabezpečiť rýchlejší nábeh na úkor vyšších prevádzkových nákladov. Naopak nízokoteplotné systémy ako celok sú energeticky výhodnejšie a vhodnejšie pre kombinovanie s obnoviteľnými zdrojmi. Z hľadiska komfortu a zároveň energetiky je žiadaným spôsobom distribúcia energie sálaním za pomoci veľkoplošných systémov.

Umiestnenie zdroja tepla / chladu

Umiestnenie strojovne chladu alebo tepla vo výškových budovách nie je výškovo obmedzené. Preto sa toto umiestnenie určuje na základe zohľadnenia viacerých požiadaviek a finančných analýz. Kotelne a strojovne chladu môžu byť umiestnené v podzemných podlažiach, na streche alebo kdekoľvek medzi nimi.

Ak je kotol alebo predávací stanica nainštalovaná nad úrovňou budovy, musí sa tam priviesť palivo (t.j. olej, plyn alebo elektrina), respektíve teplo. V prípade kotla na olej alebo plyn sa musí odvieť dymovod, ktorý odvádza produkty spaľovania z kotla do atmosféry až nad úroveň strechy. Umiestnenie kotolne by sa malo určiť na základe analýzy vzhľadom na zmienené parametre.

Úvahy o umiestnení chladiaceho zariadenia sú zložitejšie, pretože chladiaca voda a kondenzačná voda sa musí čerpať do a z miesta chladiaceho zariadenia do klimatizačného zariadenia, ktoré ju potrebuje. Okrem toho sa musí preskúmať chladiaca veža alebo suché chladiče a pracovný tlak chladiacich strojov (ako aj potrubia, armatúry a ventily). Ďalej sa

musí do zariadenia priviesť elektrická energia alebo para, aby sa zabezpečila energia na prevádzku zariadenia. V prípade umiestnenia výrobníkov chladu v nadzemných podlažiach sa v architektonických, konštrukčných a mechanických návrhoch plne zohľadňujú vibrácie a akustické požiadavky zariadenia.

Na rozdiel od vzduchotechnických strojovní, kde je médiom alebo teplonosnou látkou vzduch, technologické zariadenia pre výrobu tepla alebo chladu pracujú s vodnou alebo chladiвовou sústavou. Samotná váha teplonosných látok pridáva na dôležitosti výberu umiestnenia zdroja chladu alebo tepla. Nielen nadmerná váha, vibrácie a hluk od technologických zariadení, ale aj výškové rozdelenie účelu využitia budovy sú dôležitými faktormi, pri výbere umiestnenia zdrojov.

2.3. Zhrnutie

V prípade vysokých komerčných budov sa vzduchotechnické systémy delia do dvoch hlavných kategórií, pokiaľ ide o ich rozvodné potrubia. Prvou je centrálny systém prívodu vzduchu umiestnený v miestnosti so strojným zariadením v budove, ktorý obsluhuje viacero poschodí nad a (alebo) pod miestnosťou so strojným zariadením. Druhou kategóriou je lokálny klimatizačný systém, ktorý sa zvyčajne používa pre podlažie, v ktorom je umiestnené zariadenie. Lokálne klimatizačné systémy sa dodávajú v dvoch alternatívnych konfiguráciách. Prvá využíva vzduchotechnické jednotky, ktoré obsahujú vodné výmenníky. Druhá využíva samostatné klimatizačné jednotky s priamou expanziou. Pre rezidenčné jednotky je možné uvažovať lokálne zariadenia pre jednotlivé bytové jednotky.

Kombinácia komponentov systému a výsledná konfigurácia systému pre konkrétnu budovu sú obmedzené len predstavivosťou projektanta. Vybraná alternatíva je predmetom záujmu vlastníka, architekta a ostatných technických konzultantov, a preto by mala byť podrobená kontrole celým projekčným tímom predtým, ako sa výber zahrnie do daného projektu.

B.3. Prieskum riešení technických systémov vo vybraných budovách

Zaujímavosťou je, že viac ako 65 % výškových budov v Európe sa nachádza len v piatich mestách, ktorými sú Londýn, Paríž, Frankfurt, Istanbul a Moskva. Vo väčšine miest sa vytvorila vyššia koncentrácia výškových budov, v ktorých sa bude stavať ďalšia zástavba a plánované projekty. V Londýne túto zónu nazývame "Canary Wharf", v Paríži "La Défense", vo Frankfurte "Mainhattan" alebo Moskovské medzinárodné obchodné centrum. Istanbul nemá jednu ikonickú zónu, ale výstavba výškových budov je rozložená v rôznych častiach mesta.

Výškové budovy vznikajú väčšinou pri vysokej koncentrácii obyvateľstva alebo pri nedostatku priestoru v mestách. Mnohé väčšie mestá, ktoré by spĺňali tieto parametre, sú pred novou výškovou výstavbou obmedzené ochrannými pásmami alebo prísny historickým urbanizmom.

Keďže v Českej republike sa nenachádzajú výškové budovy svetových rozmerov, táto kapitola sa venuje analýze výškových budov v troch zmienených mestách. Užším výberom je Londýn, Paríž a Frankfurt nad Mohanom, kde sú podobné klimatické podmienky ako v Českej republike. Preto bude porovnávanie riešení systémov HVAC v týchto mestách porovnateľné s analýzou, ktorá by bola potrebná pri výstavbe výškových budov v Českej republike. Zároveň ide o mestá v Európskej únii, a preto sú normatívne požiadavky na systémy HVAC podobné ako v Českej republike. Z týchto dôvodov je zrejmé, že porovnanie aspektov zariadení systémov HVAC vo výškových budovách v európskych metropolách má väčší zmysel ako porovnanie s praxou v Severnej Amerike alebo Ázii, kde však majú dlhoročné skúsenosti.

Zámerom tejto podkapitoly je poskytnúť čo najkomplexnejšie dáta o systémoch HVAC v budovách, ktoré boli dokončené alebo budú dokončené v blízkej budúcnosti. Z dôvodu nedostatku odbornej literatúry, ktorá by komplexne popisovala riešenie budov s dokončením výstavby v minulých rokoch, bola snaha získať relevantné informácie pre túto podkapitulu priamo od vlastníkov budov, projekčných kancelárií, realizačných spoločností, ktoré boli spojené s vybranými projektmi. Pre tento účel bol vytvorený dotazník, ktorý bol rozoslaný e-mailom na všetky spomenuté strany. Z viac než 50 rozoslaných e-mailov sa nepodarilo dosiahnuť očakávaného výsledku.

Dáta uvedené o konkrétnych budovách sú čerpané primárne z článkov od výrobcov zariadení, ktoré boli použité v popísaných projektoch a článkov od realizačných a projekčných spoločností, ktoré boli dostupné na internete.

ZÁKLADNÝ PREHĽAD:

LONDÝN

Množstvo budov vyšších než 150 m: 30 dokončených, 10 vo výstavbe

Využitie výškových budov: Kancelárie (42 %)

Najvyššia budova: The Shard – 306 m

PARÍŽ

Obchodná štvrť La Défense patrí administratívne do miest Courbevoie, Nanterre a Puteaux.

Množstvo budov vyšších než 150 m: 19 (13; 2; 4) dokončených, 2 vo výstavbe

Využitie výškových budov: Kancelárie (80 %)

Najvyššia budova: Tour First – 231 m

FRANKFURT

Množstvo budov vyšších než 150 m: 17 dokončených, 3 vo výstavbe

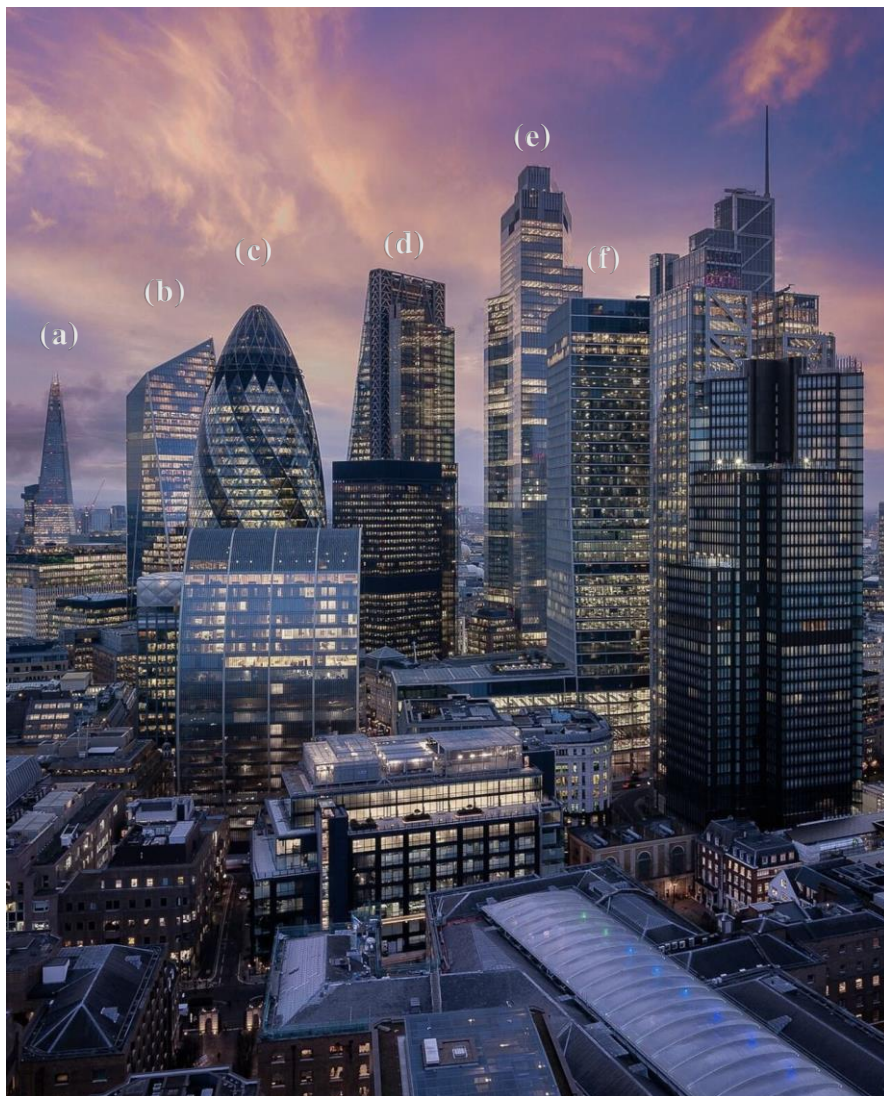
Využitie výškových budov: Kancelárie (70 %)

Najvyššia budova: Commerzbank Tower – 259m

RIEŠENIE TECHNICKÝCH SYSTÉMOV VYBRANÝCH BUDOV V LONDÝNE AKTUÁLNA ŠTATISTIKA DOKONČENÝCH STAVIEB

Výber 40 najvyšších budov v meste

Priemerná výška 40 najvyšších budov	192 m
Budovy dosahujúce viac ako 150 m	40x



Obrázok č. 15 Londýnske finančné centrum, ©Tareq Mooradun

Na obrázku č. 16 je možné vidieť nasledujúce výškové budovy:

The Shard (a); The Scalpel (b); Gherkin (c); Leadenhall Building (d); 22 Bishopgate (e); 100 Bishopgate (f)

Prieskum štyridsiatich najvyšších budov v Londýne

	NÁZOV BUDOVY	DOKONČENÁ	ARCH	NP	VYUŽITIE
1	The Shard	2013	306 m	73	viacúčelové
2	22 Bishopsgate	2020	278 m	62	office
3	One Canada Square	1991	236 m	50	office
4	Spire London	OH	235 m	67	rezidenčné
5	Landmark Pinnacle	2020	233 m	77	viacúčelové
6	Salesforce Tower	2011	230 m	46	office
7	The Leadenhall Building	2014	224 m	52	office
8	Newfoundland Place	2020	220 m	59	rezidenčné
9	Aspen at Consort Place	OH	216 m	67	viacúčelové
10	Valiant Tower	2020	215 m	68	rezidenčné
11	One Park Drive	2021	205 m	58	rezidenčné
12	8 Bishopsgate	2022	204 m	51	office
13	25 Canada Square	2002	201 m	42	office
14	8 Canada Square	2002	200 m	42	office
15	City Tower	OH	199 m	58	rezidenčné
16	Harcourt Gardens	UC (2024)	192 m	56	rezidenčné
17	The Scalpel	2018	190 m	39	office
18	Wardian East Tower	2020	187 m	55	rezidenčné
19	Icon Tower	2022	184 m	52	rezidenčné
20	NatWest Tower	1980	183 m	52	office
21	Tower 42	1980	183 m	43	office
22	The Madison	2020	182 m	55	viacúčelové
23	The Tower, One St George Wharf	2014	181 m	52	rezidenčné
24	30 St Mary Axe	2004	180 m	40	office
25	No.8 Thames City	2022	176 m	54	rezidenčné
26	100 Bishopsgate	2019	172 m	40	office
27	DAMAC Tower Nine Elms	2022	170 m	50	rezidenčné
28	Wardian West Tower	2020	168 m	50	rezidenčné
29	Vauxhall Square North	UC	168 m	49	rezidenčné
30	Vauxhall Square South	UC	168 m	49	rezidenčné
31	One Blackfriars	2019	166 m	50	rezidenčné
32	1 Leadenhall	UC (2024)	165 m	32	viacúčelové
33	Principal Tower	2019	161 m	50	rezidenčné
34	The Broadgate Tower	2008	161 m	35	office
35	20 Fenchurch Street	2014	160 m	36	office
36	River Tower	OH	160 m	42	viacúčelové
37	Halcyon London	UC (2023)	158 m	49	rezidenčné
38	One Churchill Place	2004	156 m	30	office
39	Stanza London	UC (2023)	154 m	34	office
40	25 Bank Street	2003	153 m	30	office

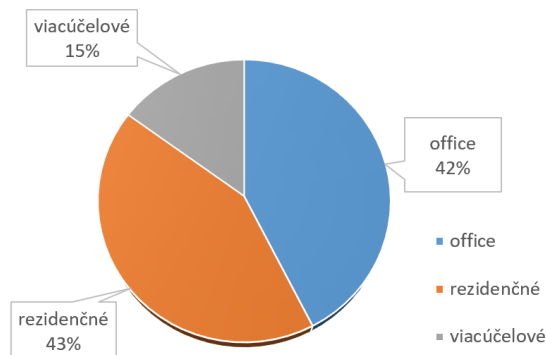
Tabuľka č. 1 Zoznam výškových budov v Londýne - CTBUH

Vysvetlenie k tabuľke:

OH – pozastavená výstavba

UC – vo výstavbe

P – navrhovaný projekt



Graf č. 2 Využitie porovnávaných budov - Londýn

3.1. Prvá ekologická výšková budova v Londýne - 30 St Mary Axe.

Základné informácie o „The Gherkin“:

Rok dokončenia budovy:	2004
Výška budovy (ARCH):	179,8 metrov
Výška budovy (OBS):	167 metrov
Počet nadzemných podlaží:	42
Počet podzemných podlaží:	1
Umiestnenie technických poschodí:	35.NP; 1.PP

RIEŠENIE HYBRIDNÉHO VTRANIA:

Budova je navrhnutá pre hybridné vetranie, kde prirodzené vetranie má zabezpečiť šesť špirálovitých svetelných studní, ktoré sú umiestnené po obvode budovy. Budova bola navrhnutá tak, aby umožňovala prirodzené vetranie oknami, ktoré sa otvárajú až do 32. poschodia, keď je rýchlosť vetra nižšia ako 4,5 m/s a vonkajšia teplota je medzi 20 °C a 26 °C – teda až 40 % roka.[3]

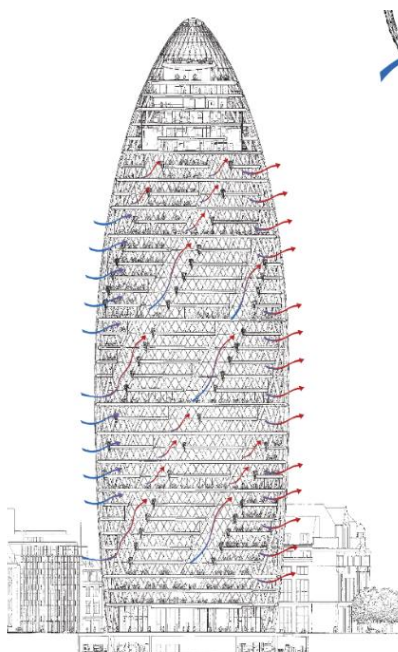
Užívatelia prenajatých priestorov hlásili problémy s komfortom, ktoré bolo zapríčinené prirodzeným vetraním. Na základe týchto podnetov boli doplnené fancoil jednotky do podhľadu a väčšia časť budovy využíva systémy klimatizácie celoročne.[13]

Kotolňa a zdroj chladu sú umiestnené v suteréne, pričom voda z chladiča stúpa do 35. poschodia, kde je odvádzané prebytočné teplo. Toto technické podlažie je umiestnené špičkou a spodnou časťou budovy.

Pre prípad núteného vetrania a tepelnej úpravy sú jednotky priamo pod podlahou, kde zároveň prebieha distribúcia upraveného vzduchu cez podlahové výstky do miestností.



Obrázok č. 16 Pohľad na „The Gherkin“ [3]



Obrázok č. 17 Schéma prirodzeného vetrania [3]

3.2. Najväčšia administratívna budova v Spojenom kráľovstve - 22 Bishopsgate

Základné informácie o „The Twentytwo“:

Rok dokončenia budovy: 2020
Výška budovy (ARCH): 278,2 metrov
Výška budovy (OBS): 269,2 metrov
Počet nadzemných podlaží: 62
Umiestnenie technických poschodí: 7. NP, 25. NP, 41. NP, 58.NP



CERTIFIKÁCIA UDRŽITELNOSTI BUDOVY

BREEAM úrovne Excellent.
WELL Building Standard.®

UMIESTNENIE TECHNICKÝCH PODLAŽÍ

Výrobníky chladu umiestnené v podzemnom podlaží sú pripojené k odparovacím chladiacim vežiam na 58 nadzemnom podlaží. Prerušenie tlaku je realizované na technickom podlaží na 25. nadzemnom podlaží. Toto rozdelenie efektívne vytvára spodný a horný systém, čo si vyžaduje starostlivé vyváženie vo fáze uvádzania do prevádzky, aby sa optimalizovali prietoky a zabezpečil sa výkon pri minimalizácii spotreby energie. V ľavej časti fasády je vidieť prevetrávaciu časť fasády, podľa ktorej sa dá odhadnúť poloha technického priestoru.

Obrázok č. 18 Pohľad na budovu „The Twentytwo“ [14]

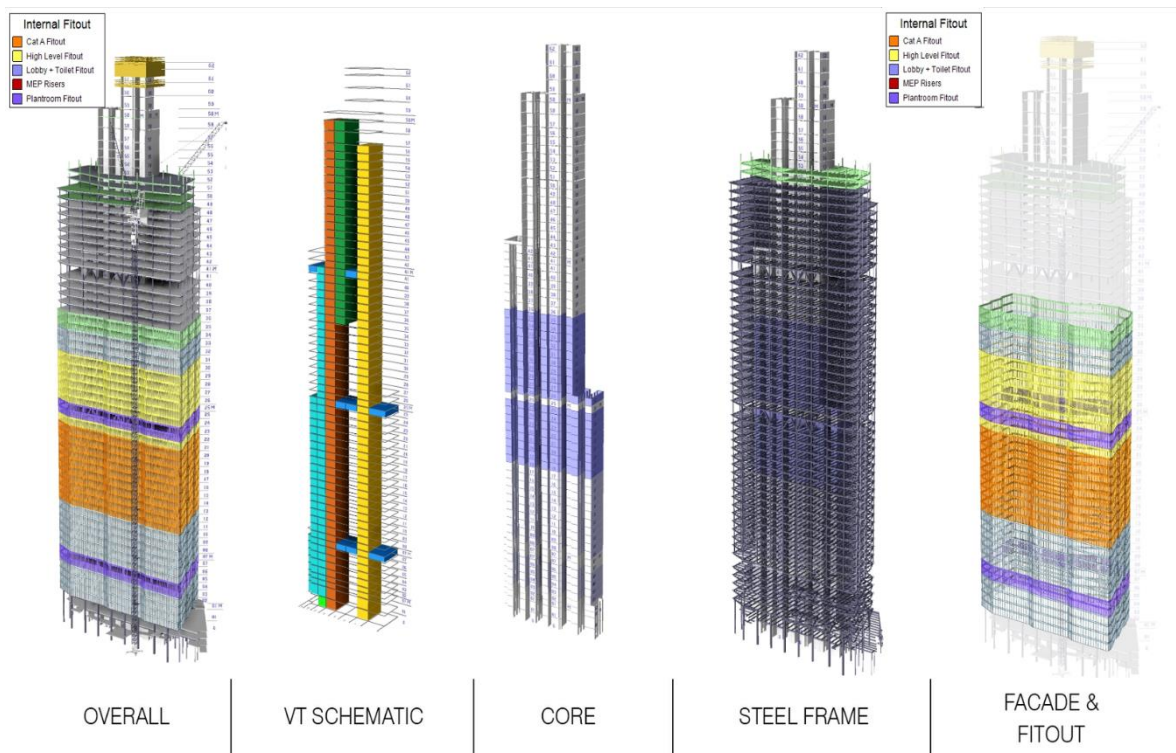
VYKUROVANIE A CHLADENIE

Vysokoučinný klimatizačný systém s výkonom 16 MW chladu je zabezpečený vodou chladenými výrobníkmi chladu s výkonom 4 MW, ktoré sú umiestnené v suteréne. Chladenie okruhu zabezpečuje päť chladiacich veží umiestnených na 58 nadzemnom podlaží. V kancelárskych priestoroch sa nachádzajú fancoil jednotky.

HYDRAULICKÉ ODDELENIE SÚSTAVY:

- 25 poschodie -> 7 výmenníkov pre okruh chladiacich veží, 4 výmenníky pre chladiaci okruh, 2 výmenníky na teplovod;
- Týmto riešením je zabezpečený štandardný statický tlak na zdroji, zdroj je bez špeciálnych armatúr z hľadiska tlaku PN16;

- Okruhy jednotlivých nájomníkov majú svoje výmenníky tepla, ktoré zabezpečia požadovaný tlak na koncových elementoch;
- odpadné teplo – výpary sú priamo odvádzané na strechu a nezaberajú podlahovú plochu typického podlažia;
- Teplovod má veľkú ΔT , veľký rozdiel teplôt na prívodnom a spätočnom potrubí -> výhodou je znižovanie rozmerov potrubia hlavných vetví. [15]



Obrázok č. 19 4D model budovy 22 Bishopsgate [16]

3.3. Výšková budova s najvyššou triedou energetickej účinnosti v UK – 8 Bishopsgate

Základné informácie o 8 Bishopsgate:

Rok dokončenia budovy: 2023
Výška budovy (ARCH): 203,7 metrov
Výška budovy (OBS): 194,3 metrov
Počet nadzemných podlaží: 51
Umiestnenie technických poschodí: 7. NP, 25. NP, 41. NP, 58.NP

CERTIFIKÁCIA UDRŽITELNOSTI BUDOVY

BREEAM triedy outstanding

najvyššia budova v UK s hodnotením EPC triedy A



Obrázok č. 20 Vizualizácia budovy Leadenhall Building (d); 22 Bishopsgate (e); 8 Bishopsgate (f)[17]

VYKUROVANIE A CHLADENIE

- Vyrobníky chladu + chladiace veže na streche;
- Tepelné čerpadlo s rekuperáciou tepla zabezpečuje 45 % ročnej potreby tepelnej energie rekuperáciou tepla z chladiaceho systému, pričom súčasne znižuje spotrebu energie chladiaceho zariadenia;
- Vysokotlakové izolačné ventily

Použitú distribučné elementy (vykurovanie / chladenie):

- Podlahové chladenie;
- 4-trubkové fancoily – riadene belimo EPIV;
- Senzory prítomnosti.

VETRANIE A ÚPRAVA VZDUCHU

- systém jednotiek pre každé podlažie, zónové riadenie prietoku podľa koncentrácie CO₂;
- flexibilita pro rôzne scenáre obsadenosti;
- distribučný systém dimenzovaný na: 50 až 65 m³/h na osobu;
- plne vetrané toalety s priamym čerstvým vzduchom namiesto recyklovaného kancelárskeho vzduchu, ktorý sa zvyčajne používal v kancelárskych budovách pred pandemiou;

- typ filtrov (M5 / F7 alebo MERV13).

VYUŽITIE DAŽĐOVEJ VODY

- zber dažďovej vody;
- na zavlažovanie a splachovanie toaliet na zníženie spotreby vody;
- na dosiahnutie trvalo udržateľného mestského odvodnenia sa použijú pokročilé systémy skladovania a zberu dažďovej vody.

VYUŽITIE KONDENZÁTU

- recyklovanie šedej vody

ZNÍŽENIE TEPELNEJ ZÁŤAŽE

- Použitie automatizovaného systému tienenia namiesto spoliehania sa na užívateľov pri používaní manuálnych žalúzií. Týmto sa znížil chladiacu záťaž budovy o 1,2 MW, čo prinieslo nielen prevádzkové energetické výhody, ale aj zníženie emisií uhlíka a nákladov na klimatizačné zariadenie. [17]

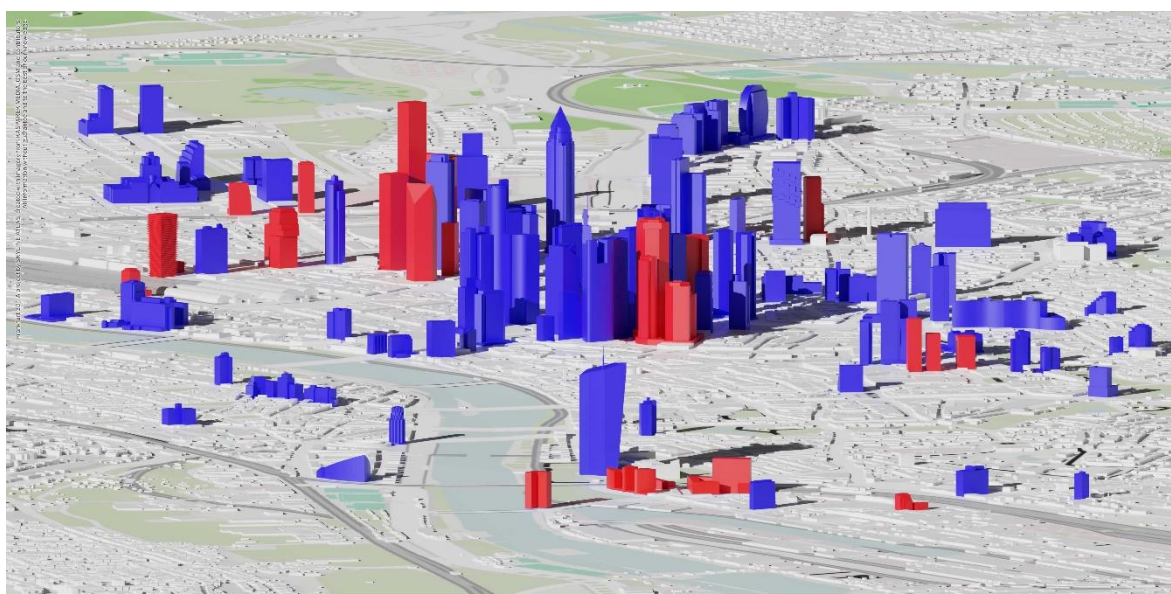


Obrázok č. 21 Koncepcia udržateľnosti budovy Bishopsgate 8 [18]

RIEŠENIE TECHNICKÝCH SYSTÉMOV VYBRANÝCH BUDOV VO FRANKFURTE

Pre Frankfurt je viac ako pre ktorékoľvek iné mesto v Nemecku charakteristická jeho panoráma výškových budov. Keďže táto metropola je jedným z popredných finančných centier v Európe, mnohé banky postavili v centre mesta výškové budovy. Príkladom je aj kancelárska budova Commerzbank Tower, ktorá bola do roku 2022 najvyššou budovou v Európskej Únii. Prvenstvo momentálne drží budova Varso Tower, ktorej strecha dosahuje 230 metrov a s pridaním 80 metrov vysokého a 73 ton vážiaceho stožiaru, čím jej architektonická výška (ARCH) je 310 metrov.

Vo Frankfurte je množstvo zaujímavých projektov, ktoré sa budú realizovať v najbližších rokoch. Existujúce budovy, budovy vo výstavbe a plánované projekty, sú zaznamenávané do mestského 3D modelu, ktorého náhľad je možné vidieť na obrázku č. 24.



SKYLINE
ATLAS

FRANKFURT 2028

<https://www.skylinatlas.com/frankfurt-3d/>

under construction or planned
existing
As of May 2021

Obrázok č. 22 Finančné centrum vo Frankfurte, plánované projekty do roku 2028 [19]

AKTUÁLNE ŠTATISTIKY DOKONČENÝCH STAVIEB

Výber 40 najvyšších budov v meste

Priemerná výška 40 najvyšších budov	154 m
Budovy dosahujúce viac ako 150 m	20

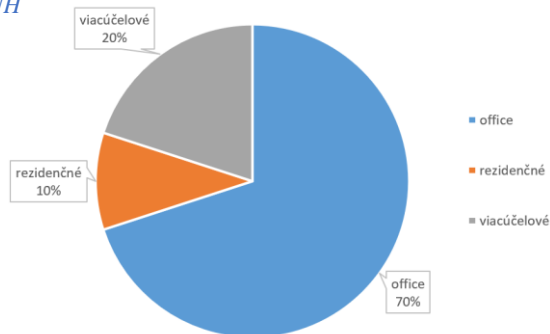
Prieskum štyridsiatich najvyšších budov vo Frankfurte

	NÁZOV BUDOVY	DOKONČENÁ	ARCH	NP	VYUŽITIE
1	Commerzbank	1997	259 m	56	office
2	MesseTurm	1990	257 m	64	office
3	FOUR Frankfurt 1	UC (2023)	233 m	59	viacúčelové
4	Westendstrasse 1	1993	208 m	53	office
5	Tower 185	2011	200 m	50	office
6	Main Tower	1999	200 m	55	office
7	ONE	2022	191 m	49	viacúčelové
8	OMNITURM	2019	190 m	46	viacúčelové
9	Trianon	1993	186 m	45	office
10	ECB - European	2014	184 m	43	office
11	Grand Tower	2020	180 m	51	rezidenčné
12	FOUR Frankfurt 2	UC (2023)	172 m	50	rezidenčné
13	TaunusTurm	2013	170 m	40	office
14	Opernturm	2009	170 m	42	office
15	Silver Tower	1978	166 m	32	office
16	Westend Gate	1976	159 m	44	viacúčelové
17	Deutsche Bank	1984	155 m	40	office
18	Deutsche Bank	1984	155 m	38	office
19	Marieturm	2019	155 m	38	office
20	Skyper	2004	154 m	39	office
21	Eurotower	1977	148 m	39	office
22	One Forty West	2020	145 m	40	viacúčelové
23	Frankfurter Buro-	1980	142 m	40	office
24	City Haus	1974	142 m	42	office
25	Neuer Henninger	2017	140 m	40	rezidenčné
26	Gallileo	2003	136 m	38	office
27	Nextower	2009	136 m	35	office
28	Pollux	1997	130 m	33	office
29	The Spin	2022	128 m	31	viacúčelové
30	Garden Towers	1976	127 m	25	office
31	FOUR Frankfurt 3	UC (2023)	120 m	33	rezidenčné
32	Messe Torhaus	1985	117 m	30	office
33	Parktower	1972	115 m	29	office
34	Japan Center	1996	115 m	27	office
35	Westhafen Tower	2003	112 m	31	office
36	IBC Tower	2003	112 m	30	office
37	Eurotheum	1999	110 m	31	viacúčelové
38	WinX Tower	2017	110 m	29	viacúčelové
39	Büro Center	1966	110 m	27	office
40	Global Tower	1973	109 m	28	office

Graf č. 3 Zoznam výškových budov vo Frankfurte - dáta z CTBUH

Vysvetlenie k tabuľke:

UC – budova vo výstavbe



Graf č. 4 Typ využitia porovnaných budov - Frankfurt

3.4. Najvyššia budova vo Frankfurte - Commerzbank Tower

Základné informácie o Commerzbank Tower:

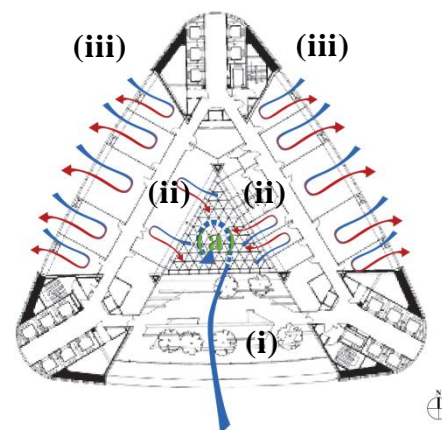
Rok dokončenia budovy:	1997
Výška budovy (ARCH):	259 metrov
Výška budovy (OBS):	194,3 metrov
Počet nadzemných podlaží:	56
Počet podzemných podlaží:	2
Technické podlažia:	2.PP 4-5.NP 51 a 56.NP



Obrázok č. 23 Pohľad na budovu Commerzbank Tower []

SYSTÉM PRIRODZENÉHO VETRANIA A NOČNÉHO CHLADENIA

Každých dvanásť podlaží je vytvorená nasávací a zároveň výfuková oblasť (i), ktorá je tvorená štvorposchodovou záhradou umiestnenou na každej z troch strán budovy ktorá je špirálovito usporiadaná smerom nahor, čo umožňuje vetranie bez ohľadu na smer vetra. Týmto spôsobom vždy existuje náveterná záhrada, ktorá privádza vzduch do centrálného átria, a záveterná záhrada, ktorá ho odvádza. Tieto záhrady „(i)“ sú definované ako chránené vonkajšie priestory, ktoré zmiernujú vplyvy vonkajšieho prostredia. Prirodzené vetranie bolo navrhnuté na 60% ročnej prevádzky budovy.



Obrázok č. 24 Schematické zobrazenie systému prirodzeného vetrania [3]

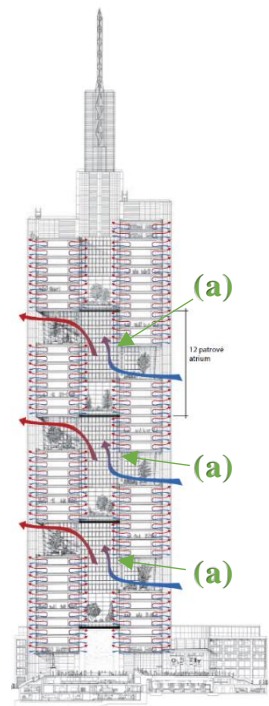
Kancelárie orientované smerom do okolia „(iii)“ sú vetrané priamo cez dvojplášťový fasádny systém, pričom na vnútornej strane „(ii)“ sú okná so spodnými závesmi. Kancelárie orientované dovnútra budovy „(ii)“ sú vetrané prostredníctvom stúpajúceho vztlaku komínového efektu v centrálnom átriu, ktoré spája dvanásť podlaží. Tento vzduch je podporovaný vetrom prúdiacim z náveternej do záveternej záhrady. Systém vertikálneho prevetrávania je zobrazený na obrázku č. 27, kde je znázornený pohyb vzduchu smerom nahor centrálnym átriom z nižšej náveternej záhrady do vyššej záveternej záhrady. Ak by mal prevládajúci vietor opačný smer, prúdenie by sa pohybovalo smerom nadol.

Obrázok č. 26 zobrazuje náveternú záhradu, ktorej priestory spĺňajú aj spoločenskú funkciu. Tieto priestory dosahujúce výšku 14 metrov sú v fasádnej časti vybavené veľkými motorizovanými otočnými oknami, v spodnej časti na prívod vzduchu a v hornej časti na odvod vzduchu. Predovšetkým vďaka podtlaku na záveternej strane budovy a stúpajúcemu vzduchu v centrálnom átriu „(a)“ prostredníctvom komínového efektu je vzduch nasávaný z náveternej strany, pričom postupne nasáva vzduch z kancelárií na vnútornej strane „(ii)“.



Obrázok č. 25 Priestor využívaný pre nasávanie a výfuk, ako hlavný prvok systému prirodzeného vetrania [3]

Po uvedení budovy do prevádzky boli prevedené štúdie, ktoré ukázali, že sa v skutočnosti spotrebuje o 20 % menej energie, ako sa predpokladalo. Taktiež sa spotreba energie od roku 2000 každoročne znižovala. Je to najmä preto, že užívatelia budovy predĺžili obdobie prirodzeného vetrania až na 85 % roka oproti projektovaným 60 %.[3] Pri klimatických podmienkach nevhodných pre prirodzené vetranie sa využíva hybridné vetranie. V prípade, keď je nedostatočný chladiaci alebo vykurovací výkon sú využité chladiace panely, resp. lavicové konvektory.



Obrázok č. 26 Znáozornenie princípu prirodzeného vetrania skrz átrium [3]

3.5. V súčasnosti najhustejšia mestská zástavba v Európe - FOUR Frankfurt

Základne informácie o projekte FOUR Frankfurt:

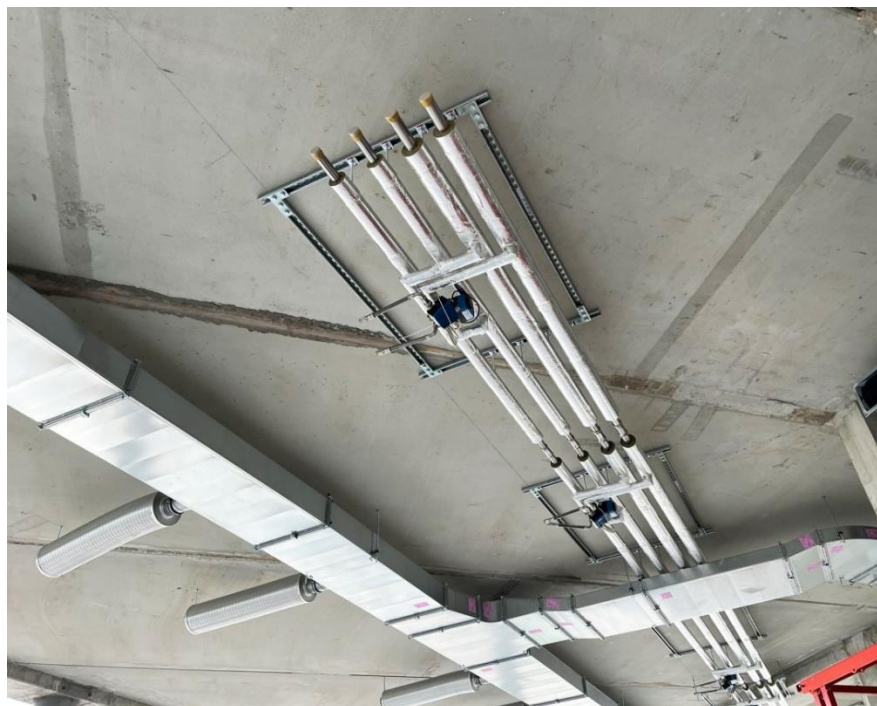
Plánovaný rok dokončenia výstavby:	2024
Výška budov:	233,172,120 a 100 metrov
Počet nadzemných podlaží najvyššej budovy:	59



Obrázok č. 27 Vizualizácia projektu FOUR (zelená), Commerzbank Tower (modrá) [20]

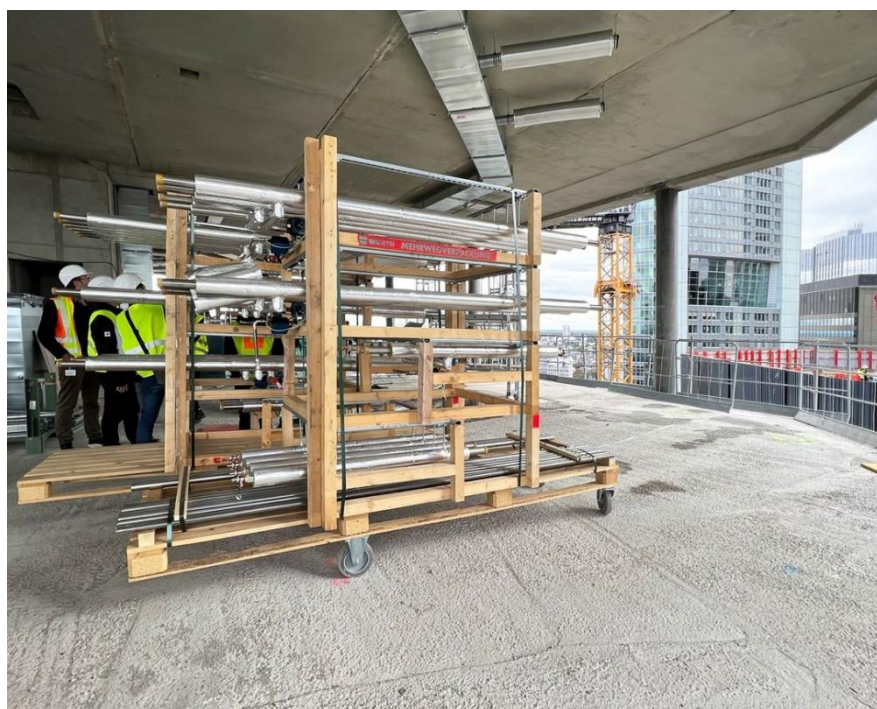
Riešenie typického podlažia:

Zaujímavým riešením na tomto projekte je použitie prefabrikovaných montážnych setov pre rozvody typického podlažia. Jednotlivé sety pozostávajú z potrubia s izoláciou, odbočiek, armatúr, kotviacich prvkov a QR kódu, ktorý umožňuje prístup ku kompletnej výrobnjej dokumentácii.[20] Takéto riešenie má zabezpečiť kvalitnú inštaláciu, dodávku všetkých prvkov distribučnej sústavy a včasnú dokončenosť realizačných prác. Myšlienkou je, že na konci životnosti budovy je možné moduly demontovať a znova použiť.



Obrázok č. 28 Modulová inštalácia prefabrikovaných setov vykurovacej a chladiacej sústavy [19]

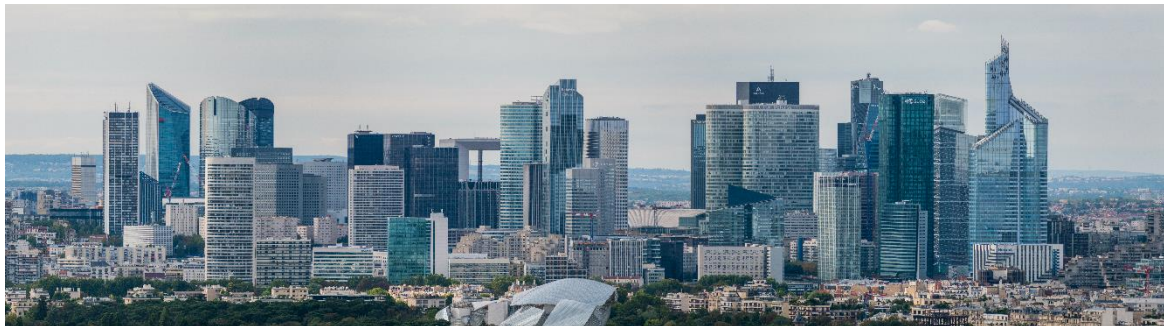
Tieto modulové sety sú na stavbu dovezené tesne pred realizáciou v transportných rámoch, ktoré slúžia taktiež k opakovanému využitiu.



Obrázok č. 29 Transportný vozík s prefarbovanými dielmi od firmy WURTH [19]

Na obrázkoch je taktiež vidieť prípravu vetví pre prívod vzduchu, na ktorých je použitý tlmič hluku. Zapojenie potrubia na koncové prvky je realizované až podľa konkrétnej dispozície jednotlivých častí podlažia. [21]

RIEŠENIE TECHNICKÝCH SYSTÉMOV VYBRANÝCH BUDOV V PARÍŽI



Obrázok č. 30 Obchodná štvrť – La Défense [22]

AKTUÁLNA ŠTATISTIKA DOKONČENÝCH STAVIEB

Výber 40 najvyšších budov v meste

Priemerná výška 40 najvyšších budov	156 m
Budovy dosahujúce viac ako 150 m	23x

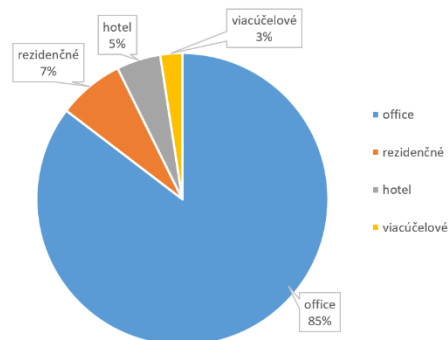
Prieskum štyridsiatich najvyšších budov v Paríži

	NÁZOV BUDOVY	DOKONČENÁ	ARCH	NP	VYUŽITIE
1	The Link	UC (2024)	244,0 m	52	office
2	Tour First	2011	231,0 m	56	office
3	HEKLA	2022	220,0 m	48	office
4	Tour Montparnasse	1973	209,0 m	58	office
5	Tour Majunga	2014	194,0 m	45	office
6	Tour T1	2008	185,0 m	36	office
7	Tour Granite	2008	183,0 m	36	office
8	Tours DUO 1	2021	180,0 m	39	office
9	Tour Saint-Gobain	2019	180,0 m	41	office
10	Tour Total Coupole	1985	179,0 m	48	office
11	Tour Areva	1974	178,0 m	44	office
12	D2 Tower	2014	171,0 m	36	office
13	Tour Alicante	1995	167,0 m	37	office
14	Tour Chassagne	1995	167,0 m	37	office
15	Tour Gan	1974	166,0 m	42	office
16	Tour Carpe Diem	2013	166,0 m	35	office
17	Coeur Defense	2001	161,0 m	39	office
18	Tour ALTO	2020	159,9 m	38	office
19	Tribunal de Paris	2017	159,7 m	38	office
20	Trinity	2020	157,2 m	32	office
21	Tour Adria	2002	155,0 m	40	office
22	Tour Egee	1999	155,0 m	39	office
23	Tour Ariane	1975	152,0 m	36	office
24	Les Poissons	1970	150,0 m	42	viacúčelové
25	Tour EDF	2001	148,0 m	41	office
26	Tour de Bretagne	1976	144,0 m	32	office
27	Tour Dexia	2005	143,0 m	32	office
28	Tour Descartes	1988	140,0 m	40	office
29	Hotel Concorde Lafayette	1974	137,0 m	34	hotel
30	Defense 2000	1974	137,0 m	45	rezidenčné
31	Tour Pleyel	1973	129,0 m	37	office
32	Tour Michelet	1985	127,0 m	34	office
33	Tour France	1973	126,0 m	41	rezidenčné
34	Tour Cristal	1989	126,0 m	29	office
35	Tour la Villette	1973	125,0 m	35	office
36	Tour Prelude	1979	123,0 m	39	rezidenčné
37	Tour Aurore Renovation	2022	123,0 m	35	office
38	Tour Europlaza	1972	122,7 m	31	office
39	Tour Levant	1977	122,0 m	34	office
40	Tour Ponant	1975	122,0 m	34	office

Tabuľka č. 2 Zoznam výškových budov v Paríži - dáta z CTBUH

Vysvetlenie k tabuľke:

UC – vo výstavbe



Graf č. 5 Typ využitia porovnaných budov - Paríž

3.6. Najaktuálnejšia budova vo štvrti La Défense: Hekla Tower

Základné informácie o projekte Hekla Tower:

Rok dokončenia budovy:	2022
Výška budovy:	220 metrov
Počet nadzemných podlaží:	49
Počet podzemných podlaží:	6
Podlahová plocha typického podlažia:	1700m ²
Výška stropu	3 metre



Obrázok č. 31 Vizualizácia budovy HEKLA tower [24]

CERTIFIKÁCIA UDRŽITELNOSTI BUDOVY

Budova bola navrhovaná na splnenie nasledujúcich certifikácií:

WELL triedy silver;

LEED triedy platinum;

BREEAM triedy exceptional [23]

TECHNICKÉ RIEŠENIE PODLAŽIA

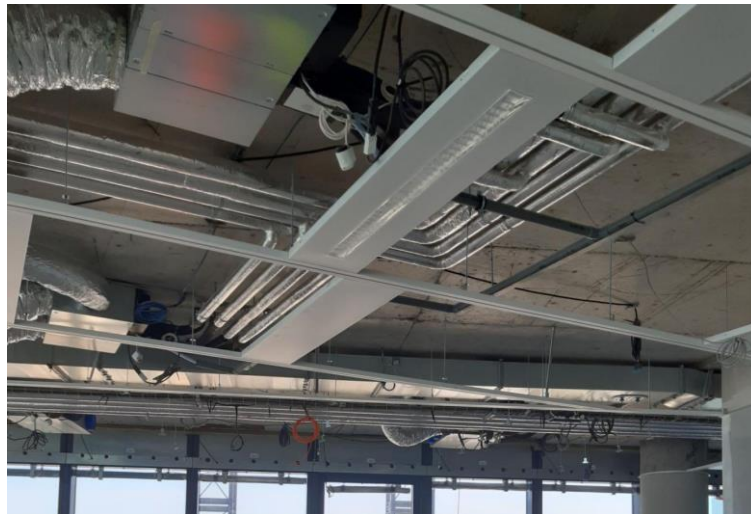
Technické inštalácie sú navrhnuté tak, aby umožnili budove získať najvyššie francúzske a medzinárodné ekologické certifikácie. Zaujímavým prvkom sú decentralizované multifunkčné jednotky "dual-paths mini", ktoré zabezpečia prívod a úpravu čerstvého vzduchu podľa požiadaviek používateľov pre jednotlivé zóny v rámci podlažia. V prípade požiaru táto jednotka slúži na odsávanie dymu od požiaru. V budove je navrhnutých 880 takýchto kompaktných jednotiek, ktoré sú rovnomerne rozmiestnené v podhl'adoch kancelárskych zón. Zaujímavosťou je, že prívod čerstvého vzduchu a odvod odpadného vzduchu je riešený priamo z prvkov integrovaných vo fasáde.

Toto riešenie minimalizuje priestorové nároky na technické miestnosti a zároveň šetrí miesto vo vertikálnych inštaláčnych šachtách. Dôsledkom je väčšia plocha na prenájom v rámci každého poschodia.



Obrázok č. 32 Rozmiestnenie decentralizovaných vzduchotechnických a cirkulačných jednotiek [24]

Veľkou výzvou projektu je prepojenie všetkých jednotiek so zdrojom tepla a chladu z hľadiska monitorovania a regulácie. Ďalšou výzvou je požiarne hľadisko, ktoré súvisí predovšetkým s odvodom vzduchu na fasádu.



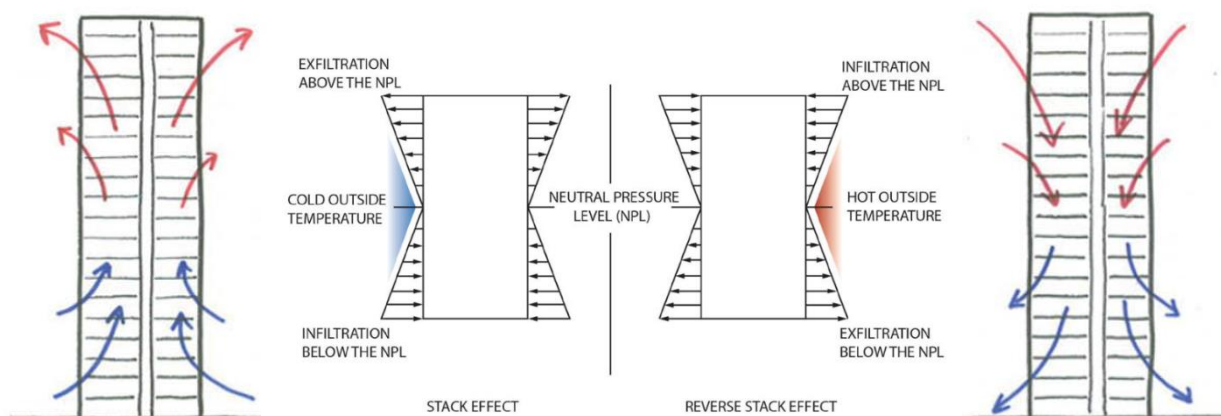
Obrázok č. 33 Koordinácia inštalácií v podhlade kancelárskeho priestoru [25]

Typickým problémom, ktorý je nutné riešiť, je zabezpečenie požiarnej vody do najvyšších poschodí s čo najmenším prípustným tlakom. Dôsledkom je vysokotlakový systém v nižšej časti budovy, kde sú osadené regulátory tlaku, ktoré regulujú tlak na každom poschodí. Pre rýchlu montáž hlavných požiarnych vertikálnych rozvodov bol zvolený prefabrikovaný systém, kde každý diel má svoje výrobné číslo a jasnú polohu pre osadenie.[26]

3.7. Špecifiká riešení technických systémov pre výškové budovy

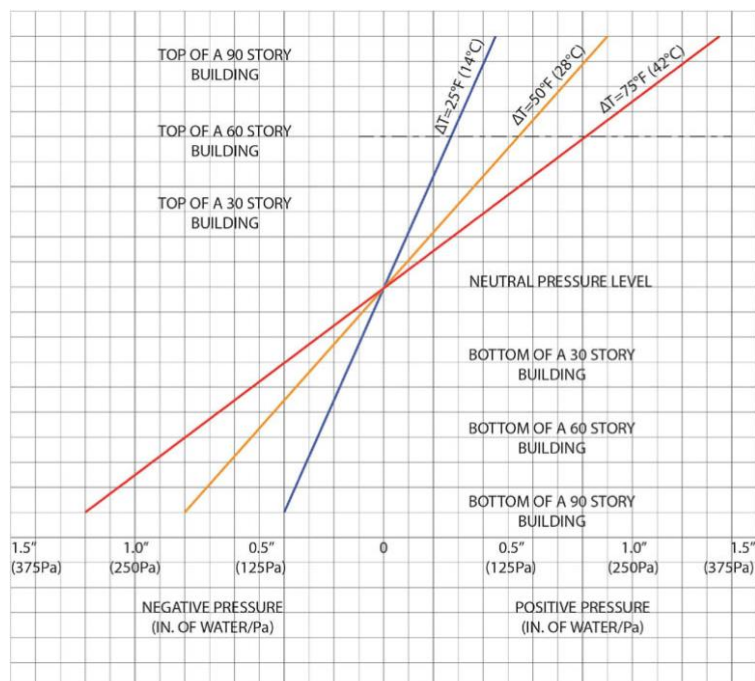
KOMÍNOVÝ EFEKT

Architekt aj projektanti HVAC sa musia spoločne sústrediť na detailný návrh kritických miest a bodov, ktoré môžu byť potenciálnym problémom. Tieto body zahŕňajú minimalizáciu úniku vzduchu do budovy alebo z budovy. Hoci nie je možné úplne utesniť žiadnu budovu, zohľadnením bežných bodov, v ktorých môže vonkajší vzduch vstupovať do budovy a vertikálne sa ňou pohybovať, možno tento problém zmierniť. Medzi miesta kadiaľ do budovy preniká vonkajší vzduch, patria vstupné dvere a brány do budovy, žalúzie na prívod alebo odvod vonkajšieho vzduchu, ktoré sú v budove umiestnené a všetky možné malé trhliny v samotnej obvodovej stene.



Obrázok č. 34 Prúdenie vzduchu spôsobené komínovým (vpravo) efektom a spätným (vpravo) komínovým efektom [1]

Vo vnútri budovy je umožnený priechod vzduchu cez požiarne schodiská, výtahové šachty, mechanické šachty pre potrubia a rozvody a všetky ostatné vertikálne prestupy. U vyššie uvedených bodov sa stavebnými úpravami môže nechcený prietok vzduchu zmierniť, ale často je nutné navrhnuť tlakovú kontrolu privádzaného a odvádzaného vzduchu pre vstupné haly a spoločné priestory, aby sa zabezpečila požadovaná distribúcia vzduchu.



Obrázok č. 35 Teoretický tlakový gradient komínového efektu pre rôzne výšky budov pri alternatívnych teplotných rozdieloch [1]

Ďalším riešením je inštalácia boxov s premenlivým objemom vzduchu (VAV) na každom poschodí pre stúpačky prívodného vzduchu na reguláciu množstva vzduchu; inak môže komínový efekt nepriaznivo ovplyvniť množstvo vzduchu.

V chladnom podnebí je na reguláciu komínového efektu budovy nevyhnutná bilancia vzduchu vo vstupnej hale. V prípade, že by sa tlak vzduchu vo vstupnej hale neriadil, mohlo by to nepriamo ovplyvniť distribúciu vzduchu po celej výške budovy. Z toho dôvodu, sa tlak vzduchu v potrubí odpadného vzduchu kontroluje. V niektorých prípadoch sa môže prívod vzduchu do haly zvýšiť nad vypočítané množstvo privádzaného vzduchu. Systém vo vstupnej hale by mal byť samostatným systémom VAV.

Obecne musí byť navrhnuté pretlakové vetranie v priestoroch pre mechanické klimatizačné a ventilačné systémy. Platí to pre všetky systémy, pri ktorých by sa mala použiť rovnotlaková bilancia vzduchu pre jednotlivé zóny. Platí, že pre všetky prevádzkové podmienky by sa malo privádzať minimálne o 5% viac prívodného vzduchu, ako je kombinácia obehového a odvádzaného vzduchu, a to aby sa zabezpečil pretlak. Výnimkou sú hygienické zariadenia, kde sa z pochopiteľných dôvodov dodržiava podtlakové vetranie.

Body na, ktoré je vhodné sa zamerať:

- Problémy s prevádzkou ventilátora môžu nastať, pokiaľ ventilátory systému nie sú navrhnuté a riadené tak, aby prekonal statický tlak vyvíjaný komínovým efektom.

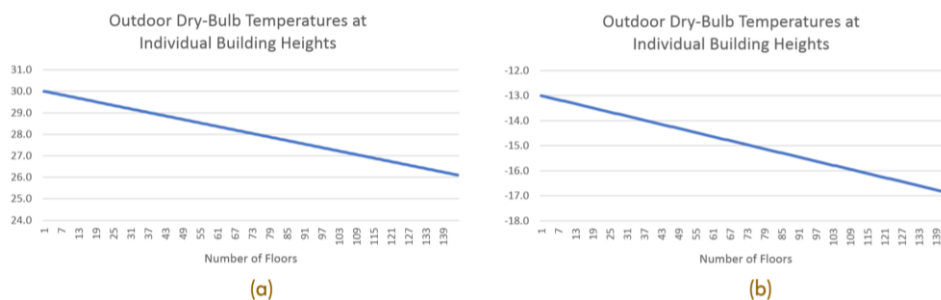
Zamedziť hluk z nadmerného prúdenia vzduchu cez šachty a dvere

- Systémy prívodu vzduchu do budovy a pretlakovania by mali byť konfigurované v krokoch maximálne 20 až 40 poschodí, aby sa uľahčilo účinné pretlakovanie budovy zodpovedajúce efektu komína budovy a profilom tlaku vetra.
- v prípade výťahových šacht môže vnikat' nechcený komínový efekt ak medzi výťahovým lobby a fasádou je voľná cesta bez zvislých konštrukcií alebo ak sú okná otvorené. Hrozí zvýšená infiltrácia a vzduchu skrz fasádu alebo vysoké prúdenie vzduchu, ktoré vytvorí nepríjemný pískavý zvuk.
- Problémy s vykurovaním môžu nastať v nižších častiach budovy, ktoré môže byť ťažké vykurovať kvôli značnému prílivu studeného vzduchu cez vchody a vonkajšiu stenu budovy (spôsobené napr. vyššou priepustnosťou stien, než sa očakávalo).
- Problémy s vykurovaním môžu byť také vážne, že zamrzne voda v potrubí sprinklerového systému, chladiacom potrubí a ďalších vodných systémoch v nižších poschodiach.

ROZDIELNE TEPELNÉ STRATY V RÁMCI VÝŠKY BUDOVY

Ako je všeobecne známe, vlastnosti vzduchu sa v atmosfére menia aj s nadmorskou výškou. Pri supervysokých a vyšších budovách je z tohto dôvodu vhodné zvážiť definovanie tepelných strát pre rôzne výškové úrovne budovy. Takýto návrh môže viesť k optimálnejšiemu dimenzovaniu sústavy a úspore. Na obrázku č. 15 je vidieť teplotné rozdiely v rámci výšky, s čím sú spojené aj tlakové rozdiely spôsobujúce väčšiu infiltráciu vzduchu obálkou budovy.

V sprievodcovi od ASHREA porovnávali tradičnú metódu výpočtu tepelných strát (s uvažovanou konštantnou vonkajšou teplotou pozdĺž celej výšky budovy) s metódou premenlivej teploty, hustoty a tlaku vonkajšieho vzduchu po celej výške budovy.



Obrázok č. 36 Zmena teploty vonkajšieho vzduchu v závislosti od výšky budovy pre leto (a) a zimu (b) [1]

Meranie bolo realizované na 600 metrov vysokej budove, ktorá bola rozdelená do meraných pásiem, kde bola určená priemerná teplota pre jednotlivé pásma. Výsledkom výpočtov pre letný návrhový stav bolo, že tepelné zisky skrz fasádu u metódy s variabilnou teplotou boli nižšie o 6% ako pri výpočtoch s konštantnou teplotou. V zimnom období bola vypočítaná strata vyššia o 5% v prípade výpočtu s variabilnou teplotou.[1] V uvažovanej metóde variabilnej teploty je ročná tepelná záťaž nižšia, takže zdroj chladu by bol menší, rovnako ako aj spotrebovaná energia. V zimnom období je efekt opačný, miera tepelných strát sa zvyšuje s výškou budovy a dôsledkom je zvýšenie spotreby energie na vykurovanie.

Riešenia, ktoré to priamo ovplyvňujú:

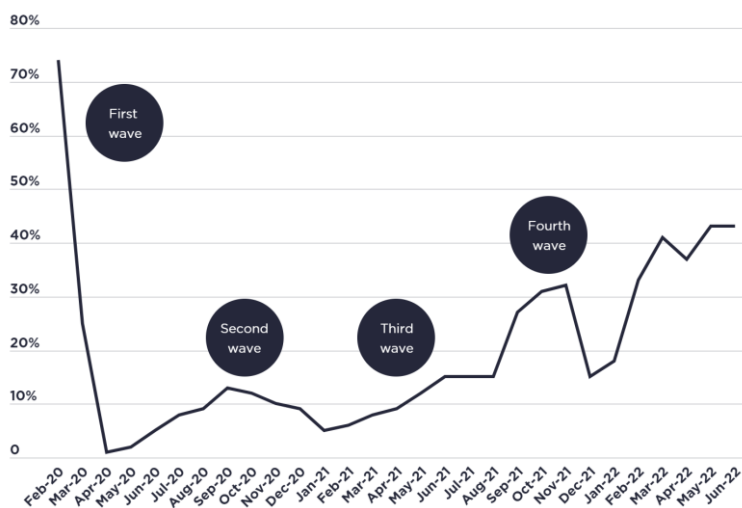
- zníženie solárnych ziskov v užívaných zónach;
- aktívne riadenie tienenia a osvetlenia, ktoré zabezpečí dostatok denného svetla, alebo zníži intenzitu umelého osvetlenia v prípade, že úroveň osvetlenia lokálne presiahne požadované hodnoty;
- využívanie odpadného tepla technických systémov;
- zníženie spotreby ventilátorov a čerpadiel - možným riešením je, že každé poschodie má vlastné riadenie prietokov, dimenzovanie väčších dimenzií potrubia;
- umožnenie, aby sa vnútorná teplota a vlhkosť pohybovali v hraničných medziach komfortu.

Ďalšie špecifiká, ktorými je nutné sa zaoberať (vznik technických podlaží a technických miestností uprostred budovy, integrácia nasávacích a výfukových žalúzií do fasády budov, optimalizácia distribúcie vzduchu budovou, dôsledky parametru podlahovej plochy a výšky typického podlažia) sú popísané v nasledujúcej kapitole.

B.4. PRÍPADOVÁ ŠTÚDIA HVAC

Pre túto štúdiu je vybraná štyridsaťštyri-podlažná budova s dvomi hlavnými účelmi využitia, hotelová a administratívna časť. Pre aplikáciu získaných znalostí je vybrané typické podlažie administratívnej časti budovy. Administratívna časť je navrhnutá od 20.NP do 43.NP, kde každé podlažie je vybavené hygienickým zázemím a prípravou pre „čajové“ kuchynky. Návrh riešenia systému vykurovania, chladenia a vetrania je vybraný pre administratívnu časť a jej typické podlažie. Výber administratívnej časti je zvolený na základe výsledkov z prieskumu tretej kapitoly (najčastejší účel využitia vo výškových budovách).

Je treba podotknúť, že záujem a výskyt nájomcov začiatkom roku 2020 razantne klesol z dôvodu pandémie. Avšak, podľa najnovšej analýzy od Savillis Research sa miera obsadenosti kancelárskych priestorov opäť vracia k vyšším číslam. V závere analýzy sa spomína, že dôraz by sa mal klásť na „zabezpečenie vysoko kvalitného pracovného prostredia v kancelárskych priestoroch“.

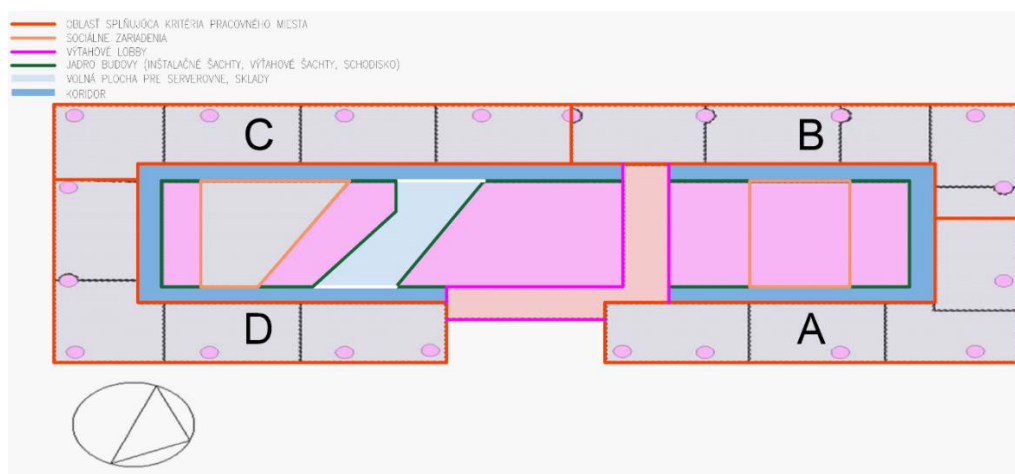


Obrázok č. 37 Priemerná miera obsadenosti kancelárií v Európe [27]

V tejto kapitole sú spomínané a detailne zhodnotené špecifiká systémov HVAC, ktoré je nutné riešiť špeciálne vo výškových budovách.

Administratívne priestory sa obecné realizujú a kolaudujú v tzv. „Shell & Core“. Priestory v stave Shell & Core sú pre firmy ponúkané bez finálnych úprav interiéru s potrebnými prípravami pre riešenie technických zariadení. Konkrétne umiestnenie výustiek, požiarneho hlásičov, sprinklerov a zariadenie osvetlenia alebo potrebných silnoprúdových alebo slaboprúdových zásuviek sa pre jednotlivých nájomcov navrhujú podľa dispozície a účelu tvorených miestností.

Typické podlažie je koncipované maximálne pre štyri samostatne využiteľné zóny. Pre zabezpečenie čo najväčšej flexibility pre nájomcu je systém navrhnutý po moduloch. Pre účel tejto práce boli vytvorené v rámci koncepcie štyroch nájomných celkov menšie miestnosti.



Obrázok č. 38 Rozdelenie typického podlažia na štyri samostatné zóny s prístupom k výťahovému lobby [vytvorené autorom]

Myšlienkou tohto návrhu je vytvoriť systém, ktorý bude reagovať na obsadenosť jednotlivých priestorov a zároveň zabezpečí vysokú variabilitu teploty pre jednotlivé zóny. Technické riešenie systému vykurovania, chladenia a vetrania je popísané v prílohe A.3 a A.4.

Táto kapitola sa venuje porovnávaniam a ich výsledkom, koncepčne vykonanými pred samotným návrhom. Hlavnými bodmi sú porovnanie centrálnej úpravy vzduchu s lokálnou, a mokrého systému chladiacich stropov so suchým. Porovnanie je zamerané na náročnosť technickej a priestorovej uskutočniteľnosti. Bude hľadené na energetickú náročnosť, efektívnosť systému, požiarne nároky a celkový dopad vybraných systémov na ostatné profície.

4.1. Porovnanie centrálnej a lokálnej úpravy vzduchu

Na základe hygienických požiadaviek a zabehtných riešení v ostatných administratívnych budovách som koncepčne porovnával tri varianty systémov vetrania vzduchu pre typické podlažie. V rámci typického podlažia sa uvažuje rovnaké rozloženie koncových elementov pre distribúciu privádzaného a odvodného vzduchu. Rozdiel je v počte a veľkosti vzduchotechnických jednotiek potrebných pre úpravu vzduchu v administratívnej časti budovy.

Rozdiely medzi uvažovanými variantami a ich koncepcia je uvedená nižšie:

VARIANTA A – centrálne jednotky

- upravený vzduch je privádzaný do kancelárskych priestorov
- hygienické minimum vzduchu je odvádzané cez hygienické zariadenia, zvyšok prevádzaného vzduchu z kancelárií je centrálne odvádzaný z priestoru chodby

VARIANTA B – centrálne jednotky

- samostatné vetranie (prívodný a odvodný vzduch) kancelárskych priestorov
- samostatné vetranie (prívodný a odvodný vzduch) hygienických zariadení

VARIANTA C – lokálne jednotky

- samostatné vetranie (prívodný a odvodný vzduch) kancelárskych priestorov - pretlakovo, lokálne jednotky
- samostatné vetranie (prívodný a odvodný vzduch) hygienických zariadení - podtlakovo, centrálna jednotka

Uvedené varianty zabezpečujú rovnaké požadované parametre pre vetranie zón:

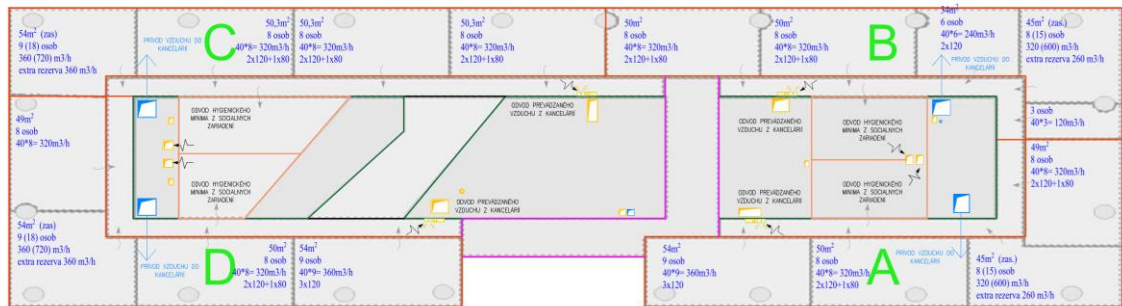
- Prívod čerstvého vzduchu o prietoku	5680 m ³ /h
o Zóna A	1400 m ³ /h
o Zóna B	1400 m ³ /h
o Zóna C	1440 m ³ /h
o Zóna D	1440 m ³ /h
- Teplota prívodného vzduchu kancelárie (leto/zima)	25°C/22°C
- Teplota prív. vzduchu hygienické. zar. (leto/zima)	18°C/18°C
- Relatívna vlhkosť prív. vzduchu kancelárie (leto/zima)	45%/45%
- Relatívna vlhkosť prív. vzduchu hyg. zar. (leto/zima)	neupravuje sa

Výpočet potreby vzduchu v kancelárskych priestoroch je na základe podlahovej plochy, privádzaný vzduch je odvlhčovaný/zvlhčovaný v prípade potreby.

- OBLASŤ SPLŇUJÚCA KRITÉRIA PRACOVNEHO MIESTA
- SOCIÁLNE ZARIADENIA
- VÝTAHOVÉ LOBBY
- JADRO BUDOVY (INŠTALAČNÉ ŠACHTY, VÝTAHOVÉ ŠACHTY, SCHODISKO)

VARIANTA A

CENTRÁLNE VZDUCHOTECHNICKÉ JEDNOTKY



Princíp:

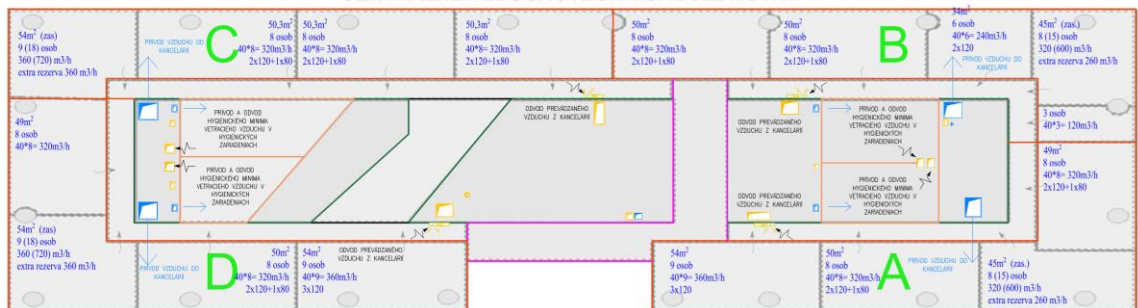
- upravený vzduch je privádzaný do kancelárskych priestorov
- hygienické minimum vzduchu je odvádzané cez hygienické zariadenia, zvyšok prevádzaného vzduchu z kancelárií je centrálné odvádzaný z priestoru chodby

Obrázok č. 39 Princíp vetrania typického podlažia administratívnej časti pre variantu A [vytvorené autorom]

- OBLASŤ SPLŇUJÚCA KRITÉRIA PRACOVNEHO MIESTA
- SOCIÁLNE ZARIADENIA
- VÝTAHOVÉ LOBBY
- JADRO BUDOVY (INŠTALAČNÉ ŠACHTY, VÝTAHOVÉ ŠACHTY, SCHODISKO)

VARIANTA B

CENTRÁLNE VZDUCHOTECHNICKÉ JEDNOTKY



Princíp:

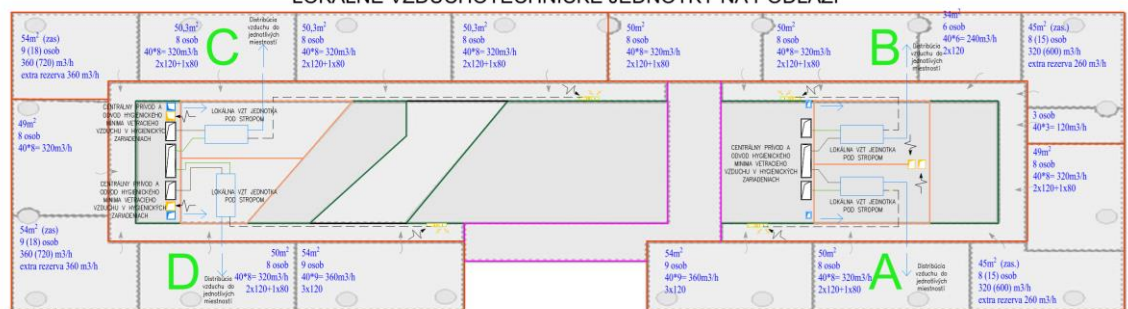
- samostatné vetranie (prívodný a odvodný vzduch) kancelárskych priestorov - pretlakovo
- samostatné vetranie (prívodný a odvodný vzduch) hygienických zariadení - podtlakovo

Obrázok č. 40 Princíp vetrania typického podlažia administratívnej časti pre variantu B [vytvorené autorom]

- OBLASŤ SPLŇUJÚCA KRITÉRIA PRACOVNEHO MIESTA
- SOCIÁLNE ZARIADENIA
- VÝTAHOVÉ LOBBY
- JADRO BUDOVY (INŠTALAČNÉ ŠACHTY, VÝTAHOVÉ ŠACHTY, SCHODISKO)

VARIANTA C

LOKÁLNE VZDUCHOTECHNICKÉ JEDNOTKY NA PODLAŽÍ



Princíp:

- samostatné vetranie (prívodný a odvodný vzduch) kancelárskych priestorov - pretlakovo, LOKÁLNOU JEDNOTKOU
- samostatné vetranie (prívodný a odvodný vzduch) hygienických zariadení - podtlakovo, CENTRÁLNOU JEDNOTKOU

Obrázok č. 41 Princíp vetrania typického podlažia administratívnej časti pre variantu C [vytvorené autorom]

Pre detailnejšie zobrazenie schém viď príloha A.II.

Porovnávanie uvedených variant z energetického hľadiska

Pri centrálnej úprave vzduchu je z hľadiska prevádzkových nákladov veľmi dôležitý návrh vzduchotechnickej jednotky, ktorý by mal spĺňať aktuálne požiadavky Ecodesign (súčasne ErP 2018). Návrh by mal smerovať k zníženiu tlakových strát vetracích súčastí jednotky. Pre zníženie statického tlaku jednotky je potrebné znížiť rýchlosť prietoku vzduchu jednotkou, takže komory jednotky budú rozmerovo väčšie. Nižšími prietokovými rýchlosťami zabezpečíme výrazne nižší odpor pre ventilátory.

Tlakové straty v jednotke sú v prírodnej časti zvyčajne vyššie, z dôvodu početnosti komôr, ktoré slúžia pre tepelnú a vlhkosťnú úpravu. Zároveň je väčší dôraz kladený na filtráciu vzduchu, čo spôsobuje väčší odpor na ventilátore. Z týchto dôvodov je cieľom návrhu znížiť prierezovú rýchlosť vzduchu tak, aby bol vnútorný merný príkon ventilátora vetracích súčastí (SFP_{int}) čo najnižší. SFP_{int} je vyjadrený v $W/(m^3/s)$ a je to pomer medzi vnútornou tlakovou stratou vetracích súčastí a účinnosťou ventilátora stanovenou pre referenčnú konfiguráciu.[28] Maximálna hodnota vnútorného merného príkonu ventilátora sa podľa ErP 2018 počíta rôzne podľa typu jednotky, typu ZZT a nominálneho prietoku vzduchu.

4.1.1. Systém centrálnej úpravy vzduchu

V prvej fáze porovnávania sa sústredím na optimálny návrh jednotiek centrálného systému s ohľadom na spätné získavanie tepla a vlhkosti, potreby tepla a chladu pre tepelné výmenníky a potrebného elektrického príkonu pre úpravu a distribúciu vzduchu. Centrálné jednotky pre administratívnu časť sú umiestnené na 16.NP a 44.NP. Jednotky distribuujú vzduch na rovnaký počet podlaží (dvanásť podlaží) s uvažovanou potrebou $5680 m^3/h$ prírodného vzduchu na podlažie.

VARIANTY A

- Jednotka AHU 01 privádza a čiastočne odvádza vzduch z kancelárskych priestorov
- Jednotka AHU 04 odvádza hygienické minimum vzduchu z hygienických zariadení

VARIANTA B

- Jednotka AHU 03 privádza a odvádza vzduch z kancelárskych priestorov
- Jednotka AHU 05 zabezpečuje vetranie hygienických zariadení (prívod a odvod vzduchu)

POROVNANIE VARIANT CENTRÁLNEHO SYSTÉMU

V tabuľke nižšie je vidieť energetické potreby jednotiek, ktoré zabezpečia požadované parametre vetracieho vzduchu pre obe varianty centrálného systému.

POROVNANIE CENTRÁLNYCH SYSTÉMOV VETRANIA		vodný ohrievač/chladič		el. príkon		SPOLU kW	energetická úspora	Finančné kritérium		Priestorové kritérium	
		léto	zima	ventilátor	vlhčenie			cena [mil. Czk]	investičná úspora	potrebná podlahová plocha	priestorová úspora
VAR A	AHU01+AHU04	318,9	163,9	19,76	67,5	570,06		2,64		23,3	
VAR B	AHU03+AHU05	351,8	172,4	24,4	67,5	616,1	-8%	3,34	-27%	32,4	-39%

Tabuľka č. 3 Konceptné porovnanie variant centrálného systému vetrania

Z výsledkov uvedených v tabuľke č. 3, vyplýva, že výhodnejšou variantou systému vetrania je VARIANTA A (privádzanie čerstvého vzduchu do kancelárií, odvádzanie prevádzaného vzduchu z kancelárií do hygienických zariadení, a časť vzduchu odvádzaná centrálnymi odťahmi). Týmto spôsobom je privádzané menšie množstvo prívodného vzduchu, ktoré nie je nutné tepelne a vlhkosťne upravovať. Výsledkom je, že vzduchotechnické jednotky vo variante A sú o 8% menej energeticky náročné a zároveň sú investičné náklady na jednotky o 27% nižšie. Tím, že do hygienického zázemia nie je privádzaný čerstvý vzduch, je jednotka AHU 04 menšia, čo robí variantu A z pohľadu podlahovej plochy o 39% úspornejšiu. Taktiež nie je nutné realizovať stúpačky prívodného vzduchu do hygienického zázemia, čím sa ušetrí priestor v jadre budovy a zníži sa počet regulačných a požiarých prvkov.

Pre zníženie energetickej náročnosti samotných centrálnych jednotiek som pripravil nasledujúce porovnanie jednotiek s rôznymi konfiguráciami.

KONFIGURÁCIA CENTRÁLNYCH JEDNOTIEK

Jednotky sú zostavené s účelom zníženia energetickej náročnosti. V tabuľke č. je možné výkonové potreby pre úpravu vzduchu o požadovaných parametroch.

ENERGETICKÉ POROVNANIE JEDNOTIEK PRE KANCELÁRIE		prietok vzduchu (+SUP/-ETA)	ENERGIE				
			vodný ohrievač/chladič		el. príkon		SPOLU kW
			léto	zima	ventilátor	vlhčenie	
rotač + ental	AHU 01a	+ 34560/ -26700	308,2	238,1	15,1	97,5	658,9
zmiešavanie 35%	AHU 01b	+ 34560/ -26700	312,4	163,5	14,0	67,5	557,4
rotač + ental	AHU 03a	+ 34560/ -31100	307,2	188,6	17,1	97,5	610,4
rotač + ental + xl	AHU 03a-xl	+ 34560/ -31100	306,5	140,8	17,8	67,5	532,6
zmiešavanie 35%+xl	AHU 01b-xl - dopočet	+ 34560/ -26700	317,4	150,4	14,0	97,5	579,2
zmiešavanie 35%	AHU 03b - dopočet	+ 34560/ -31100	311,4	129,5	15,7	67,5	524,1

Tabuľka č. 4 Porovnanie parametrov jednotiek zásobujúce kancelárske priestory

01/03 a - rotačný výmenník s prevodom vlhkosti; 01/03 b - pridaná zmiešavacia komora; xl - komory jednotky sú o jednu rozmerovú radu väčšie

ENERGETICKÉ POROVNANIE JEDNOTIEK PRE KANCELÁRIE		prietok vzduchu (+SUP/-ETA)	ENERGIE				
			vodný ohrievač/chladič		el. príkon		SPOLU kW
		léto	zima	ventilátor	vlhčenie		
doskový výmenník	AHU 04	+4000/-10680	6,5	0,4	5,8	0,0	12,7
doskový výmenník	AHU 05	+16000/-17820	40,4	42,9	8,6	0,0	91,9

Tabuľka č. 5 Porovnané parametre jednotiek zásobujúce kancelárske priestory

Pozorované rozdiely pri rôznej špecifikácii centrálnych jednotiek:

- pridanie zmiešavacej komory ušetrí 18% energií, investičné náklady na jednotku zníži o 3% (zmiešavanie vzduchu je uvažované v prípade, že teplota vonkajšieho vzduchu sa pohybuje nad 28 °C a pod 10 °C; pomer čerstvého a odpadného vzduchu je 65/35%);
- množstvo odvádzaného vzduchu je pre variantu B vyššie, čím sa zvýši efektívnosť ZZT, zníži potreba tepla na ohrev vzduchu v zime, čím je energetická potreba o 7,4% nižšia na jednotke AHU 03 v porovnaní s AHU 01;
- zväčšenie jednotky o jednu radu zníži prevádzkové náklady na úpravu a distribúciu vzduchu o 12,7%, investičné náklady sú o 11% vyššie.

Číselné zobrazenie výsledkov porovnávania jednotlivých špecifikácií je v tabuľke č 6.

Jednotka	Energetická potreba		Finančné kritérium	
	kW	energetická úspora	cena [mil. Czk]	investičná úspora
AHU 01a	658,93	-1,4%	2,06	
AHU 01b	557,35	15,4%	1,99	3%
AHU 03a	610,37	7,4%	2,07	-0,5%
AHU 03a-xl	532,59	12,7%	2,29	-11%
AHU 04	12,71	86%	0,65	49%
AHU 05	91,93		1,27	

Tabuľka č. 6 Porovnanie vplyvu konfigurácie centrálnych jednotiek z energetického a finančného hľadiska

Záverom porovnania je vybavenie centrálnej jednotky pre kancelársku časť zmiešavacou komorou, viacrakovým chladičom a parným zvlhčovaním. Jednotky budú o jednu rozmerovú radu vyššie ako pôvodný návrh, čím sa zníži prietoková rýchlosť vzduchu v jednotke. Tým sa mierne zvýši spätné získavanie tepla, zvýši sa účinnosť vodných výmenníkov a zníži tlaková strata vetracích súčastí, vďaka čomu je nižší príkon ventilátora.

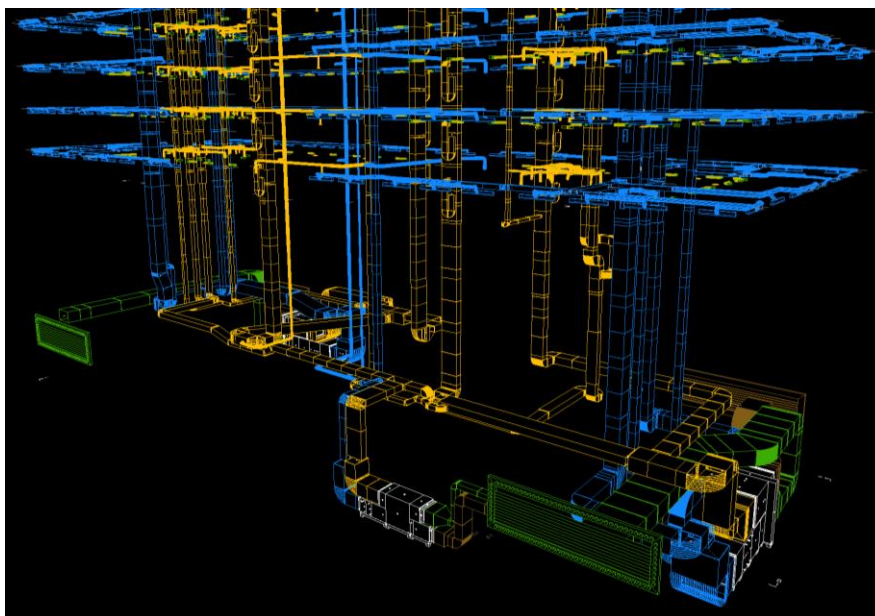
PRIESTOROVÉ POŽIADAVKY A VPLYV CENTRÁLNEHO SYSTÉMU NA STAVEBNÚ ČASŤ

Distribučná sústava vetrania je z hľadiska priestoru najnáročnejšou profesiou, a to má dopad na viacero technických riešení. V tejto podkapitole popisujem najkritickejšie faktory, majúce vplyv na priestorové využitie výškových budov.

Potreba technických podlaží

Systém centrálnej úpravy vzduchu je pre výškové budovy obvyklým riešením po celom svete. Jeho údržba je sústredená na menší počet jednotiek, s dôrazom na nižšie investičné náklady na technológie a efektívnejšie spätné získavanie tepla. Toto sú dostatočne silné argumenty pre uprednostnenie tohto systému pred inými alternatívami.

Nadrozmerná vzduchotechnická jednotka sa vo výškových budovách väčšinou umiestňuje zároveň aj na technické podlažia, kde je vyhradený priestor pre úpravu vzduchu. Vzhľadom k veľkosti vzduchotechnickej jednotky a potreby koordinácie potrubia je výška technického podlažia vo výškovej budove násobná oproti užívanému podlažiu v bežnej budove. Na obrázku č. 42 je vytvorený model centrálneho systému vetrania (VAR A) administratívnej budovy popísaný v rozšírenej technickej správe (príloha A.I). Samotná výška jednotiek, ktoré upravujú viac ako 30 000 m³/h je 4 metre, a potrubie pre tento objem vyžaduje značnú priestorovú koordináciu. Typickým riešením je, že nasávaný čerstvý a vyfukovaný odpadný vzduch prúdi cez protidažďové žalúzie (zelené vonkajší, hnedé odpadný vzduch), ktoré sú súčasťou obálky budovy.



Obrázok č. 42 Model vzduchotechnického systému, [vytvorené autorom v DDS]

Integrácia nasávacích žalúzií do fasády budov

Výškové budovy vznikajú väčšinou v lokalite, kde je nedostatok pôdorysnej plochy. Logickým riešením je stavať do výšky. Takáto výstava je finančne nákladná a s tým je spojené maximálne využitie úžitkovej plochy každého podlažia výškovej budovy. Vysoká hustota obsadenosti na meter štvorcový si vyžaduje ekvivalentnú výmenu vzduchu. To je zároveň dôležité aj kvôli ušetreniu pôdorysnej plochy na objemných inštaláčnych šachtách, ktoré prevádzajú čerstvý vzduch vnikajú technické podlažia.

Nasávanie čerstvého vzduchu je buď riešené integrovanými protidažďovými žalúziami alebo vytvorením vonkajšieho priestoru za fasádou, kde sú umiestnené vetracie mriežky. Vzniknuté vonkajšie priestory bývajú využívané zároveň pre umiestnenie vonkajších jednotiek od multisplitových systémov.

Protidažďové žalúzie sú začiatočným prvkom distribučného systému privádzaného vonkajšieho vzduchu, resp. koncovým prvkom odvádzaného odpadného vzduchu. V prípade výškových budov sú zároveň umiestnené na fasáde, takže musia spĺňať aj estetickú funkciu.

Funkcia priepustnosti dažďu žalúzii je nepriamo úmerná koeficientu prietoku vzduchu, ktorým určujeme potrebnú plochu vyhradenú na fasáde. Návrhová prietoková rýchlosť vzduchu je následne jedným z najdôležitejších parametrov z hľadiska tlakových strát v distribučnom systéme. Na nasledujúcich fotkách, ktoré som vyfotil, môžete spozorovať práve spomínané miesta primárne určené k nasávaniu čerstvého vzduchu.

Na obrázku č.43 je tridsať dva podlažná budova dosahujúca výšku 169/140m (ARCH/OBS) s názvom The Soyak Crystal Tower.

Pár zaujímavých faktov z databázy CTBUH:

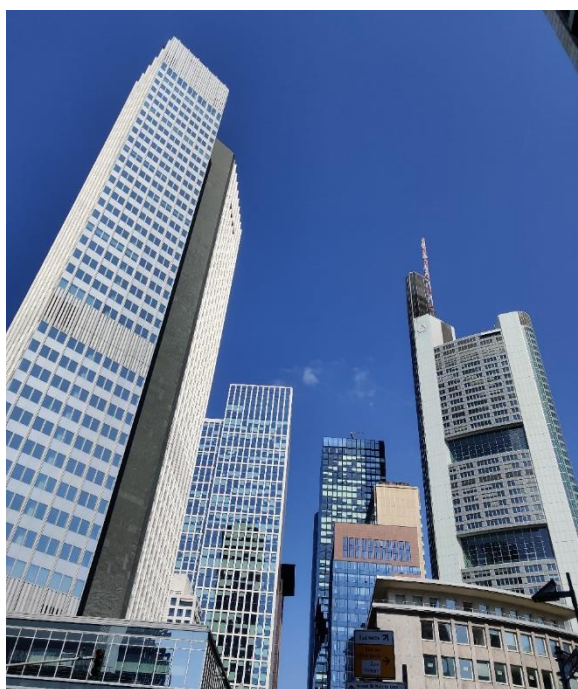
- 8 podzemných podlaží s kapacitou 680 parkovacích miest,
- budovu obsluhuje 26 výťahov, najrýchlejší dosahuje prevádzkovú rýchlosť 7m/s
- pristávacia plocha pre helikoptéru,
- fasáda so integrovaným tieniacim systémom, ktorý zahŕňa chytré riadenie tienenia podľa slnečného žiarenia, aby sa zabezpečilo, že obyvatelia budovy nemusia neustále ovládať stovky žalúzií.

V hornej polovici budovy je vidieť výrazný pás protidažďových žalúzií, pre techniky HVAC.



Obrázok č. 43 Budova The Soyak Crystal Tower, Istanbul [vytvorené autorom]

Na obrázku č. 44 je na ľavej strane, bývalé sídlo Európskej centrálnej banky. Budova s názvom Eurotower má tridsaťdeväť nadzemných podlaží a dosahuje výšku 169m (ARCH). V strednej a zároveň najvyššej úrovni je taktiež vidieť integrované prefukové prvky v rámci fasády pre technické podlažia.



Obrázok č. 44 Budova Eurotower (vľavo), Commerzbank Tower (vpravo), Frankfurt [vytvorené autorom]

Typické riešenie distribúcie vzduchu budovou

Teplotne a vlhkosťne upravený nasávaný vzduch je centrálnou jednotkou poháňaný stúpačkami alebo vzduchovým kanálom a následne privádzaný do jednotlivých podlaží, podľa konkrétnej potreby. Tieto vzduchové kanály sú súčasťou jadra budovy, ktoré okrem toho zahŕňa aj požiarne únikové schodisko, prevádzkové a evakuačné výt'ahy, v niektorých prípadoch aj hygienické zariadenia, a zvyšný priestor je vyhradený pre inštaláčn  a potrubn  rozvody. Je preto v záujme investora, aby priestor pre inštaláčn  a potrubn  rozvody zaberal čo najmenšiu podlahov  plochu na pren jmateľnej časti podlažia budovy. S t m súvisí aj umiestnenie technických podlaží v rámci celkovej výšky budovy, resp. ich koordinácia s hydraulickým oddelen m jednotlivých tlakových pásiem vykurovacej sústavy.

Príkladom, ak y ma vplyv veľkosť inštaláčnych šácht môže byť budova o výške 180 metrov s tridsiatimi siedmymi podlažiami, u ktorej by sa optimálnym umiestnen m technického podlažia ušetril napríklad 1m² podlahovej plochy na kaŕdom poschodí. Tento ušetren y meter štvorcov y na podlaží znamená 37x ro n  príjem z prenájmu tohto priestoru. Optimálnym uloŕen m technického priestoru pre VZT jednotky v rámci výšky budovy sa rieši obsadenosť inštaláčnych šácht v rámci podlaží.

Rovnako d leŕit y parameter ako pren jmateľn  podlahov  plocha, ktor  systémy TZB priamo ovplyvňujú je vyhraden  inštaláčn  výška pre rozvody a koncov  prvky systémov úpravy vnútorného prostredia. Systém navrhnut y za  c lom zn izenia svetlej výšky (vyuŕite podlahy pre distribúciu vzduchu, otvoren  podhľady), ktor y ušetrí napríklad 0,15 metra na konštrukčnej výške. Takto ušetren  výška po násobku počtom podlaží dosiahne aŕ 5,55m (37x0,15m) voľného priestoru pre tvorbu d'als ch podlaží.

Dôsledkom riešenia s ušetren m 5,55m výšky je, ŕe náklady na fasádu sú po pren soben  obvodom budovy o stovky m² niŕšie. Fasáda vo výškových budovách je veľmi d leŕit m prvkom z hľadiska priepustnosti denného svetla a zároveň zamedzenia vonkajšim ziskom a infiltrácie. Pred s casnou krízou sa cena za jeden m² fasády pohybovala v priemere okolo 1100 Eur.

Z vyŕšie uvedených dôvodov som navrhol pre úpravu vnútorného prostredia a distribúciu vzduchu kombináciu systému veľkoplošnych s lav ch systémov umiestnených v strope a nízkych distribu nych elementov pre výmenu vzduchu. Tak to riešenie ušetrí spom nan  výšku oproti konvenčnému riešeni  s anemostatmi.

Ušetren  výška na kaŕdom podlaží m  veľk  dopad aj na celkov  d ŕku vŕetk ch vertikálnych vzduchotechnických, kanaliza nych, daŕd'ových, tepl rsk ch,

chladiarenských, sprinklerových, požiarnych a elektroinštalačných rozvodov. Samozrejme ide taktiež o dopad na objem použitého stavebného materiálu, vrátane staticky dôležitých prvkov, dĺžku výtahových šácht a všetky ostatné elementy, ktoré sú spojené s parametrom výšky.

4.1.2. Systém lokálnej úpravy vzduchu

Druhým riešením vedúcim k úspore priestoru a zvýšeniu komfortu užívateľov je systém lokálnej úpravy vzduchu pre navrhované zóny. Podlažie môže byť rozdelené na viacero zón alebo je tvorené jednou zónou. V prípade podlažia ako jednej zóny sa zvyčajne využíva centrálné nasávanie čerstvého a výfuk odpadného vzduchu.

U podlažia rozdeleného do viacerých zón je možné navrhnúť väčšie jednotky, ktoré zabezpečia kvalitu prostredia pre väčšie časti podlažia, alebo využiť podstropné jednotky, ktoré zabezpečia úpravu vzduchu menších častí podlažia, rozdelených podľa modulov fasády, ako je tomu v Hekla tower v Paríži. Samozrejme, voľba veľkosti zóny závisí od účelu využitia jednotlivých častí budovy alebo podlažia. Vo viacúčelových výškových budovách je možné kombinovať centrálny systém pre časť budovy s kancelárskymi a lokálny systém použiť pre hotelovú, či rezidenčnú časť.

Pri hľadaní kompaktných jednotiek v prevedení podstropnej montáže s možnosťou odvlhčenia a následného dohrevu som narazil na limity lokálneho trhu. Spočiatku som hľadal jednotku o prietoku zhruba $500\text{m}^3/\text{h}$, ktorá bude vybavená vodným chladičom, v smere prúdenia za chladičom umiestneným vodným ohrievačom. Ďalšou požiadavkou bolo aktívne vlhčenie vzduchu (parné vlhčenie). Vzhľadom k požiadavke malej výšky jednotky pripadal do úvahy jedine doskový výmenník, ktorý som sa pokúšal nájsť entalpický. Takto kompaktnú jednotku sa mi nepodarilo nájsť u žiadneho výrobcu ani po konzultácií nakonfigurovať.

Ďalším riešením lokálneho systému bola jedna jednotka pre štvrtinu podlažia, čo je zhruba prietok $1400\text{m}^3/\text{h}$ privádzaného vzduchu. Jedinou možnosťou, ktorú som našiel bolo vytvorenie modulej jednotky s všetkými požadovanými komorami pekne za sebou. Po zistení, že jednotka pre polovicu podlažia (o prietoku $2800\text{m}^3/\text{h}$ privádzaného vzduchu) sa taktiež vojde pod strop vznikli dve uvažované rozmerové varianty. Z hľadiska konfigurácie lokálnych podstropných jednotiek pripadali v úvahu taktiež dve varianty - hliníkový doskový výmenník (AHU X) a doskový výmenník s prenosom vlhkosti (AHU Y).

ENERGETICKÉ POROVNANIE LOKÁLNYCH SYSTÉMOV			Spotreby energií na jednotke				Potrebný výkon			
			vodní ohřivač/chladič		el. příkon		spolu	počet jednotiek	spolu	
LOKAL V1a	AHU X01a	+ 1400/-1260	16,7	2,7	0,78	7,5	27,68	96	2657,28	
LOKAL V1b	AHU X02b	+ 2800/-2520	30,8	6,1	2,01	18,8	57,71	48	2770,08	
LOKAL V1a/b	AHU WC	+16000/-17820	40,4	42,9	9,5	0	91,93	2	183,86	
Potreba energií pre úpravu a distribúciu vzduchu (bez regulačných elementov)							X01+WC	2841,14	X02+WC	2953,94
LOKAL V2a	AHU Y01a	+ 1400/-1260	13,62	11,41	0,71	3,8	29,54	96	2835,84	
LOKAL V2b	AHU Y02b	+ 2800/-2520	27,24	22,81	1,56	8,36	59,97	48	2878,56	
LOKAL V2a/b	AHU WC	+16000/-17820	40,4	42,9	9,5	0	91,93	2	183,86	
Potreba energií pre úpravu a distribúciu vzduchu (bez regulačných elementov)							Y01+WC	3019,7	Y02+WC	3062,42

Tabuľka č. 7 Lokálne jednotky pre administratívnu časť budovy

Po výsledkoch porovnania boli navrhnuté centrálné vzduchotechnické jednotky so špecifikáciou popísanou v podkapitole 4.1.1. Energetická potreba pre úpravu vzduchu v kritických klimatických podmienkach je 2344kW. Je nutné podotknúť, že sa jedná o návrhový stav, ktorý sa v roku vyskytne zriedka. Súhrn výkonových potrieb je vidieť v tabuľke č. 6. Podrobný návrh jednotiek všetkých vzduchotechnických jednotiek je v prílohe C.5.

POTREBA ENERGIÍ PRE CENTRÁLNY SYSTÉM ÚPRAVY VZDUCHU (energie potrebné pre VZT jednotky)			Spotreby energií na jednotke				ENERGIA za systém		
VARIANTA	označenie jednotky	prietoky vzduchu	vodní ohřivač/chladič		el. příkon		spolu	počet jednotiek	spolu
			léto	zima	ventilátor	zvlhčenie	kW	ks	kW
CENTRAL	AHU 01; AHU 04	+ 34560/-26700	438,9	88,6	14,12	48,8	590,79	2	1181,58
	AHU 02; AHU 03	+ 33750/-27240	428,3	78,6	13,62	48,8	569,69	2	1139,38
	AHU 05+ AHU 06	+ 2910/-10680	6,5	0,4	4,25	-	11,52	2	23,04
Potreba energií pre úpravu a distribúciu vzduchu (bez regulačných elementov)									2344

Tabuľka č. 8 Centrálna jednotka pre administratívnu časť budovy

Jednotky boli porovnávané pre letný a zimný návrhový stav. Tento stav bol uvažovaný pre okrajové klimatické podmienky:

- Teplota nasávaného vzduchu v lete +32 °C
- Teplota nasávaného vzduchu v zime -15 °C.

Pre detailnejšie porovnanie je vhodné spraviť simuláciu ročnej spotreby energií pre varianty lokálnej a centrálnej úpravy vzduchu

Zhrnutie

Z tabuľky č. 7 je vidieť, že návrhový stav zvláda energeticky výhodnejšie centrálny systém, a to približne o 20% v porovnaní s lokálnym systémom s podstropnými jednotkami na každom podlaží. Jednotky centrálného systému (viď tabuľka č. 6) (10,3mil CZK) sú oproti jednotkám pre lokálny systém (26,3 CZK) lacnejšie o necelých 60%.

Z pohľadu nákladov je nutné zmieniť, že v prípade lokálneho systému budú náklady za rozvody chladu, tepla alebo elektroinštalácie násobne vyššie vzhľadom k väčšiemu množstvu rozvodov a s tým spojených prác. Taktiež je treba myslieť na relatívne náročnú údržbu samotných lokálnych jednotiek. Podstropné jednotky sú umiestnené v priestoroch

nájomcu, čo môže byť v prípade údržby alebo nutného servisu obmedzujúce pre užívateľov priestoru. V prípade centrálnych jednotiek je jednoduchšie kontrolovať stav filtrov v jednotách, prípadné poruchy alebo realizovať servis.

Z pohľadu zabezpečenia komfortu prináša lokálny systém možnosť privádzania vzduchu s vlastnosťami zvolených podľa preferencií nájomcu. Pre danú zónu podlažia si nájomca môže na svojej jednotke nakonfigurovať vyšší stupeň filtrácie, alebo v priebehu času meniť požadované parametre vzduchu (teplotná a vlhkosťná úprava) pre dané ročné obdobie. Má možnosť nastavenia vlastného časového plánu pre vetranie priestoru. V prípade centrálného systému je regulácia jednotlivých zón komplikovaná a prípadné zmeny sú finančne nákladné.

Systém lokálnych jednotiek je z hľadiska merania spotreby a rozdeľovania nákladov na energie pre jednotlivých nájomcov jednoduchší a pravdepodobne spravodlivejší.

Zhrnutie uvažovaných vzduchotechnických systémov			Porovnanie CENTRÁL vs LOKÁL
Varianta	Použité jednotky	kW	
Centrálny systém	AHU 01; AHU 02; AHU 03; AHU 04; AHU 05;	2344	-
Lokálny V1a	X01+WC	2841	-17%
Lokálny V1b	X02+WC	2954	-21%
Lokálny V2a	Y01+WC	3020	-22%
Lokálny V2b	Y02+WC	3062	-23%

Tabuľka č. 9 Zhrnutie výkonových potrieb uvažovaných variant

4.2. Teplotná úprava kancelárskych priestorov

Pre zabezpečenie najvyššieho komfortu je zvolený systém distribúcie tepla a chladu primárne radiáciou za použitia plošného stropného systému. Pre zvýšenie celkovej energetickej účinnosti systému je výroba chladu rozdelená pre stropy výrobníkom chladu VCH2 o teplotnom spáde 14/18°C a VCH2 zásobuje chlad o teplotnom spáde 5/11°C do vzduchotechnických jednotiek a FCU jednotiek. Z hľadiska požiadaviek montáže, stavebných požiadaviek, variability tvorby dispozície prenajímateľného priestoru sú porovnané podmietkové systémy a prefabrikované stropné panely. Distribúcia tepla a výkonové možnosti týchto systémov sú podobné, veľkým rozdielom je však spôsob montáže.

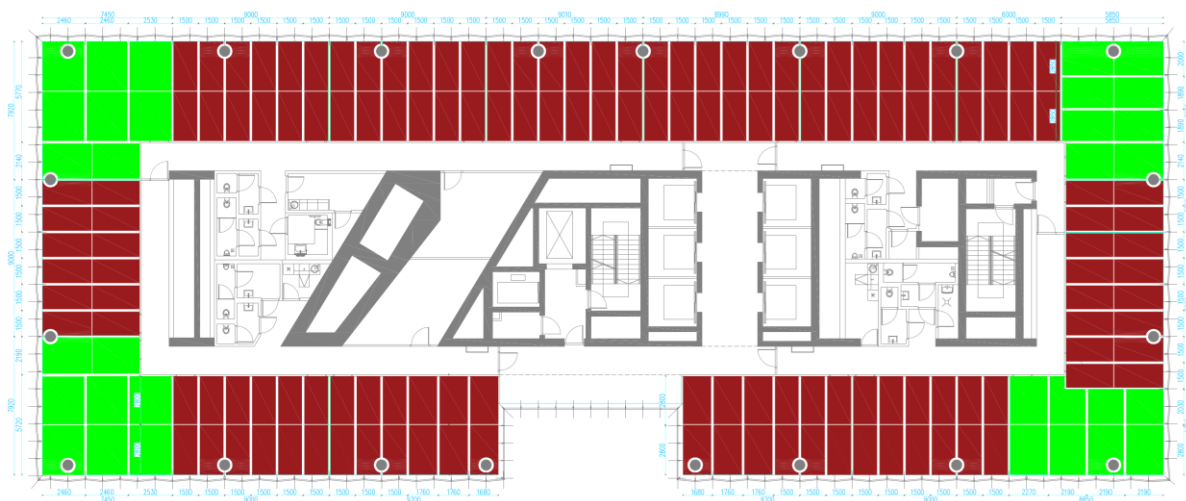
4.2.1. Mokrý systém montáže

V závislosti od zvoleného typu plošného systému sa líši technologický postup a aj výhody a nevýhody, ktoré systém má. Hlavné body pre zváženie okrem finančnej stránky sú: dĺžka realizácie, chladiaci výkon a účinnosť, doba odozvy systému, minimálna

konštrukčná výška systému, uskutočniteľnosť netypických detailov. Vyššie uvedené parametre sú ovplyvnené umiestnením registrov v rámci výšky stropnej dosky. Možnosťami uloženia systému sú (i) aktivácia betónového jadra (uloženie potrubia v strednej časti stropnej dosky), (ii) systém aktívnej krycej vrstvy (registre uložené v spodnej časti dosky) alebo (iii) podlahové systémy (systém umiestnený v betónovej mazanine). Ako zástupcu som zvolil podomietkový systém, ktorý je vhodné realizovať už v rámci výstavby budovy alebo fázy „Shell & Core“, tak ako aj ostatné mokré systémy.

V prípade, že realizácia plošných chladiacích a vykurovacích systémov prebehne už v rámci výstavby budovy, je nutné navrhnuť rozmiestnenie okruhov tak, aby bola zabezpečená variabilita pre tvorbu budúcej dispozície. Pri návrhu je nutné taktiež dbať na vyhradený priestor pre montáž osvetlenia, sprinklerových hlavíc, koncových elementov vzduchotechniky, EPS hlásičov a ďalších prvkov montovaných na strope. Na obrázku č. 47 je možné vidieť modulové rozdelenie, kde sú navrhnuté stropné registre o šírke 1,5m medzi ktorými je vytvorený montážny priestor.

Treba podotknúť, že akákoľvek tvorba uzatvoreného podhl'adu znižuje efektívnu chladiacu alebo vykurovaciu plochu. Možnou alternatívou je vytvorenie konštrukcie, na ktorú by sa spomenuté prvky montovali. Prípadné vzduchotechnické potrubie a ostatné rozvody budú pre tento systém priznané, aby sa efektívna plocha a účinnosť systému znižovala minimálne.



Obrázok č. 45 Modulové rozloženie systému chladiacich stropov [vytvorené autorom]

Jednotlivé okruhy sú zapojené v súprudom zapojení na šesťcestný ventil, ktorý je riadený termostatickým ovládačom umiestneným v danej zóne. Okruhy sú uchytené na stropnú nosnú konštrukciu s kontaktným mostíkom. Potrubie je namotané v jednom kuse

do dvojitého meandru, ktorý teplo lepšie rozloží po ploche. Následne je aplikovaná vápenno-cementová omietka s čo najvyšším súčiniteľom tepelnej vodivosti o hrúbke 2,5 až 4cm, ktorá za kontrolovanej konštantnej teploty postupne schne.

Pre zabezpečenie vysokej variability je okrem základného rozmiestnenia šesťcestných ventilov vytvorená príprava s odbočkami a guľovými kohútmi, ktoré umožnia prídanie šesťcestného ventilu a tým vytvorenie ďalšej regulačnej zóny.

4.2.2. Suchý systém montáže

Pre výber vhodného systému je nutné zvážiť rovnaké kritéria, aké boli popísané v časti 4.2.1 Mokrý systém montáže. Pre moju prípadovú štúdiu som zvolil akustické panely s integrovaným potrubím 10,1 x 1,1mm a roztečou 36 mm ukladané do špirály. Z pohľadovej strany je doska dierovaná a zo zadnej strany je nalepené čierne akustické rúno, čím je docielený vysoký účinok pohlcovania hluku.



Obrázok č. 46 Akustický chladiaci strop, REHAU [30]

Výhodou systémov suchej montáže je rýchlá montáž, rýchlá reakcia systému a následná regulácia teploty v priestore. Suchý systém montáže je technologicky menej náročnejší v porovnaní s mokrým procesom, kde je nutné kontrolovať a zabezpečiť stabilné podmienky pri a po aplikácii vrstvy omietky.

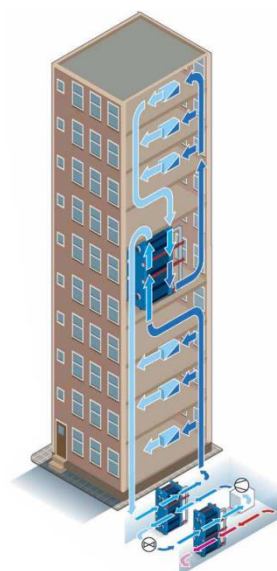
Na základe požiadaviek nájomcov jednotlivých podlaží a ich zón je prefabrikovaný systém flexibilnejšou variantou. Na rozdiel od mokrých systémov, ktoré sa realizujú už pred známou dispozíciou podlažia, sa u systémov suchej montáže navrhnu okruhy a regulačné zóny systému vykurovania a chladenia na základe konkrétnych požiadaviek. Pre priestory, ktoré nebudú po dokončení budovy obsadené je vhodné uvažovať dočasný systém temperácie priestorov. Z hľadiska investičných nákladov je možné vymedziť určitú časť

budovy pre mokrý systém, kde táto časť budovy bude pripravená pre nájomcov. Zvyšná časť podlaží môže byť vybavená rozvodmi s pripravenými odbočkami pre šesť cestné ventily a napojenie stropných dosiek.

Hydraulické vyváženie

Vo výškových budovách sa v distribučnej sústave vyskytuje vysoký statický tlak, ktorý môže prekročiť hranicu bežne zvládnuteľnú pre kondenzátor výrobníku chladu, alebo iných častí distribučnej sústavy. Zariadenia ako fancoil jednotky, plošné chladiace stropy alebo indukčné jednotky sú štandardne konštruované v tlakovej rade PN6.

Doskový výmenník tepla sa umiestni v rámci výšky budovy tak, aby udržal tlak v oddelených okruhoch na prijateľnej úrovni – o požadovanom menovitom tlaku. Doskové výmenníky tepla je možné rozmiestniť do rôznych úrovní v budove, obmedziť tlak a znížiť nároky na čerpadlá, potrubné rozvody a ventily.



Obrázok č. 47 Použitie doskového výmenníka ako regulátoru tlaku [32]

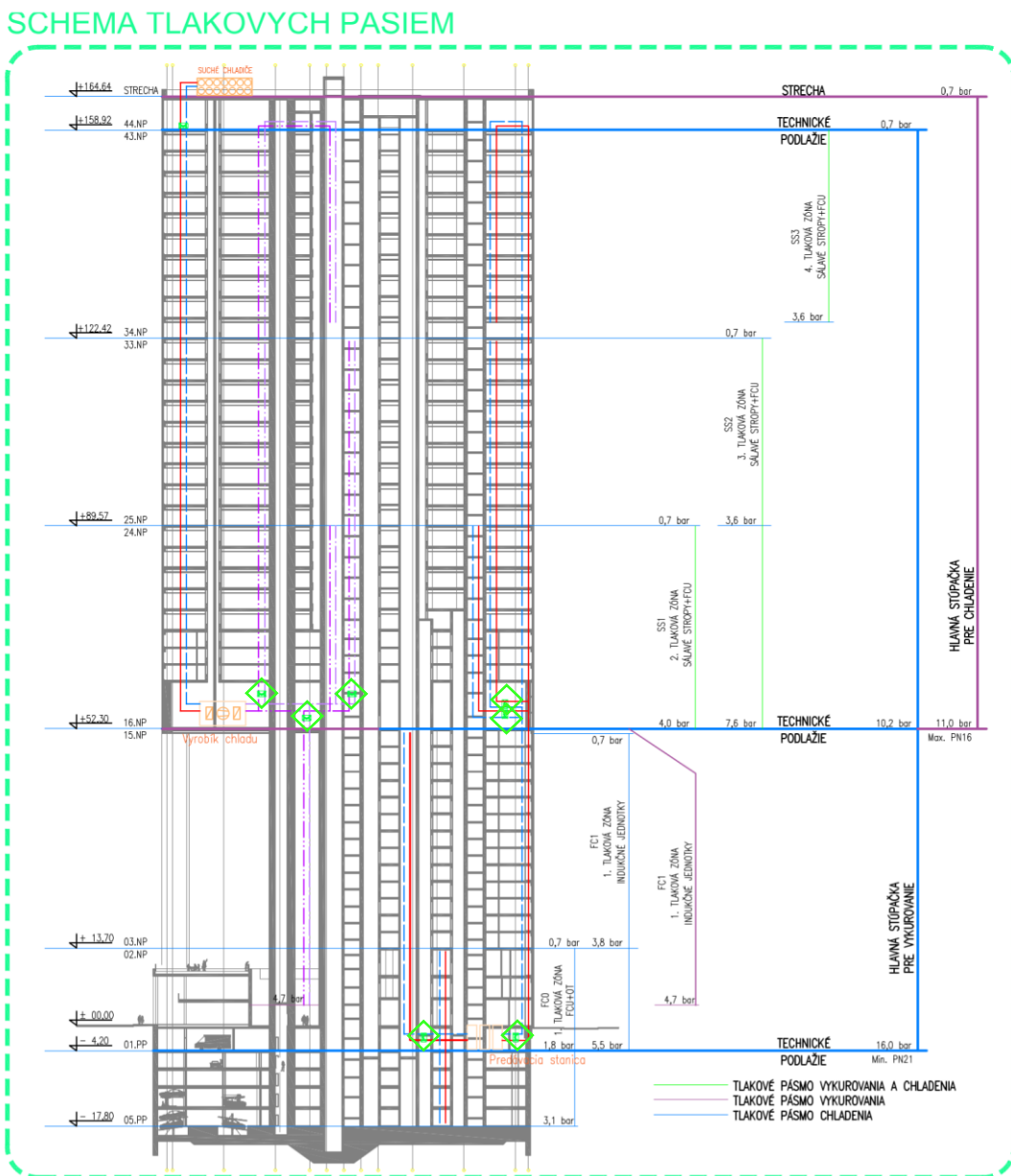
Je dôležité podotknúť, že výmenník stráca určitú časť energie na teplonosnej ploche, takže vhodným návrhom je paralelné zapojenie, aby sa zbytočne nestrácalo teplo. Vďaka použitiu doskových výmenníkov ako oddeľovačov tlaku, je celý systém navrhnutý na rozdielne tlakové rady. To znamená úsporu nákladov vynaložených na chiller, vzduchotechnické jednotky a ostatné súčasti systému. Výmenníky sú veľmi kompaktné a nevyžadujú neštandardnú výšku podlažia.



Obrázok č. 48 Doskový výmenník s napojením potrubného systému Vitaallic [31]

Výmenníky nie sú zdrojom vibrácií ani rušivého hluku. Doskové výmenníky tepla obvykle nevyžadujú žiadnu údržbu, s výnimkou plánovanej údržby, ktorá spočíva vo výmene tesnenia (každých 10-12 rokov). [32]

Na obrázku č. 49 je vidieť schéma, kde tlakové pásma boli rozdelené za účelom použitia čo najmenšieho počtu doskových výmenníkov. Zároveň bol kladený dôraz na dodržanie menovitého tlaku (PN6) v úrovniach jednotlivých okruhov pre VZT jednotky, plošné stropy, fancoil jednotky. Výkres je prílohou práce v časti A.II (výkres č. HC.02).

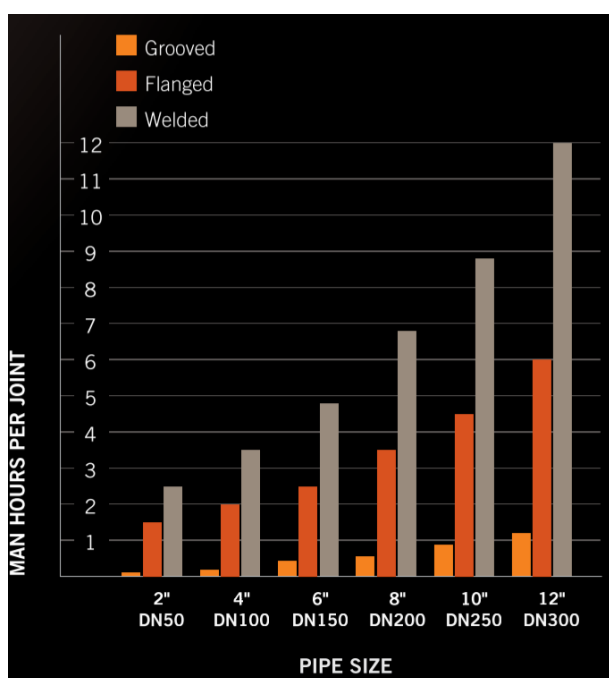


Obrázok č. 49 Rozdelenie tlakových pásiem systému vykurovania a chladenia (výkres č. HC.02)

Potrubný systém vykurovacej a chladiacej sústavy

Stavby komplikované na koordináciu sú už niekoľko rokov projektované v 3D softwaroch a BIM modeling je už neodlučiteľnou súčasťou výškových budov. Za ideálneho stavu sú všetky profesie vo fáze projektovania skordinované a modulový systém šetrí čas potrebný na montáž vykurovacieho, chladiaceho, požiarného alebo kanalizačného systému.

Aj vďaka tomu sú prefabrikované potrubné systémy obľúbeným a overeným riešením v strojniciach a hlavných stúpačkách pre systém vykurovania a chladenia. Výrobca udáva, že systém spájania drážok s pružnými spojkami je oproti zváranému alebo prírubovému spoju násobne rýchlejší, čo udáva aj Graf č. 2.



Graf č. 6 Trvanie montáže potrubia rôznymi spojovacími systémami [31]

Osa x zobrazuje rôzne dimenzie ocelového potrubia

Osa y zobrazuje celkový čas strávený kompletnej montáže pre:

- drážkový mechanický spojovací systém (Grooved);
- prírubové spoje (Flanged);
- spájanie zváraním (Welded).

Takto rýchla montáž je aj v prípade dimenzií DN200 a väčších, a v prípade drážkovacieho spojovacieho systému, veľmi bezpečným spôsobom vzhľadom k absencii zvárania. Ďalšou výhodou je, že v rámci návrhu kompletného systému a jeho prvkov je zahrnutý návrh riešenia teplotných dilatácií, vrátane návrhu pevných bodov a výpočtov síl do nich pôsobiacich.

ZÁVER

Plánovanie a výstavba výškových budov je v niektorých ohľadoch špecifická oproti plánovaniu a výstavbe nízkopodlažných budov. Rozdiely sa však neprejavujú len v konštrukčnej časti, ale aj v riešeníach systémov technických zariadení budov. Cieľom tejto časti práce bolo poskytnúť základný prehľad riešení systémov úpravy vnútorného prostredia výškových budov a s tým súvisiacich okolností, ktoré treba brať do úvahy. Práca najmä popisuje možnosti riešení úpravy tepelnej a vlhkostnej úpravy kvalitného vnútorného prostredia typického podlažia výškovej budovy s ohľadom na zníženie energetickej náročnosti.

Na základe úvah v tejto časti práce môžeme zhodnotiť, že projektant TZB musí navrhnúť riešenie s náležitým zvážením prvotných investičných nákladov, prevádzkových nákladov na dokončenej budove, súčasných a budúcich potrieb užívateľov budovy, rezilientnosti budovy, ale aj environmentálnych otázok a možností zníženia energetickej náročnosti v dokončenej budove. Je zrejmé, že primárnym účelom systémov úpravy vnútorného prostredia výškových budov je poskytnúť priestor v budove, ktorý umožní užívateľom vykonávať svoje povinnosti, potreby a voľnočasové aktivity v produktívnom, pohodlnom a bezpečnom prostredí. Vzhľadom na významný dopad prevádzky systémov HVAC vo výškových budovách na spotrebu energií je u nich potrebné klásť väčší dôraz na súlad s aktuálne platnými environmentálnymi štandardmi, než u nízkopodlažných budov.

POUŽITÉ ZDROJE

- [1] ASHRAE Design Guide for Tall, Supertall, and Mega Tall Building Systems, Second Edition ISBN 978-1-939200-24-2
- [2] Sustainable High Rise Buildings in Urban Zones: Advantages, Challenges, and Global Case Studies; ISBN 978-3-319177-56-4
- [3] Wood, A., & Salib, R. (Eds.). (2012). Guide To Natural Ventilation in High Rise Office Buildings (1st ed.). Routledge; ISBN 978-0-203720-04-2
- [4] <https://www.ctbuh.org/>.
- [5] <https://www.eea.europa.eu/>
- [6] https://commission.europa.eu/news/focus-energy-efficiency-buildings-2020-02-17_en
- [7] <https://www.schueco.com/>
- [8] <https://www.unstudio.com/en/page/5882/study-hanwha-headquarters-responsive-facade-part-2>
- [9] <https://www.unstudio.com/en/page/5888/photovoltaic-modules-collaboration-with-construct-pv-part-1>
- [10] The 2019 ASHRAE Handbook—HVAC Applications; ISBN 978-1-947192-13-3
- [11] <https://www.krueger-hvac.com/>
- [12] <https://www.researchgate.net/> - Thermal environmental case study of an existing underfloor air distribution (UFAD) system
- [13] <https://www.building.co.uk/focus/30-st-mary-axe-a-gherkin-to-suit-all-tastes/3111783.article>
- [14] 22 bish - foto
- [15] <https://www.michaellonsdale.com/>
- [16] <http://www.freeform3d.co.uk/>
- [17] <https://www.architectsjournal.co.uk/>
- [18] <https://www.8bishopsgate.com/sustainability>
- [19] <https://www.skylineatlas.com/>
- [20] <https://www.gross-partner.de/en/projects/four-frankfurt/>
- [21] Fotky společnosti KBP Ingenieure GmbH
- [22] By ZarlokX - Own work, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=93847916>
- [23] <https://www.tour-hekla.com/en/discover/hekla-in-figures/>
- [24] https://www.vinci.com/vinci.nsf/en/news-update/pages/hekla_tower_in_la_defense_france_122018.htm
- [25] Fotografia je stihnutá z článku na LinkedIn ©Amine DELLAGI
- [26] <https://www.savills.com/> - Savills Research [14.12.2022]
- [27] NAŘÍZENÍ KOMISE (EU) č. 1253/2014
- [28] TROX, Produktový list série DID632, 02/2017-DE/en. Str. 5
- [29] Technická dokumentácia výrobcu REHAU, plošné vytápění / chlazení technické informace 864600 cz / sk
- [30] Technická dokumentácia výrobcu Vivtaulic – Mission Critical Brochure
- [31] Technická dokumentácia spoločnosti Alfa laval – Podklady pro vytápění a chlazení

ZOZNAM OBRÁZKOV

Obrázok č. 1 Množstvo dokončených budov od roku 1991 [4]	1
Obrázok č. 2 Zatriedenie budov podľa výšky [4]	2
Obrázok č. 3 Priemerná výška prvých 100 najvyšších budov za posledných 30 rokov [4]	3
Obrázok č. 4 Spôsoby merania výšky výškovej budovy [4]	3
Obrázok č. 5 Delenie budov podľa zámeru využitia - CTBUH	4
Obrázok č. 6 Delenie budov podľa obsaditeľnosti [4]	5
Obrázok č. 7 Najvyššie budovy sveta dokončené v jednotlivých rokoch [1]	5
Obrázok č. 8 Zobrazenie minimálneho a maximálneho tienenia elektrochromatickým sklom [7]....	8
Obrázok č. 9 Modulové riešenie LOP s integrovanými FV panelmi [8]	9
Obrázok č. 10 Modulové možnosti integrácie FV panelov s rôznym vzorom do fasády; ©Construct PV Consortium [9]	9
Obrázok č. 12 VAV box, minimálna požiadavka SUP [11]	12
Obrázok č. 11 VAV box, požiadavka na tepelnú úpravu zóny [11]	12
Obrázok č. 13 Princíp činnosti uzavretého chladiaceho trámca [28]	12
Obrázok č. 14 Distribúcia vzduchu podlahou [12]	13
Obrázok č. 15 Londýnske finančné centrum, ©Tareq Mooradun.....	18
Obrázok č. 16 Pohľad na „The Gherkin“ [3]	20
Obrázok č. 17 Schéma prirodzeného vetrania [3]	20
Obrázok č. 18 Pohľad na budovu „The Twentytwo“ [14]	21
Obrázok č. 19 4D model budovy 22 Bishopsgate [16]	22
Obrázok č. 20 Vizualizácia budovy Leadenhall Building (d); 22 Bihopgate (e); 8 Bishopgate (f)[17]	23
Obrázok č. 21 Konceptia udržateľnosti budovy Bishopsgate 8 [18]	24
Obrázok č. 22 Finančné centrum vo Frankfurt, plánované projekty do roku 2028 [19]	25
Obrázok č. 23 Pohľad na budovu Commerzbank Tower []	27
Obrázok č. 24 Schematické zobrazenie systému prirodzeného vetrania [3]	27
Obrázok č. 25 Priestor využívaný pre nasávanie a výfuk, ako hlavný prvok systému prirodzeného vetrania [3]	28
Obrázok č. 26 Znázornenie princípu prirodzeného vetrania skrz átrium [3]	28
Obrázok č. 27 Vizualizácia projektu FOUR (zelená), Commerzbank Tower (modrá) [20]	29
Obrázok č. 28 Modulová inštalácia prefabrikovaných setov vykurovacej a chladiacej sústavy [19]	30

Obrázok č. 29 Transportný vozík s prefarbovanými dielmi od firmy WURTH [19]	30
Obrázok č. 30 Obchodná štvrť – La Défense [22]	31
Obrázok č. 31 Vizualizácia budovy HEKLA tower [24]	33
Obrázok č. 32 Rozmiestnenie decentralizovaných vzduchotechnických a cirkulačných jednotiek [24]	34
Obrázok č. 33 Koordinácia inštalácií v podhl'ade kancelárskeho priestoru [25]	34
Obrázok č. 34 Prúdenie vzduchu spôsobené komínovým (vpravo) efektom a spätným (vpravo) komínovým efektom [1]	35
Obrázok č. 35 Teoretický tlakový gradient komínového efektu pre rôzne výšky budov pri alternatívnych teplotných rozdieloch [1]	36
Obrázok č. 36 Zmena teploty vonkajšieho vzduchu v závislosti od výšky budovy pre letno (a) a zimu (b) [1]	37
Obrázok č. 37 Priemerná miera obsadenosti kancelárií v Európe [27]	39
Obrázok č. 38 Rozdelenie typického podlažia na štyri samostatné zóny s prístupom k výťahovému lobby [vytvorené autorom]	40
Obrázok č. 39 Princíp vetrania typického podlažia administratívnej časti pre variantu A [vytvorené autorom]	42
Obrázok č. 40 Princíp vetrania typického podlažia administratívnej časti pre variantu B [vytvorené autorom]	42
Obrázok č. 41 Princíp vetrania typického podlažia administratívnej časti pre variantu C [vytvorené autorom]	42
Obrázok č. 42 Model vzduchotechnického systému, [vytvorené autorom v DDS]	46
Obrázok č. 43 Budova The Soyak Crystal Tower, Istanbul [vytvorené autorom]	48
Obrázok č. 44 Budova Eurotower (vľavo), Commerzbank Tower (vpravo), Frankfurt [vytvorené autorom]	48
Obrázok č. 45 Modulové rozloženie systému chladiacich stropov [vytvorené autorom]	53
Obrázok č. 46 Akustický chladiaci strop, REHAU [30]	54
Obrázok č. 47 Použitie doskového výmenníka ako regulátoru tlaku [32]	55
Obrázok č. 48 Doskový výmenník s napojením potrubného systému Vitaulic [31]	55
Obrázok č. 49 Rozdelenie tlakových pásiem systému vykurovania a chladenia (výkres č. HC.02)	56