

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ**

KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV



**ŘEŠENÍ VZDUCHOTECHNICKÝCH SYSTÉMŮ
V POLYFUNKČNÍM OBJEKTU**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Bc. Martina Hybešová

Vedoucí diplomové práce:

doc. Ing. Karel Papež, CSc.

2016/2017



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Thákurova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Hybešová Jméno: Martina Osobní číslo: 395790

Zadávací katedra: K125 - Katedra technických zařízení budov

Studijní program: Budovy a prostředí

Studijní obor: Budovy a prostředí

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Řešení vzduchotechnických systému v polyfunkčním objektu

Název diplomové práce anglicky: Solution of HVAC systems of a multifunctional building

Pokyny pro vypracování:

- potřebné výpočty s ohledem na spotřebu energie
- projekt VZT v daném objektu

Seznam doporučené literatury:

Jméno vedoucího diplomové práce: doc. Ing. Karel Papež, CSc.

Datum zadání diplomové práce: 13.10.2016

Termín odevzdání diplomové práce: 8.1.2017

Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

13.10. 2016
Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

Prohlašuji, že jsem svoji diplomovou práci vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a podkladů.

Český Brod 8/1/2017

Martina Hybešová

Děkuji panu doc. Ing. Karlu Papežovi, CSc. za ochotné a pozitivní vedení práce.

Děkuji panu Ing. et. Ing Pavlu Hlaváčkovi za ochotu, vstřícnost a cenné rady a postřehy.

Děkuji svým rodičům za nekonečnou trpělivost a podporu.

OBSAH

1. PŘEDMLUVA	7
2. DŮM S TĚMĚŘ NULOVOU SPOTŘEBOU ENERGIE.....	8
3. ŘEŠENÝ OBJEKT	10
3.1 Základní údaje.....	10
3.2 Rozdělení objektu do funkčních celků – zón	10
3.3 Tepelně technický stav objektu dle studie	12
3.3.1 Hlavní tepelně technické a energetické údaje budovy	13
3.3.1.1 Hlavní tepelně technické vlastnosti obálky budovy.....	13
3.3.1.2 Hlavní energetické parametry budovy.....	13
3.3.2 Tepelně technické posouzení	13
3.3.3 Vyhodnocení splnění požadavků nulového domu	14
3.4 Návrh úprav tepelně technických a energetických vlastností budovy	14
3.4.1 Obálka budovy	14
3.4.2 Úprava energetických potřeb některých zón	15
3.4.3 Obnovitelné zdroje energie	15
3.4.4 Tepelně technické posouzení	16
3.4.5 Vyhodnocení splnění požadavků nulového domu	16
3.5 Ideový návrh navazujících profesí	16
3.5.1 TTCH – tepelná technika.....	17
3.5.1.1 Zdroje tepla	17
3.5.1.2 Rozvody teponosné látky	18
3.5.1.3 Koncové prvky	18
3.5.2 TTCH – chlazení.....	18
3.5.2.1 Zdroje chladu	19
3.5.2.2 Rozvody teponosné látky	19
3.5.2.3 Koncové prvky	19
3.5.3 Profese VZT	20
3.5.3.1 VZT jednotky	20
3.5.3.2 Rozvody vzduchu po budově	20
3.5.3.3 Distribuční elementy	21
4. ZÁVĚR	22
5. ZDROJE.....	23

ANOTACE

Předmětem této diplomové práce je prověřit náročnost návrhu budovy jako *domu s téměř nulovou spotřebou energie*, s podrobným zaměřením na profesi vzduchotechnika.

K tomuto účelu byla vybrána studie polyfunkčního domu, která byla tepelně technicky posouzena s následným stanovením doporučení pro zlepšení tepelně technické kvality obálky budovy nutných pro splnění požadavků na *dům s téměř nulovou spotřebou energie*. Zároveň byly zpracovány podklady pro profesi TTCH včetně ideového návrhu zdrojů tepla a chladu. Profese vzduchotechnika byla pak zpracována do formy projektové dokumentace pro provedení stavby.

ANNOTATION

The main subject of this thesis is to verify the difficulty of the design process of a building with the near-zero energy consumption with detailed focus on the Air Handling.

For this purpose has been selected a study of polyfunctional house which was thermally-technically assessed followed by determining of recommendations for improving the thermally-technical quality of the building surface needed to meet the demands of the building with the near-zero energy consumption. Alongside there were prepared source materials for the Heating and Cooling, including ideological designs of the sources for the Heat and Cold. In the end Air handling system's design was displayed in construction documentation.

1. PŘEDMLUVA

Dlouhodobá snaha společnosti o navyšování šetrnosti přístupu k životnímu prostředí a úspor energií a neobnovitelných přírodních zdrojů vede projektanty k neustálému zkvalitňování jejich návrhů, zejména k navyšování komplexnosti jejich přístupu a kooperace jednotlivých profesí od samého počátku práce na projektech.

Tato snaha je z hlediska faktu, že v budovách dochází ke spotřebovávání přibližně 40 % energie, zcela pochopitelná.

Zpřísnující se požadavky na kvalitu navrhovaných objektů daly proto vzniknout řadě klasifikačních tříd, do kterých můžeme budovy dle jejich energetických vlastností zařadit. Mimo jiné vzhledem k opoře v zákoně se v současné době dostává nejvíce do popředí energetická třída tzv. *domů s téměř nulovou spotřebou energie*, která se v následujících několika letech stane standardem, jelikož jak zákon č. 318/2012 Sb. předepisuje, budou muset/musí být minimálně v této energetické kvalitě provedeny:

- nové bytové, rodinné a administrativní objekty
 - od 1/1/2018 s podlahovou plochou větší než 1500 m²
 - od 1/1/2019 s podlahovou plochou větší než 350 m²
 - od 1/1/2020 s podlahovou plochou menší než 350 m²
- nové domy veřejné správy
 - od 1/1/2016 s podlahovou plochou větší než 1500 m²
 - od 1/1/2017 s podlahovou plochou větší než 350 m²
 - od 1/1/2028 s podlahovou plochou menší než 350 m²

Tato diplomová práce se proto snaží prověřit projekční náročnost nutnou pro splnění všech požadavků na *dům s téměř nulovou spotřebou energie* a vzhledem k zaměření na polyfunkční objekt (s podlahovou plochou větší než 1500 m²) se zároveň snaží najít odpověď na otázku:

Jak musí energeticky vypadat polyfunkční budova, aby byla tzv. nulová?

2. DŮM S TĚMĚŘ NULOVOU SPOTŘEBOU ENERGIE

Nejdříve je nutné vysvětlit, co si má člověk představit pod již několikrát uvedeným termínem *dům s téměř nulovou spotřebou energie*.

Zjednodušeně řečeno se pod pojmem *dům s téměř nulovou spotřebou energie* skrývá energeticky velmi úsporný a kvalitní dům získávající většinu energií z obnovitelných zdrojů, jehož spotřeba energie vztažená na 1 m² užitné plochy se v celoroční bilanci blíží *téměř nule*.

Odborným pohledem na věc vzato je tzv. *nulový dům* energetický koncept zahrnující jak vlivy tepelně technické kvality návrhu i realizace obálky budovy včetně jejího architektonického řešení, tak způsob pokrytí tepelných ztrát a zisků objektu nebo původ spotřebovávaných energií.

Jedním ze základních parametrů pro zařazení budovy do příslušné energetické třídy je *měrná potřeba tepla na vytápění* v kWh/m²a, podle níž rozlišujeme následující kategorie budov:

domy běžné ve 70.-80. letech	současná novostavba	nízkoenergetický dům	pasivní dům	nulový dům, dům s přebytkem tepla
charakteristika				
zastaralá otopná soustava, zdroj tepla je velkým zdrojem emisí; větrá se pouhým otevřením oken, nezateplené, špatně izolující konstrukce, přetápí se	klasické vytápění pomocí plynového kotle o vysokém výkonu, větrání otevřením okna, konstrukce na úrovni požadavků normy	otopná soustava o nižším výkonu, využití obnovitelných zdrojů, dobře zateplené konstrukce, řízené větrání	řízené větrání s rekuperací tepla, vynikající parametry tepelné izolace, velmi těsné konstrukce	parametry min. na úrovni pasivního domu, velká plocha fotovoltaických panelů
potřeba tepla na vytápění [kWh/(m²a)]				
většinou nad 200	80 - 140	méně než 50	méně než 15	méně než 5

Tabulka 1 - Základní popis současných energetických kategorií budov

Z Tab. 1 je možné vyčíst, že *nulový dům* v mnoha ohledech využívá či zpřísňuje požadavky tzv. *pasivního domu*, které můžeme přehledně vidět v Tab. 2:

		Průměrný součinitel prostupu tepla U_{em} [W/(m ² ·K)]	Měrná potřeba tepla na vytápění [kWh/(m ² ·a)]	Měrná potřeba energie na chlazení [kWh/(m ² ·a)]	Měrná potřeba primární energie [kWh/(m ² ·a)]
Obytná budova	Rodinný dům	≤ 0,25 požadováno ≤ 0,20 doporučeno	≤ 20 požadováno ≤ 15 doporučeno	0 ²⁾	≤ 60
	Bytový dům	≤ 0,35 požadováno ≤ 0,30 doporučeno	≤ 15	0 ²⁾	≤ 60
Neobytná budova s převažující teplotou 18 °C – 22 °C		≤ 0,35 ¹⁾	≤ 15	≤ 15	≤ 120
Ostatní budovy		Požadavky stanoveny individuálně s využitím aktuálních poznatků odborné literatury			≤ 120
POZNÁMKY					
¹⁾ Uvedená hodnota je doporučená, nejvýše však musí být rovna odpovídající hodnotě $U_{em,rec}$ podle 5.3.2. ²⁾ Stavební řešení musí být takové, aby strojní chlazení nebylo potřebné. Pokud by výjimečně bylo dodatečně použito, musí být odpovídajícím způsobem zahrnuto do hodnocení primární energie, a to i kdyby se jednalo o individuální jednotky považované za elektrické spotřebiče.					

Tabulka 2 - Základní vlastnosti pasivních budov

K uvedeným parametrům *pasivní* budovy je nutné ještě doplnit *celkovou průvzdušnost obálky budovy*, která musí být zhotovena tak, aby *neprůvzdušnost obálky n50* (ověřená tlakovou zkouškou) nepřekročila hodnotu 0,6 h⁻¹, tzn., aby při rozdílu tlaků o 50 Pa (přetlaku nebo podtlaku) množství vnitřního vzduchu vyměněného za hodinu netěsnostmi obálky nepřekročilo 60 % vnitřního objemu vzduchu.

Na základě výše uvedeného by se daly požadavky na polyfunkční objekt řešený v rámci této diplomové práce shrnout takto:

- *měrná potřeba tepla na vytápění* $E_{a,h} < 5 \text{ kWh/m}^2\text{a}$;
- *měrná potřeba tepla na chlazení* $E_{a,c} < 15 \text{ kWh/m}^2\text{a}$;
- (*měrná potřeba tepla na chlazení bytové části* $E_{a,c,b} = 0 \text{ kWh/m}^2\text{a}$);
- *průměrný součinitel prostupu tepla* $U_{em} < 0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$;
- *měrná potřeba (neobnovitelné) primární energie* $E_{p,n} < 120 \text{ kWh/m}^2\text{a}$;
- *celková průvzdušnost obálky budovy n50* $< 0,6 \text{ h}^{-1}$;
- vysoký podíl využití obnovitelných zdrojů energie – energie slunce, prostředí

3. ŘEŠENÝ OBJEKT

Pro zpracování diplomové práce byla vybrána studie polyfunkčního domu vsazená na pozemek kat. č. 3446/2 katastrálního území Poděbrady.

3.1 Základní údaje

- adresa	Lidická 1263, 290 01 Poděbrady
- gps	50°08'33.9"N 15°07'45.1"E
- stav budovy	novostavba
- typ budovy	polyfunkční objekt
- počet podlaží	1 pp + 3 np
- užitná plocha	cca 2400 m ² (prům. 517 m ² /podlaží)
- obestavěný objem	cca 8570 m ³
- půdorys	obdélný s poměrem stran cca 1 / 1,5
- orientace ke sv. stranám	podélná osa ve směru SV-JZ
- nosná konstrukce	zděný nosný systém
- základová konstrukce	základové pasy
- střešní konstrukce	plochá s obráceným pořadím vrstev

3.2 Rozdělení objektu do funkčních celků – zón

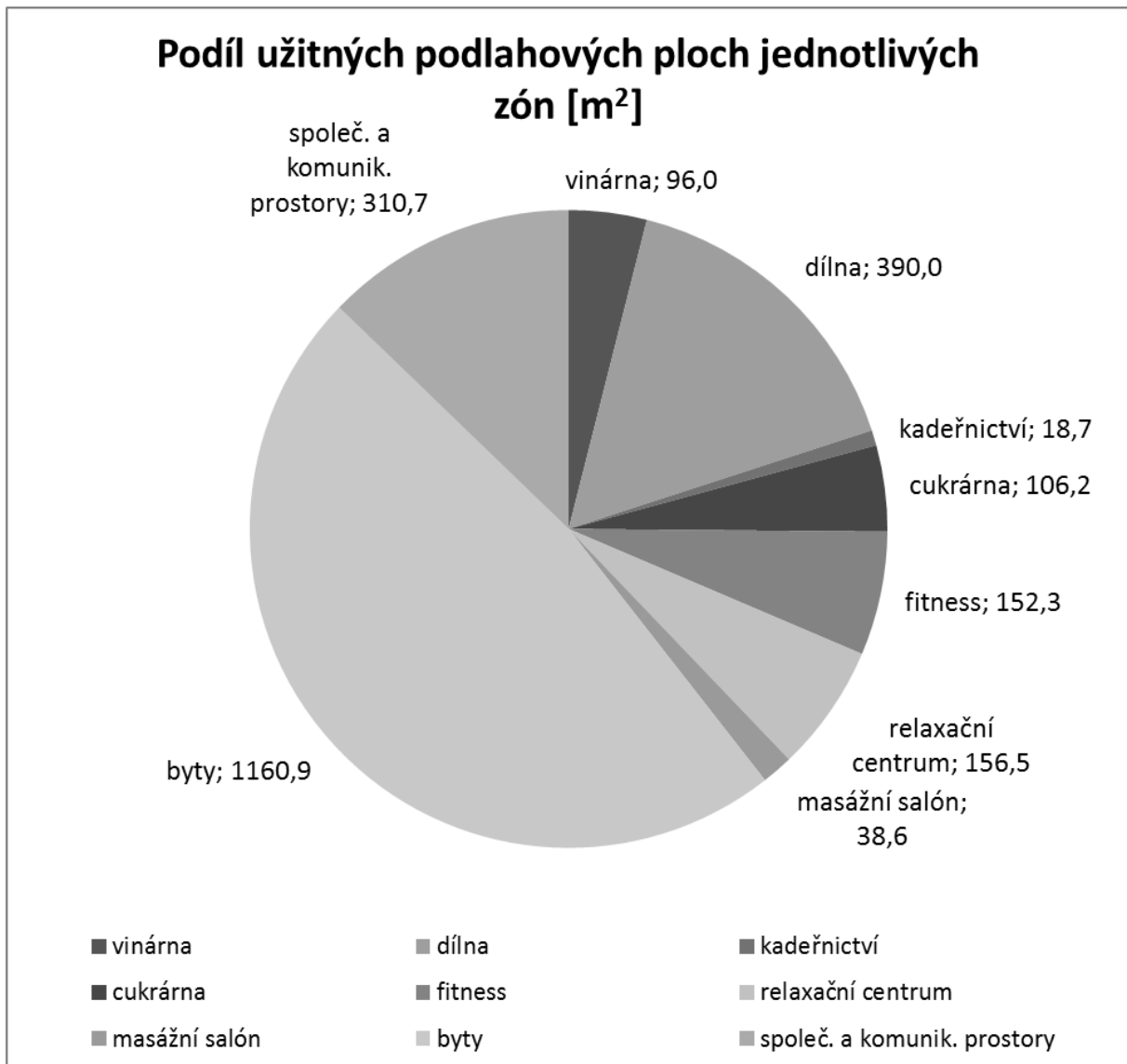
Řešený polyfunkční objekt je dle svého dispozičního řešení rozdělen do celkem devíti funkčních celků – zón reprezentujících navrhovanou využití jednotlivých jeho částí.

Bližší informace k jednotlivým zónám jsou přehledně interpretovány v následující tabulce:

název zóny [-]	podlahová plocha zóny S _z [m ²]	světlý objem zóny V _{sv,z} [m ³]
vinárna	96,0	297,72
dílna	390,0	1208,85
kadeřnictví	18,7	61,78
cukrárna	106,2	350,36
fitness	152,3	502,69
relaxační centrum	156,5	516,45
masážní salón	38,6	127,25
byty	1160,9	1920,06
společ. a komunik. prostory	310,7	848,10

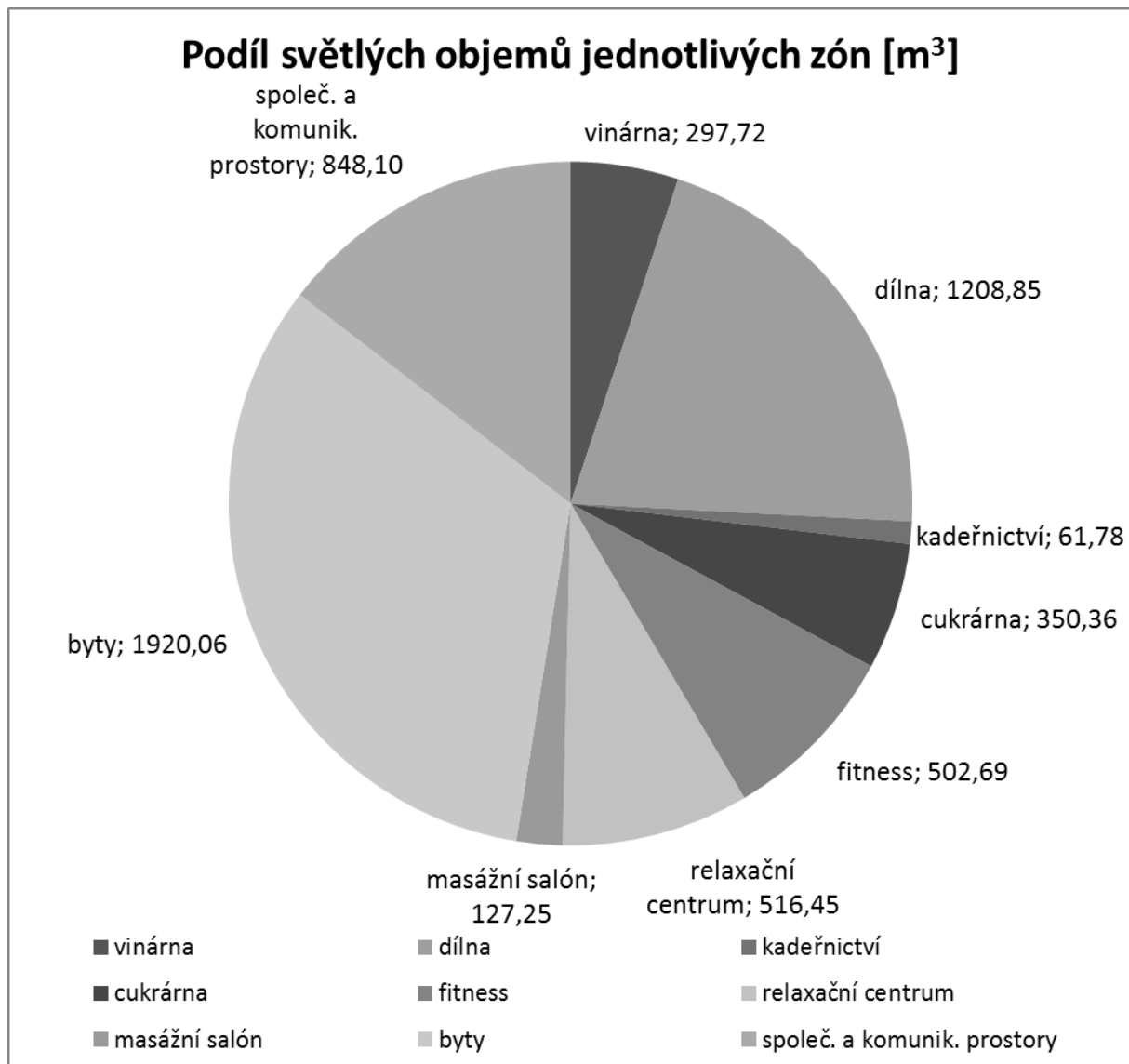
Tabulka 3 - užitná podlahová plocha a dvětlý objem jednotlivých zón

Podíly užitných podlahových ploch jednotlivých zón jsou pak přehledně zobrazeny na následujícím obrázku:



Obrázek 1 - Podíl užitných podlahových ploch jednotlivých zón [m²]

Podíly světých objemů jednotlivých zón jsou pak přehledně zobrazeny na následujícím obrázku:



Obrázek 2 - Podíl světých objemů jednotlivých zón [m²]

3.3 Tepelně technický stav objektu dle studie

Jako výchozí bod této diplomové práce byl určena architektonická studie řešeného objektu, včetně v ní uvedených tepelně technických a energetických parametrů budovy, které zahrnují jak kvalitu její obálky, tak zdroje energií pokrývající jednotlivé energetické potřeby stavby.

Předmětem studie z pochopitelných důvodů není detailnější popis dílčích systémů technických zařízení budov. Jejich parametry byly proto kvalitativně uvažovány adekvátně k parametrům ve studii uvedeným.

Systém nuceného větrání byl v rámci zjednodušení použit totožný, jako systém navržený v poslední části této diplomové práce.

Hodnoty denní potřeby TV byly použity shodné napříč variantami.

3.3.1 Hlavní tepelně technické a energetické údaje budovy

3.3.1.1 Hlavní tepelně technické vlastnosti obálky budovy

Tloušťky tepelných izolací:

- | | |
|--|----------------|
| - Obvodové stěny (cihelné bloky s miner. izolací) | tl. 0 – 150 mm |
| - Obvodové stěny přilehlé k zemině | tl. 0 – 150 mm |
| - Podlaha přilehlá k zemině | tl. 100 mm |
| - Podlaha mezi prost. s rozdílem teplot do 10 °C vč. | tl. 100 mm |
| - Střecha plochá s obráceným pořadím vrstev | tl. 100 mm |

Kvalita výplní otvorů

- | | |
|--|---------------------------------|
| - okno k venkovnímu prostředí (dvojsklo) | $U = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ |
| - dveře k venkovnímu prostředí | $U = 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ |

Detailní parametry jednotlivých zdrojů viz Příloha č. 01 – tepelně technický stav objektu dle studie

3.3.1.2 Hlavní energetické parametry budovy

Zdroj tepla pro vytápění a přípravu TV

- kondenzační kotel na zemní plyn s modulovaným hořákem, sez. účinnost 94 %

Zdroj chladu

- kompresorový zdroj chladu, chladicí faktor $EER_c = 3,7$

Pro pokrytí energetických potřeb objektu není využit žádný obnovitelný zdroj energie.

Detailní parametry jednotlivých zdrojů viz Příloha č. 01 – Tepelně technický stav objektu dle studie

3.3.2 Tepelně technické posouzení

Vybraný objekt byl posouzen z tepelně technického a energetického hlediska v softwaru Protech TV a výsledkem posouzení je Průkaz energetické náročnosti budovy (PENB) stávajícího stavu s vyobrazením dílčích hodnot energetických nároků.

Grafické zhodnocení i protokol k PENB stávajícího stavu viz Příloha č. 01 – tepelně technický stav objektu dle studie, shrnutí nejdůležitějších parametrů viz následující tabulka:

kritérium		hodnocená budova	limitní hodnota	
měrná potřeba tepla na vytápění	Ea,h	27,2	5	[kWh/m ² a]
měrná potřeba tepla na chlazení	Ea,c	0,8	15	[kWh/m ² a]
měrná potřeba tepla na chlazení bytové části	Ea,c,b	neurčeno	0	[kWh/m ² a]
průměrný součinitel prostupu tepla	Uem	0,423	0,35	[W/m ² K]
měrná potřeba (neobnovitelné) primární energie	Ep,n	142	120	[kWh/m ² a]
celková průvzdušnost obálky budovy	n50	1	0,6	[h ⁻¹]
podíl využití obnovitelných zdrojů energie	-	0		[%]

Tabulka 4 - Shrnutí splnění hlavních kritérií nulového domu – stávající varianta

3.3.3 Vyhodnocení splnění požadavků nulového domu

Z výše uvedené tabulky můžeme vyčíst, že objekt, tak, jak byl navržen v původní architektonické studii, nespĺňuje požadavky na nulový dům uvedené v závěru kapitoly č. 2 této práce.

Pro splnění požadavků je tedy nezbytné vylepšit tepelně technické a energetické parametry budovy uvedené v kapitolách 3.3.1.1 a 3.3.1.2 tohoto textu, zejména snížit potřebu energie na chlazení (navrhnout úpravy vedoucí k nepotřebnosti chlazení v bytové části) a dramaticky navýšit podíl využití obnovitelných zdrojů energie.

3.4 Návrh úprav tepelně technických a energetických vlastností budovy

Jelikož budova ve stavu navrhovaném architektonickou studií nespĺňuje požadavky na nulový dům uvedené v závěru kapitoly č. 2 této práce, bylo nutné navrhnout řadu úprav týkajících se zejména kvality obálky budovy, energetických potřeb některých zón a využití obnovitelných zdrojů energie.

3.4.1 Obálka budovy

V oblasti obálky budovy bylo rozhodnuto, že bude v plné míře zachováno původní dělení jednotlivých fasád, tzn. kompletní zachování rozměrů i počtů okenních i dveřních výplní z původní studie.

Úpravy obálky budovy se tedy budou týkat hlavně jejích tepelně technických vlastností, konkrétně tloušťky tepelných izolací dílčích konstrukcí, vylepšení parametrů výplní a snížení vlivu lineárních tepelných vazeb. Okenní výplně budou zároveň doplněny o aktivní stínící prvky na jejich venkovní straně.

Hlavní tepelně technické vlastnosti upravené obálky budovy je možné vidět v následujícím výčtu:

Tloušťky tepelných izolací:

- Obvodové stěny (cihelné bloky s miner. izolací) tl. 300 mm

- | | |
|--|------------|
| - Obvodové stěny přilehlé k zemině | tl. 300 mm |
| - Podlaha přilehlá k zemině | tl. 500 mm |
| - Podlaha mezi prost. s rozdílem teplot do 10 °C vč. | tl. 100 mm |
| - Střecha plochá s obráceným pořadím vrstev | tl. 500 mm |

Kvalita výplní otvorů

- | | |
|--|---------------------------------|
| - okno k venkovnímu prostředí (trojsklo fy AGC glass)
okna doplněna o venkovní žaluzie stínící pod úhlem 45 ° | $U = 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ |
| - dveře k venkovnímu prostředí | $U = 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ |

Detailní parametry jednotlivých zdrojů viz Příloha č.01 – Tepelně technický stav objektu dle studie

3.4.2 Úprava energetických potřeb některých zón

Jedním z požadavků na nulový dům je architektonicko-stavební řešení umožňující absenci chlazení v bytových jednotkách, což v původním návrhu nebylo splněno.

Aby mohl být tento požadavek dodržen, byla zvýšena kvalita výplní obálky budovy, které byly navíc doplněny o aktivní stínící prvky, což pomůže udržet za letních měsíců teplotu v obytných místnostech bytů pod maximální přípustnou hodnotou.

3.4.3 Obnovitelné zdroje energie

Zřejmě nejvíce bylo nutné vylepšit podíl využití obnovitelných zdrojů energie na pokrytí energetických potřeb objektu.

Jako zdroj tepla bylo navrženo tepelné čerpadlo typu země-voda s hlubinnými vrtly, které budou vzhledem k lokalitě nacházející se v blízkosti řeky Labe generovat vysoký měrný výkon jímání tepla z vrtů pohybující se okolo 100 W/m vrtu. Tepelné čerpadlo bylo navrženo k pokrytí 75 % celkové tepelné ztráty objektu a má jmenovitý topný faktor $COP_h = 4,4$.

Zbýlých 25 % celkové tepelné ztráty objektu bude pokrývat kondenzační kotel na zemní plyn s modulovaným hořákem se sezónní účinností 93 %.

Dalším z využitých obnovitelných zdrojů energie budou fotovoltaické panely. Ty budou umístěny jak na zbylou plochu střechy po umístění VZT jednotek a k nim příslušných rozvodů, tak budou integrovány do JV a JZ fasády posledního podlaží objektu. Na střechě objektu budou panely orientovány směrem k jihu a posouzením jednotlivých sklonů byl jako nejvýnosnější sklon v ročním objemu vyrobené energie určen úhel 30 °. Panely jsou navrženy se špičkovým výkonem 180 W/m² panelu ze sortimentu fy Kyocera.

3.4.4 Tepelně technické posouzení

Takto upravený objekt byl následně opět posouzen z tepelně technického a energetického hlediska v softwaru Protech TV a výsledkem posouzení je Průkaz energetické náročnosti budovy (PENB) navrhovaného stavu s vyobrazením dílčích hodnot energetických nároků.

Grafické zhodnocení i protokol k PENB navrhovaného stavu viz Příloha č. 01 – tepelně technický stav objektu dle studie, shrnutí nejdůležitějších parametrů viz následující tabulka:

kritérium		hodnocená budova	limitní hodnota	
měrná potřeba tepla na vytápění	Ea,h	4,9	5	[kWh/m ² a]
měrná potřeba tepla na chlazení	Ea,c	0,2	15	[kWh/m ² a]
měrná potřeba tepla na chlazení bytové části	Ea,c,b	0	0	[kWh/m ² a]
průměrný součinitel prostupu tepla	Uem	0,169	0,35	[W/m ² K]
měrná potřeba (neobnovitelné) primární energie	Ep,n	58,5	120	[kWh/m ² a]
celková průvzdušnost obálky budovy	n50	0,5	0,6	[h ⁻¹]
podíl využití obnovitelných zdrojů energie	-	66		[%]

Tabulka 5 - Shrnutí splnění hlavních kritérií nulového domu – upravená varianta

3.4.5 Vyhodnocení splnění požadavků nulového domu

Z výše uvedené tabulky je tedy patrné, že objekt po zahrnutí výše popsanych navrhovaných úprav splňuje požadavky na nulový dům uvedené v závěru kapitoly č. 2 této práce.

Podíl pokrytí spotřeby energií energiemi z obnovitelných zdrojů vzrostl z 0 na 66 %.

Účinnost navržených opatření proti přehřívání interiérů objektu by se pak dala jednoduše shrnout tak, že v prostorech s největšími solárními zisky – místnosti tělocvičny fitness centra a cukrárny v 1.np, hlavní obytné prostory bytů 3.3 a 3.4 ve 3.np, postačí k eliminaci těchto zisků pouhá akumulární schopnost přilehlých stavebních konstrukcí, které si navíc poradí i s vnitřními zisky od osob, zařízení a osvětlení v obou zmíněných bytech. V prostorech tělocvičny a cukrárny je vzhledem k uvažovaným větším vnitřním ziskům uvažováno dochlazování prostoru pomocí chladicích stropů.

Detailní průběhy denních teplot v nejexponovanějších místnostech domu viz **Příloha XX – LT byty, cukrárna a tělocvična.**

3.5 Ideový návrh navazujících profesí

Jak bylo zmíněno v úvodu tohoto textu, návrh nulového domu vyžaduje kooperaci jednotlivých zúčastněných profesí již od počátku zpracování projektu.

Vzhledem ke specifickým projektu zpracovávaného jako diplomová práce, tj. zejména nemožnosti reálně spolupracovat se zástupci ostatních dotčených profesí a získávat od nich informace a předávat jim požadavky na profesi vlastní, bude v rámci této práce tato součinnost simulována vytvořením ideových návrhů nejdůležitějších profesí podložených podklady pro jejich možné následné detailní zpracování.

3.5.1 TTCH – tepelná technika

Tato profese zajišťuje pokrytí celkové tepelné ztráty objektu a s tím spojené dosažení požadovaných vnitřních návrhových teplot v místnostech.

Hodnoty tepelných ztrát prostupem a infiltrací jednotlivých místností viz Příloha č. 02 – Ideový návrh navazujících profesí TTCH.

3.5.1.1 Zdroje tepla

V objektu byla navržena koncepce centrálního pokrývání všech tepelných ztrát, tj. tepelné ztráty prostupem stavebními konstrukcemi, tepelné ztráty větráním a potřeby tepla pro přípravu TV. Je uvažováno s nízkoteplotní teplovodní otopnou soustavou s teplotním spádem maximálně 50/30 a použitím bivalentního zdroje energie – kombinace tepelného čerpadla země-voda a plynového kondenzačního kotle.

Tepelné čerpadlo bylo navrženo ze sortimentu fy Vaillant, typ geoTHERM VWS 380/3, a to za následujících podmínek:

charakteristika objektu			
podlahová plocha objektu	S =	2400	[m ²]
obestavěný prostor objektu	V =	8571	[m ³]
měrná potřeba tepla na vytápění	Ep,h =	4,9	[kwh/m ² a]
energetická náročnost přípravy tv	Ep,w =	27,3	[kwh/m ² a]
orientační tepelná ztráta objektu	Qc =	50	[kw]
pokrytí tepelné ztráty	n =	0,75	
pokryvaná tepelná ztráta objektu	Qtč = Qc * n =	37,5	[kw]
tepelné čerpadlo			
vaillant geotherm vws 380/3			
topný výkon b0/w35	Qt =	37,7	[kw]
chladičí výkon b0	Qch =	29,3	[kw]
celková dodaná energie tč	Q = Ep,h * S + Ep,w * S =	66654,0	[kwh]
energie odebraná tč ze země	Q / Qt * Qch =	51802,7	[kwh]
měrný výkon jímání tepla z vrtů	qj =	100	[W/m]
celková hloubka vrtů	Lv,c = Qch / qj =	450	[m]
hloubka jednoho vrtu	Lv,i =	150	[m]

počet vrtů	nv =	3	[ks]
vzájemná vzdálenost vrtů _ 10% hl.	dv =	15	[m]
specifická roční odebíraná energie	Qspec,a =	115,1	[kwh/m]
min specif. roční odebíraná energie	Qspec,min =	100	[kwh/m]
max specif. roční odebíraná energie	Qspec,max =	120	[kwh/m]
splnění požadavku		OK	

Tabulka 6 - Návrh tepelného čerpadla

Všechny tři vrty budou umístěny na pozemku řešeného objektu ve vzájemné vzdálenosti 15 m od sebe a min. 7,5 m od hranice pozemku.

Plynový kondenzační kotel s modulovaným hořákem je uvažován opět ze sortimentu fy Vaillant, $Q_t = 12,5$ kW.

3.5.1.2 Rozvody teplotnosné látky

Rozvody otopného media se předpokládají s plynule navazující vrstvou tepelné izolace v maximálním možném rozsahu potrubí, včetně armatur.

3.5.1.3 Koncové prvky

Koncové prvky sdílení tepla jsou v jednotlivých místnostech uvažovány následovně:

- 1.pp - otopná tělesa;
- 1.np - otopná tělesa, v prostorech sprch a šaten nahrazena/kombinována s teplovodním podlahovým vytápěním;
- 2.np - hlavní obytné místnosti bytů – podlahové vytápění;
 - koupelny a wc bytů – podlahové vytápění, příp. komb. s otop. žebříky;
 - komory bytů, komunikační prostory bytů, domů – otopná tělesa;
- 3.np - hlavní obytné místnosti bytů – podlahové vytápění;
 - koupelny a wc bytů – podlahové vytápění, příp. komb. s otop. žebříky;
 - komory bytů, komunikační prostory bytů, domů – otopná tělesa;

Detailní návrh koncových prvků i celého otopného systému řeší profese TTCH.

3.5.2 TTCH – chlazení

V rámci tepelně technických úprav obálky budovy popsanych v bodě 3.4.1 se podařilo návrhem vhodných parametrů zasklení obvodových výplní (výrobek fy AGC Glass, $U_g = 0,7$ W/m²K a SF = 70 %) a jejich vybavením aktivními stínícími prvky snížit tepelnou zátěž jednotlivých exponovaných prostorů natolik, že i ty s největšími solárními zisky budou schopné tyto pojmout v rámci akumulace tepla do přilehlých stavebních konstrukcí. Akumulační schopnost přilehlých konstrukcí v obytných prostorech bytů zvládne navíc pokrýt

i zisky vnitřní, tj. od osob, zařízení a osvětlení, a v bytových jednotkách tedy nebude nutné instalovat žádný aktivní chladicí systém.

V objektu se však nachází také místnosti, které bude třeba zejména vlivem očekávaných větších vnitřních zisků dochlazovat.

V 1.np se jedná zejména o prostory tělocvičny fitness zařízení (č.m. 1.36) a cukrárny (č.m. 1.05), kde se očekává vyšší koncentrace osob, případně větší zisky na osobu. S částečným dochlazováním se v tomto podlaží uvažuje také u prostoru masážního salonu (č.m. 1.14) a kadeřnictví (č.m. 1.16). V prostorech relaxačního centra se vzhledem k provozní povaze zařízení zahrnující např. saunu a vířivku s dochlazováním neuvažuje.

V 1.pp je poté uvažováno s dochlazováním místností dílny (č.m. 01.06) a kanceláře (č.m. 01.03), kde není přesně definován provozní režim ani počet osob a strojů v těchto místnostech, takže se v této fázi návrhu jedná spíše o rezervu.

3.5.2.1 Zdroje chladu

Jako zdroj chladu bude použito tepelné čerpadlo navržené v sekci 3.5.1.1, které svým chladicím výkonem $Q_{ch} = 29,3 \text{ kW}$ plně pokryje špičkovou potřebu chladu objektu cca 15 kW. Teplotní spád chladivové soustavy byl vzhledem k níže popsaným použitým koncovým prvkům navržen na 18/20.

U místností bez navrženého aktivního chlazení bude možné v letních měsících použít nočního předchlazení prostorů pomocí VZT systémů, a to za pomoci buď volného, nebo pasivního chlazení, čímž by došlo k posunutí denního teplotního maxima v prostorech na pozdější denní dobu. V případě volného chlazení by byl přes noc prostor předchlazen pouze použitím chladnějšího venkovního vzduchu, při využití pasivního chlazení by chladnější venkovní vzduch mohl být ještě dále dochlazován vodním výměníkem ve VZT jednotce pomocí výše uvedeného tepelného čerpadla, avšak bez použití kompresoru. Měrný výkon jímání tepla z vrtů při využití pasivního chlazení se pohybuje okolo 30-40 W/m hloubky vrtu, což by mělo být pro zvolený účel při celkové navržené hloubce vrtů 450 m dostačující.

Použití pasivního chlazení bude samozřejmě podmíněno tím, že v daném okamžiku nebude třeba chladit v aktivně chlazených místnostech.

3.5.2.2 Rozvody teplotnosné látky

Rozvody chladivového media se předpokládají s plynule navazující vrstvou tepelné izolace s parozábranou v maximálním možném rozsahu potrubí, včetně armatur.

3.5.2.3 Koncové prvky

Jako koncové prvky sdílení chladu jsou v jednotlivých místnostech uvažovány sálavé chladicí stropy s uzavřenou konstrukcí a měrným chladicím výkonem 80 W/m^2 . V případě požadavku na vyšší měrný chladicí výkon je možné použít i chladicí stropy s otevřenou

konstrukcí. V nejexponovanějších prostorech – tělocvična fitness a cukrárna, je uvažováno s využitím maximální možné stropní plochy, v rámci ideového návrhu předběžně počítáno s 80 %.

Detailní návrh koncových prvků i celého chladicího systému řeší profese TTCH.

3.5.3 Profese VZT

Profese VZT řeší návrh nuceného větrání řešeného objektu dle platných hygienických předpisů.

3.5.3.1 VZT jednotky

Jednou z vlastností nulového domu je mimo jiné absence přirozeného větrání (ve smyslu pro přívodu čerstvého vzduchu do interiéru) a jeho nahrazení větráním nuceným. Z tohoto důvodu byl celý objekt navržen jako nuceně větraný vzduchotechnickými jednotkami s vysokými účinnostmi zpětného zisku tepla pro minimalizaci tepelných ztrát větráním jednotlivých místností.

Navržené VZT jednotky a ventilátory, jejich hlavní parametry a umístění jsou přehledně interpretovány v následující tabulce:

pozice [-]	obsluhovaná zóna [-]	množství přiváděného vzduchu Vp [m ³ /h]	množství odváděného vzduchu Vo [m ³ /h]	účinnost rekuperace n [-]	výkon dohřevu Qt [kW]	umístění [-]
1.1	dílna	3 500	3 440	90	5,8	pod stropem 1.pp
2.1	vinárna	1 100	1 100	91	1,6	pod stropem 1.pp
3.1	cukrárna, kadeřnictví, masážní salón, společně prostory 1.pp	3 160	3 160	90	5,0	střecha
4.1	fitness a relaxační centrum	2 950	2 950	90	4,6	střecha
5.1	byty	3 680	3 680	90	5,9	střecha
6.1	požární větrání	7 500	-	-	-	pod schody v 1.pp

Tabulka 7 - tabulka hlavních parametrů navržených VZT zařízení

3.5.3.2 Rozvody vzduchu po budově

Veškeré rozvody vzduchu vedené uvnitř objektu budou od systémové hranice s venkovním prostředím až k distribučním elementům tepelně izolovány pro minimalizování tepelných ztrát distribuční soustavy a zamezení riziku kondenzace vzdušné vlhkosti na vnitřním či vnějším povrchu VZT potrubí.

3.5.3.3 Distribuční elementy

Distribuční elementy byly navrženy jako kombinace přírodních a odvodních vyústek či talířových ventilů, v místnostech s velkými plochami skleněných ploch v obvodových stěnách byla pak zvolena distribuce čerstvého upraveného vzduchu podlahovými štěrbinami zajišťujícími dostatečné ofukování ochlazovaných výplní a tím zamezení riziku kondenzace interiérové vzdušné vlhkosti na jejich povrchu.

Detailní návrh koncových prvků i celého VZT systému viz přiložená projektová dokumentace ve stupni pro provedení stavby.

4. ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce bylo prověření náročnosti aplikace návrhu budovy jako domu s téměř nulovou spotřebou energie, s podrobným zpracováním projektu VZT.

K zpracování této práce byl vybrán polyfunkční objekt, který byl nejprve posouzen z tepelně technického hlediska a dále na energickou náročnost.

Po vyhodnocení stávajícího byl objekt shledán jako kvalitní, nicméně jeho spotřeba byla větší než spotřeba objektu s téměř nulovou spotřebou energie. Z důvodu snahy o docílení budovy s nulovou spotřebou energie byla navržena opatření na její zlepšení.

Mezi opatření patří zlepšení tepelně technické obálky budovy (dostatečné zateplení vhodným materiálem, zlepšení návrhu zasklení), využití obnovitelných zdrojů energie (tepelné čerpadlo, fotovoltaický systém), které ve stávajícím stavu byly opomenuty, a využití efektivního systému nuceného větrání s rekuperací. Při tvorbě úprav do varianty se navíc ukázalo, že pro splnění všech požadavků je opravdu nutné k návrhu přistupovat maximálně komplexně již od samotného začátku. Provázanost jednotlivých profesí, zároveň ověřená při ideovém návrhu profesí TTCH a detailním návrhu VZT, lze demonstrovat na příkladu tepelného čerpadla, které obsluhuje profese vytápění, chlazení i vzduchotechnika.

Po novém vyhodnocení objektu s výše uvedenými návrhy na zlepšení, se z kvalitní budovy stala ještě kvalitnější budova, kterou lze hodnotit jako budovu s téměř nulovou spotřebou energie.

5. ZDROJE

1. BAŠTA, Jiří. Velkoplošné sálavé vytápění: podlahové, stěnové a stropní vytápění a chlazení. 1. vyd. Praha: Grada, 2010, 128 s. Stavitel. ISBN 978-80-247-3524-5
2. Webová prezentace firmy Kyocera Solar, Inc., zahrnující technické listy fotovoltaických panelů, 8800 East Raintree Drive, Suite 280, Scottsdale, AZ 85260. Dostupné z www.kyocerasolar.com
3. Webová prezentace Asociace pro využití tepelných čerpadel, zahrnující příručku návrhu tepelných čerpadel země-voda, Slavíkova 24 / 26, 130 00 Praha, dostupné z www.avtc.cz
4. Webová prezentace a návrhový software od výrobce VZT jednotek Atrea, Československé armády 32, 466 05 Jablonec nad Nisou, dostupné z www.atrea.cz
5. Webová prezentace výrobce Mandík, Dobříšská 550, 267 42 Hostomice, dostupné z www.mandik.cz
6. Webová prezentace výrobce Elektrodesign, Boleslavova 53/15, 140 00 Praha 4, dostupné z www.elektrodesign.cz
7. Webová prezentace a návrhový software od výrobce Trox, Ďáblická 553/2, 182 00 Praha 8 – Střížkov, dostupné z www.trox.cz
8. Webová prezentace výrobce Systemair, Hlavní 826, 250 64 Hovorčovice, dostupné z www.systemair.cz
9. ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011, 53 sb.
10. TNI 73 0331 Energetická náročnost budov - Typické hodnoty pro výpočet. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2013, 72 sb.
11. ČSN 06 0210 Výpočet tepelných ztrát budov při ústředním vytápění. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 1994, 34 sb.
12. ČSN 12 7010 Vzduchotechnická zařízení - Navrhování větracích a klimatizačních zařízení - Obecná ustanovení. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014, 28 sb.
13. ČSN EN 15316-3-1 Tepelné soustavy v budovách - Výpočtová metoda pro stanovení potřeb energie a účinností soustavy - Část 3-1: Soustavy teplé vody, charakteristiky potřeb (požadavky na odběr vody). Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010, 20 sb.
14. Vyhláška č. 78/2013 Sb. o energetické náročnosti budov. Praha: MPO ČR. 2013, 16 sb.