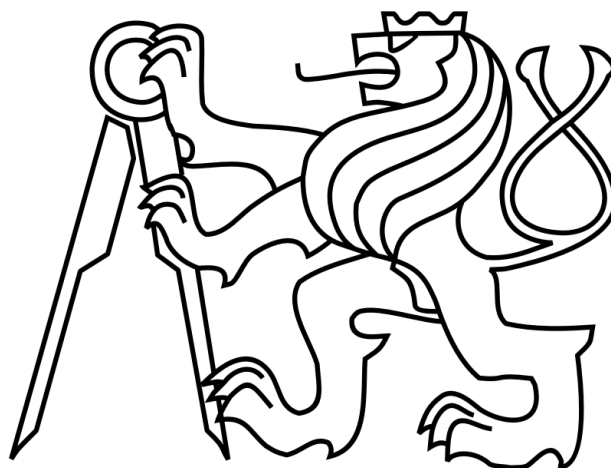


ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ
KATEDRA KONSTRUKCÍ POZEMNÍCH STAVEB



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Administrativní budova se značně proskleným obvodovým
pláštěm

Autor: Bc. Štefan Tomašák

Vedoucí práce: doc. Dr. Ing. Zbyněk Svoboda

Konzultanti: doc. Ing. Jitka Vašková, CSc.

doc. Ing. Michal Kabrhel, Ph.D.

doc. Dr. Ing. Jakub Dolejš

Praha, 2018



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: <u>Tomašák</u>	Jméno: <u>Štefan</u>	Osobní číslo: <u>412628</u>
Zadávající katedra: <u>K 124</u>		
Studijní program: <u>Budovy a prostředí</u>		
Studijní obor: <u>Konstrukce budov</u>		

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Administrativní budova se značně proskleným obvodovým pláštěm


Název diplomové práce anglicky: Office building with extensively glassed envelope

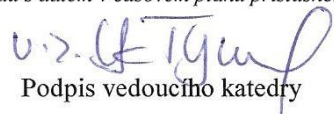
Pokyny pro vypracování:
Projekt pro stavební povolení s rozšířenou dokumentací a detailní studií variant proskleného obvodového pláště (včetně posouzení variant a zpracování energetického průkazu).
Cílem práce je upravení výchozího nevhodného architektonického návrhu do takové podoby, aby budova splňovala leg. požadavky na energetickou náročnost (na úrovni budovy s téměř nulovou spotřebou energie).

Seznam doporučené literatury:

Jméno vedoucího diplomové práce: Doc. Dr. Ing. Zbyněk Svoboda

Datum zadání diplomové práce: 2.10.2017 Termín odevzdání diplomové práce: 7.1.2018
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“.

3.10.2017
Datum převzetí zadání


Podpis studenta(ky)

SPECIFIKACE ZADÁNÍ

Jméno diplomanta: Štefan Tomašák

Název diplomové práce: Administrativní budova se ynačně proskleným pláštěm

Základní část: KPS podíl: 70 %

Formulace úkolů: Základní dokumentace (situace, základy, 1. NP, 2.NP, střecha, 2 řezy, pohledy, 5 detailů), průvodní a technická zpráva, výběr optimální varianty obvodového pláště, detailní posouzení tep. ochrany budov s energ. průkazem

Podpis vedoucího DP: 

Datum: 23.10.17

Případné další části diplomové práce (části a jejich podíl určí vedoucí DP):

2. Část: BZK podíl: 20 %

Konzultant (jméno, katedra):

VÁŠKOVÁ K133

Formulace úkolů:

1. Předběh úkolů (vz. ověření navazujících úkolů)
2. Velké vany
3. Pedagogická opora ke stat. částem

Podpis konzultanta: 

Datum: 4.11.2017

3. Část: TZB podíl: 10 %

Konzultant (jméno, katedra):

MICHAL KARBHEL K125

Formulace úkolů:

KONCEPT VZDOCHOTECHNIKY - PŮDORYS,
STANOVENÍ MNOŽSTVÍ VZDUCHU

Podpis konzultanta: 

Datum: 7.11.2017

4. Část: podíl: %

Konzultant (jméno, katedra):

Formulace úkolů:

Podpis konzultanta:

Datum:

Poznámka: Zadání včetně vyplněných specifikací je nedílnou součástí diplomové práce a musí být přiloženo k odevzdané práci (vyplněné specifikace není nutné odevzdat na studijní oddělení spolu s 1.stranou zadání již ve 2.týdnu semestru)

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou diplomovou práci napsal samostatně a výhradně s použitím citovaných pramenů.

V Praze dne: 7.1.2018

.....

Bc. Štefan Tomašák

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu mé práce doc. Dr. Ing. Zbyňku Svobodovi a konzultantům doc. Ing. Jitce Vaškové, CSc., doc. Ing. Michalu Kabrhelovi, Ph.D. a doc. Dr. Ing. Jakubu Dolejšovi za konzultace, podnětné připomínky a cenné rady, které mi pomohly ke vzniku této práce.

Obsah

Abstract	8
1. Varianty fasády budovy:	9
1.1 Hlavní kritéria výpočtu:	9
1.2 Varianty proskleného lehkého obvodového pláště:	13
1.3 Varianty proskleného lehkého obvodového pláště s dvojitou fasádou:	19
1.4 Výběr výsledné varianty lehkého obvodového pláště:	23
1.5 Další optimalizace lehkého obvodového pláště:	24
1.6 Zdvojená fasáda s doplněním vakuové izolace (25% plochy):	26
1.7 Jednoduchá fasáda s doplněním vakuové izolace (25% plochy):	27
1.8 Jednoduchá fasáda s doplněním vakuové izolace (25% plochy) s vnějším stíněním:	28
1.9 Jednoduchá fasáda s doplněním vakuové izolace (25% plochy) s vnitřním stíněním:	29
1.10 Jednoduchá fasáda s doplněním vakuové izolace (25% plochy) s kombinací stínění:	30
1.11 Jednoduchá fasáda s doplněním vakuové izolace (35% plochy) s vnějším stíněním:	31
1.12 Jednoduchá fasáda s doplněním vakuové izolace (35% plochy) s vnitřním stíněním:	32
1.13 Jednoduchá fasáda s doplněním vakuové izolace (35% plochy) s vnitřním stíněním, $U_{\text{střecha}} = 0,08 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$:	33
1.14 Jednoduchá fasáda s doplněním vakuové izolace (35% plochy) s vnitřním stíněním, $U_{\text{střecha}} = 0,12 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$:	33
1.15 Jednoduchá fasáda s doplněním vakuové izolace (35% plochy) s vnitřním stíněním, $U_{\text{podlaha}} = 0,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$:	34
1.16 Jednoduchá fasáda s doplněním vakuové izolace (35% plochy) s vnitřním stíněním, $U_{\text{podlaha}} = 0,16 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$:	35
1.17 Jednoduchá fasáda s doplněním vakuové izolace (35% plochy) s vnitřním stíněním, $U_{\text{podlaha}} = 0,18 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$:	35
1.18 Výsledný model pro zvolenou variantu	36
2. Statika:	38
2.1 Ocelová konstrukce pro kotvení lehkého obvodového pláště:	38
2.2 Železobetonové konstrukce:	42
3. TZB:	55
3.1 Koncept vzduchotechniky:	55
3.2 Množství potřebného vzduchu:	55
3.3 Dimenze potrubí:	56
4. Závěr:	57

5. Seznam obrázků:	58
6. Seznam tabulek:	59
7. Seznam příloh.....	61
8. Použitá literatura.....	62

Abstrakt

Téma práce: Administrativní budova se značně proskleným obvodovým pláštěm.

Jedná se o administrativní budovu nacházející se v obci Zlatníky – Hodkovice, okres Praha – západ. Budova je dvoupodlažní s plochou střechou a členitým proskleným lehkým obvodovým pláštěm. Cílem práce je energetická optimalizace budovy do podoby, aby budova splňovala legislativní požadavky na energetickou náročnost. Součástí práce je koncept statiky a TZB.

Klíčová slova: budova, lehký obvodový plášť, prosklení, optimalizace, energie, fasáda

Abstract

Topic: Office building with extensively glassed envelope.

It is an office building located in village Zlatníky – Hodkovice, Prague – west. The building is two-storey with a flat roof and broken glassed lightweight envelope. The aim of the thesis is energy optimization of the building to meet legislative requirements for energy intensity. Part of the thesis is a concept of statics and technical equipment of building.

Keywords: building, glassed lightweight envelope, glazing, optimization, energy, facade

1. Varianty fasády budovy:

1.1 Hlavní kritéria výpočtu:

[1, 24]

Jedná se o prosklený lehký obvodový plášť. Cílem je zvolit vhodnou variantu pláště, který se jeví energeticky nejefektivnější. Jako klíčové hodnotící kritérium je uvažována hodnota „celkové potřeby energie na vytápění a chlazení [kWh/(m².a)]“. Tato hodnota je prostý součet hodnot „potřeby tepla na vytápění [kWh/(m².a)] a potřeby chladu na chlazení [kWh/(m².a)].“ Jedná se tedy o energii potřebnou na vytápění a chlazení objektu v průběhu jednoho celého ročního cyklu. Stínění prozatím není uvažováno.

Vzorec pro výpočet součinitele prostupu tepla lehkého obvodového pláště: [24]

$$U_{LOP} = (U_g \times A_g + U_f \times A_f + \Psi \times l) / (A_g + A_f) \quad [W/(m^2K)]$$

$$U_g = \text{součinitel prostupu tepla zasklení} \quad [W/(m^2.K)]$$

$$U_f = \text{součinitel prostupu tepla rámu} \quad [W/(m^2.K)]$$

$$A_g = \text{plocha zasklení} \quad [m^2]$$

$$A_f = \text{plocha rámu} \quad [m^2]$$

$$\Psi = \text{liniový součinitel prostupu tepla} \quad [W/(m.K)]$$

(zahrnuje vliv liniového tepelného mostu, který vzniká zasazením zasklení do rámu pláště)

$$\Psi = 0,12 \text{ W/(m.K)}$$

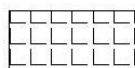
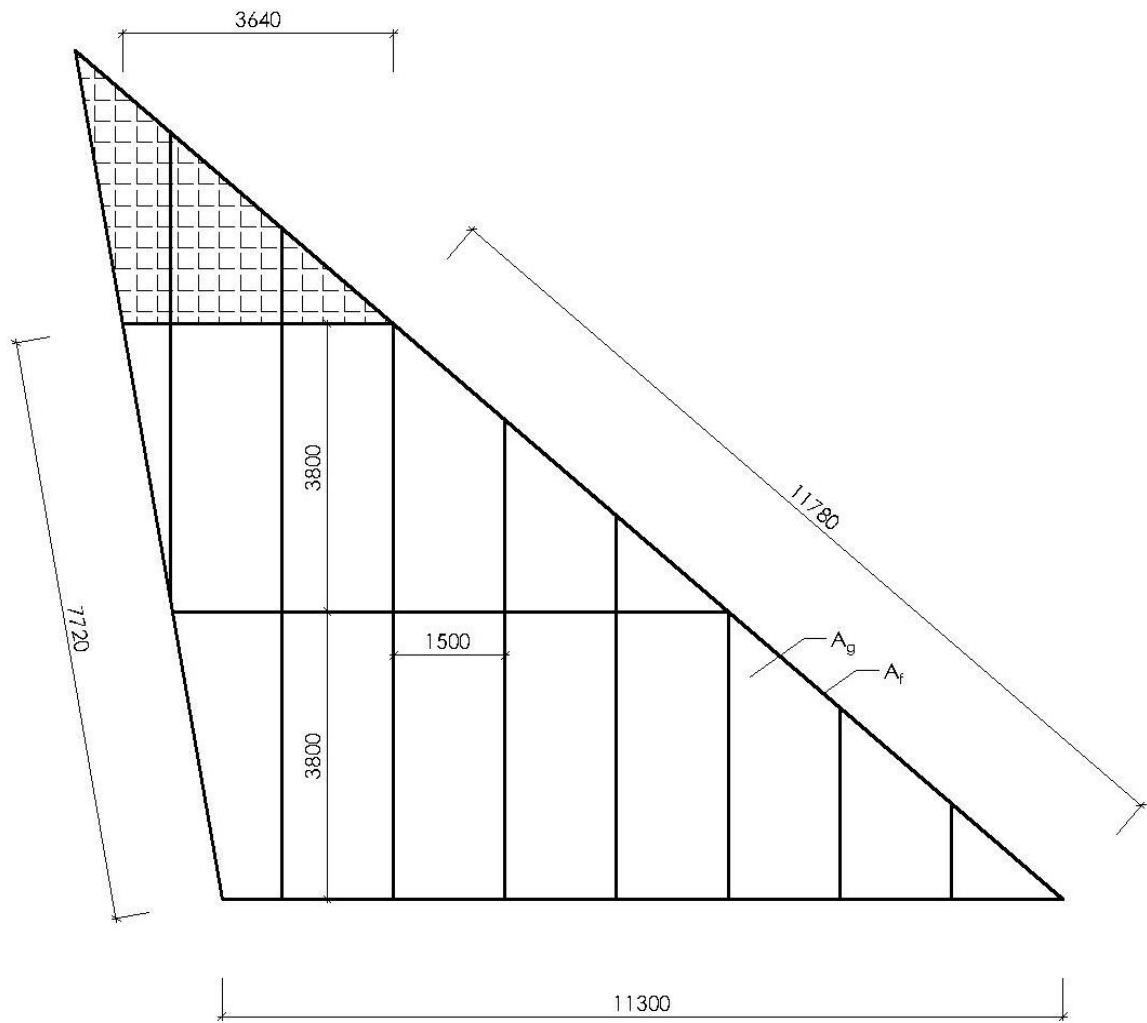
$$l = \text{délka liniového tepelného mostu} \quad [m]$$

(hodnota se rovná obvodu zasklení)

V následujících variantách je uvažován vždy stejný součinitel prostupu tepla pro konstrukci ploché střechy a podlahy na terénu. $U_{\text{střecha}} = 0,1 \text{ W/(m}^2\text{K)}$, $U_{\text{podlaha}} = 0,12 \text{ W/(m}^2\text{K)}$. Další vstupní data ovlivňující spotřebu energie na vytápění a chlazení jako je například umělé osvětlení, ohřev teplé vody a jiné, jsou přesně uvedeny v přílohách. Veškerá tato data jsou ve všech hodnocených variantách stejná, pokud není v dané variantě uvedeno jinak.

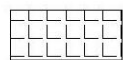
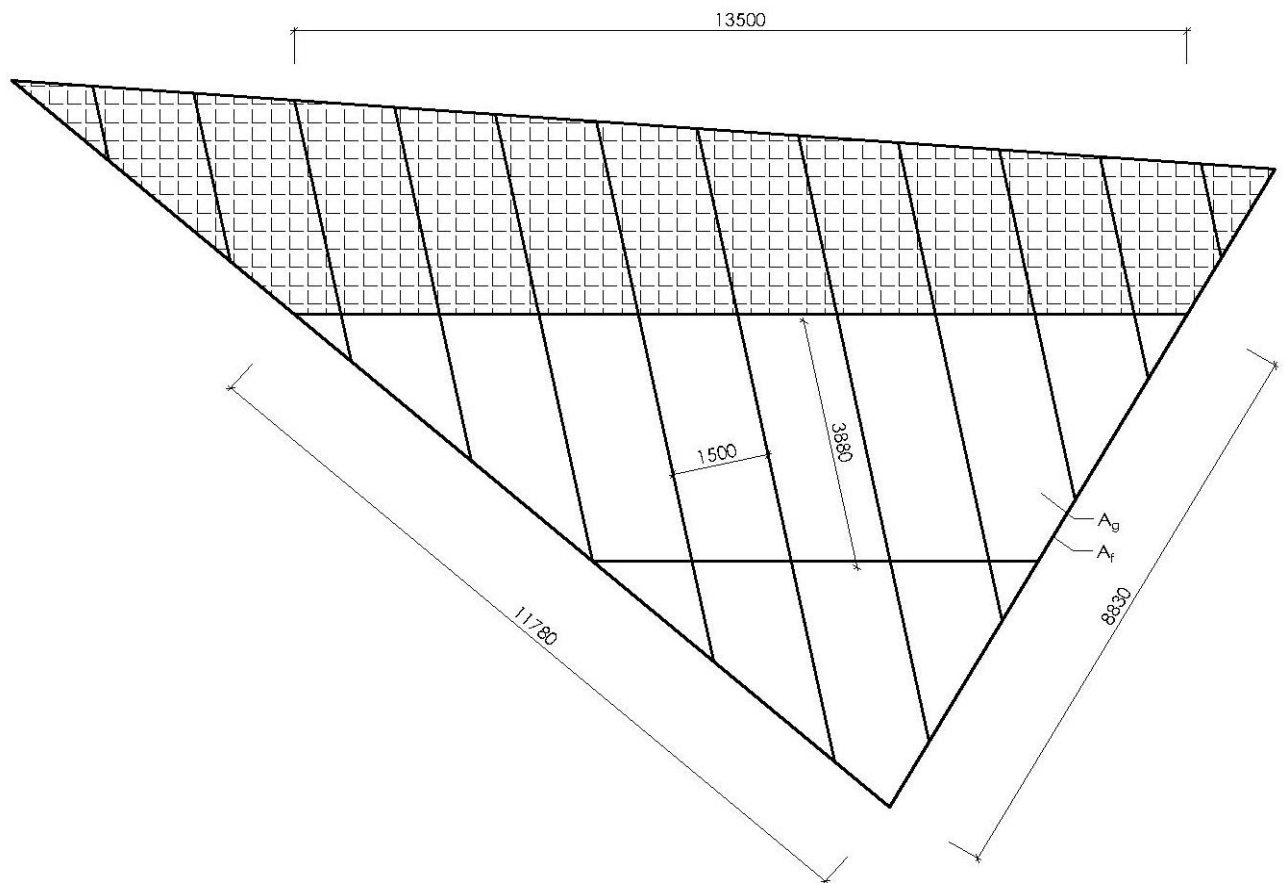
Plocha rámu a plocha zasklení je spočítána jako průměrná hodnota ze čtyř typových segmentů. Pro každý z těchto segmentů byla spočítána plocha zasklení i plocha rámu. Tyto hodnoty vycházejí ve všech případech podobné. Výsledná hodnota, se kterou je uvažováno v následujících výpočtech, je jejich průměrná hodnota.

Hodnoty uváděny v tabulkách byly získány výpočtem v programu „Energie 2016“.



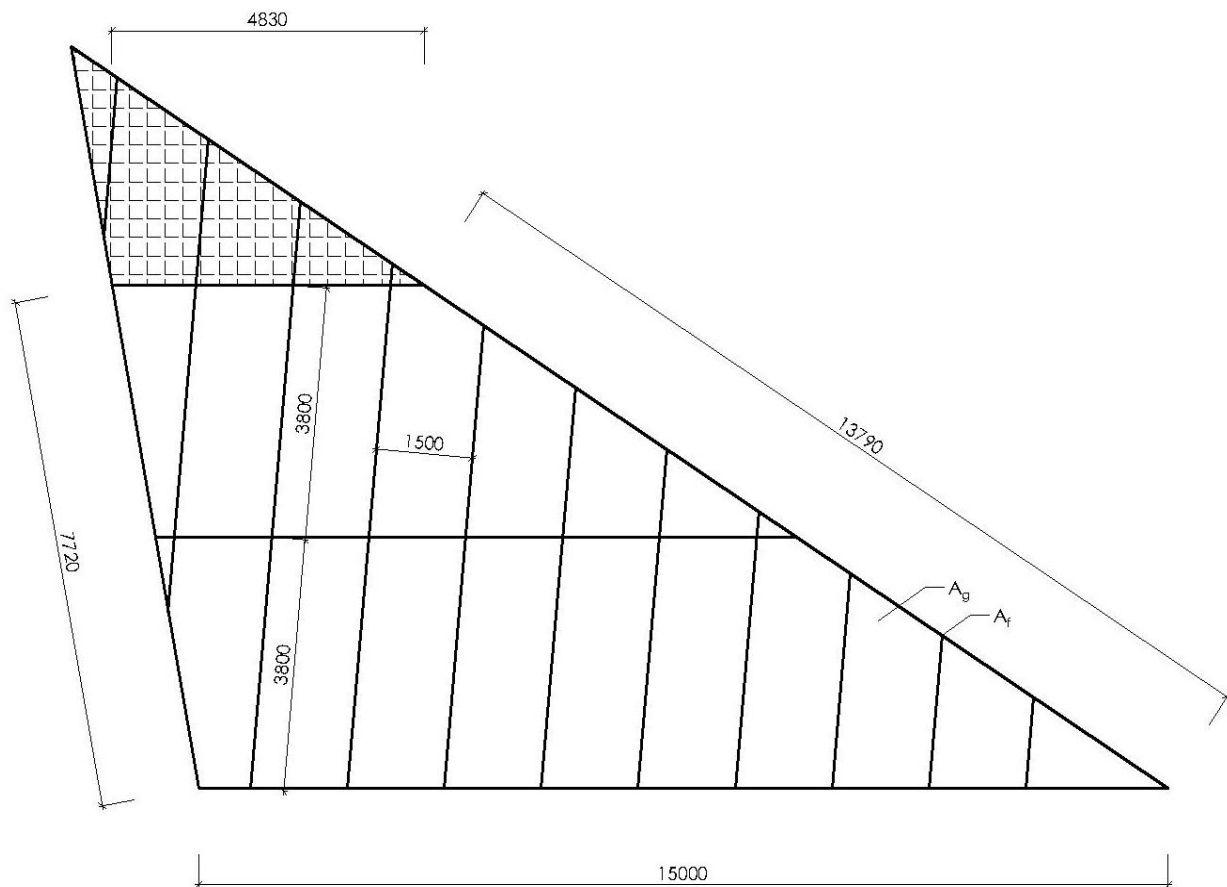
Plocha netvořící část tepelně-izolační obálky

Obrázek 1 Typový segment lehkého obvodového pláště č. 1



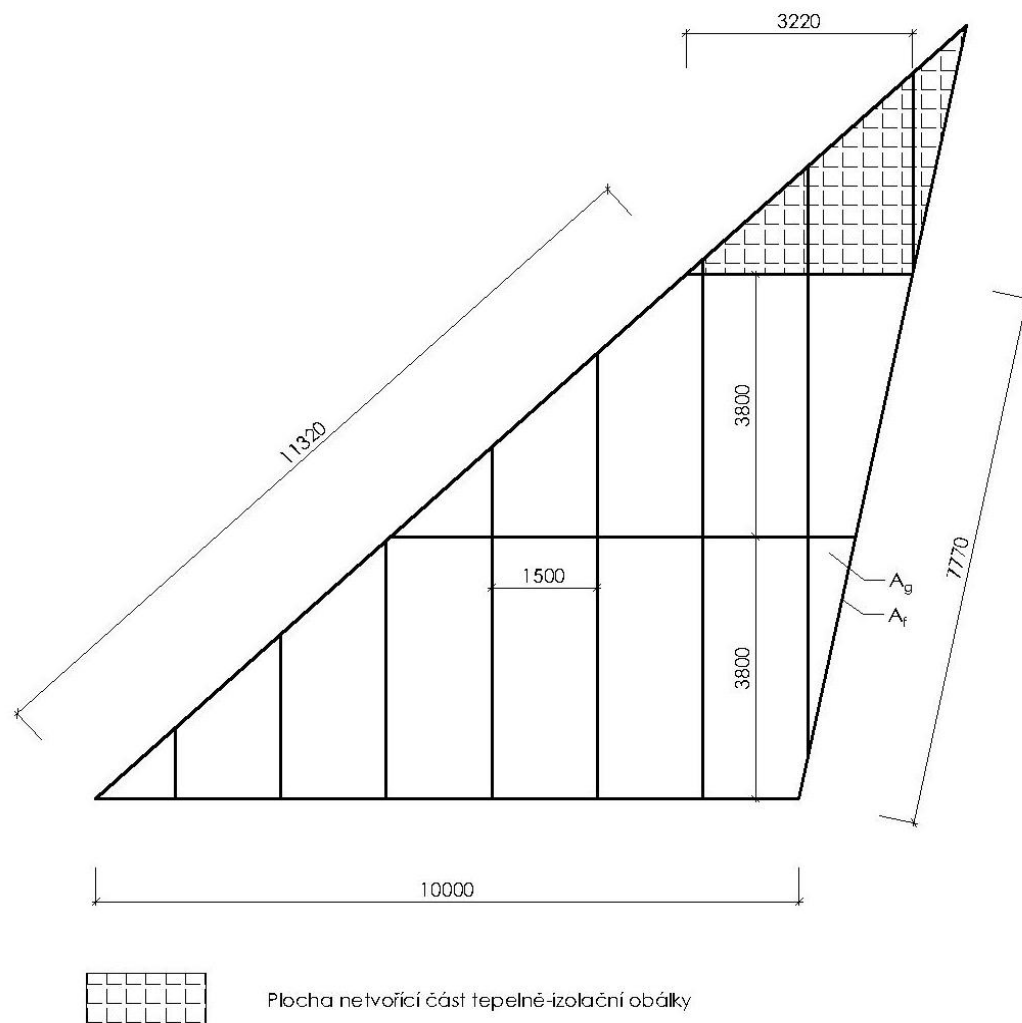
Plocha netvořící část tepelně-izolační obálky

Obrázek 2 Typový segment lehkého obvodového pláště č. 2



Plocha netvořící část tepelně-izolační obálky

Obrázek 3 Typový segment lehkého obvodového pláště č. 3



Obrázek 4 Typový segment lehkého obvodového pláště č. 4

1.2 Varianty proskleného lehkého obvodového pláště:

[1, 3, 4]

Byly vypracovány čtyři varianty celoproskleného lehkého obvodového pláště. Dvě z těchto variant jsou navrženy s tepelně izolačním trojsklem a dvě s tepelně izolačním dvojsklem.

VARIANTA 1: Schüco FW 50+.SI s tepelně izolačním trojsklem

Jedná se o hliníkový plášť s tepelně izolačním trojsklem. Maximální vzdálenost sloupků je 1 500 mm. [3]



Obrázek 5 Lehký obvodový plášť Schüco FW 50+.SI s tepelně izolačním trojsklem [3]

Tabulka 1 Parametry pláště budovy [1, 3, 4, 24]

šířka rámu [mm]	U_{LOP} [W/m ² .K]	U_{em} [W/m ² .K]	ψ [W/(m.K)]	A_g / A_f [-]
50	0.88	0.39	0.12	0.81

Tabulka 2 Výsledné hodnoty potřebné energie

Potřeba tepla na vytápění [GJ/a]	155.446
Potřeba chladu na chlazení [GJ/a]	670.955
potřeba energie na vytápění [kWh/(m ² .a)]	14
potřeba energie na chlazení [kWh/(m ² .a)]	62
Celková potřeba energie na vytápění a chlazení [kWh/(m ² .a)]	76

VARIANTA 2: Schüco FW 60+ s tepelně izolačním dvojsklem

Jedná se o hliníkový plášť s tepelně izolačním dvojsklem. Maximální vzdálenost sloupků je 1 500 mm. [3]



Obrázek 6 Lehký obvodový plášť Schüco FW 60+ s tepelně izolačním dvojsklem [3]

Tabulka 3 Parametry pláště budovy [1, 3, 4, 24]

šířka rámu [mm]	U_{LOP} [W/m ² .K]	U_{em} [W/m ² .K]	ψ [W/(m.K)]	A_g / A_f [-]
60	1.45	0.58	0.12	0.79

Tabulka 4 Výsledné hodnoty potřebné energie

Potřeba tepla na vytápění [GJ/a]	272.108
Potřeba chladu na chlazení [GJ/a]	841.452
potřeba energie na vytápění [kWh/(m ² .a)]	25
potřeba energie na chlazení [kWh/(m ² .a)]	78
Celková potřeba energie na vytápění a chlazení [kWh/(m ² .a)]	103

VARIANTA 3: Schüco FWS 35 PD s tepelně izolačním trojsklem

Jedná se o hliníkový plášť s tepelně izolačním trojsklem. Maximální vzdálenost sloupků je 1 500 mm. [3]



Obrázek 7 Lehký obvodový plášť Schüco FWS 35 PD s tepelně izolačním trojsklem [3]

Tabulka 5 Parametry pláště budovy [1, 3, 4, 24]

šířka rámu [mm]	U_{LOP} [W/m ² .K]	U_{em} [W/m ² .K]	ψ [W/(m.K)]	A_g / A_f [-]
35	0.91	0.40	0.12	0.82

Tabulka 6 Výsledné hodnoty potřebné energie

Potřeba tepla na vytápění [GJ/a]	162.304
Potřeba chladu na chlazení [GJ/a]	675.275
potřeba energie na vytápění [kWh/(m ² .a)]	15
potřeba energie na chlazení [kWh/(m ² .a)]	62
Celková potřeba energie na vytápění a chlazení [kWh/(m ² .a)]	77

VARIANTA 4: Schüco FWS 35 PD s tepelně izolačním dvojsklem

Jedná se o hliníkový plášť s tepelně izolačním dvojsklem. Maximální vzdálenost sloupků je 1 500 mm. [3]



Obrázek 8 Lehký obvodový plášť Schüco FWS 35 PD s tepelně izolačním dvojsklem [3]

Tabulka 7 Parametry pláště budovy [1, 3, 4, 24]

šířka rámu [mm]	U_{LOP} [W/m ² .K]	U_{em} [W/m ² .K]	Ψ [W/(m.K)]	A_g / A_f [-]
35	1.34	0.54	0.12	0.82

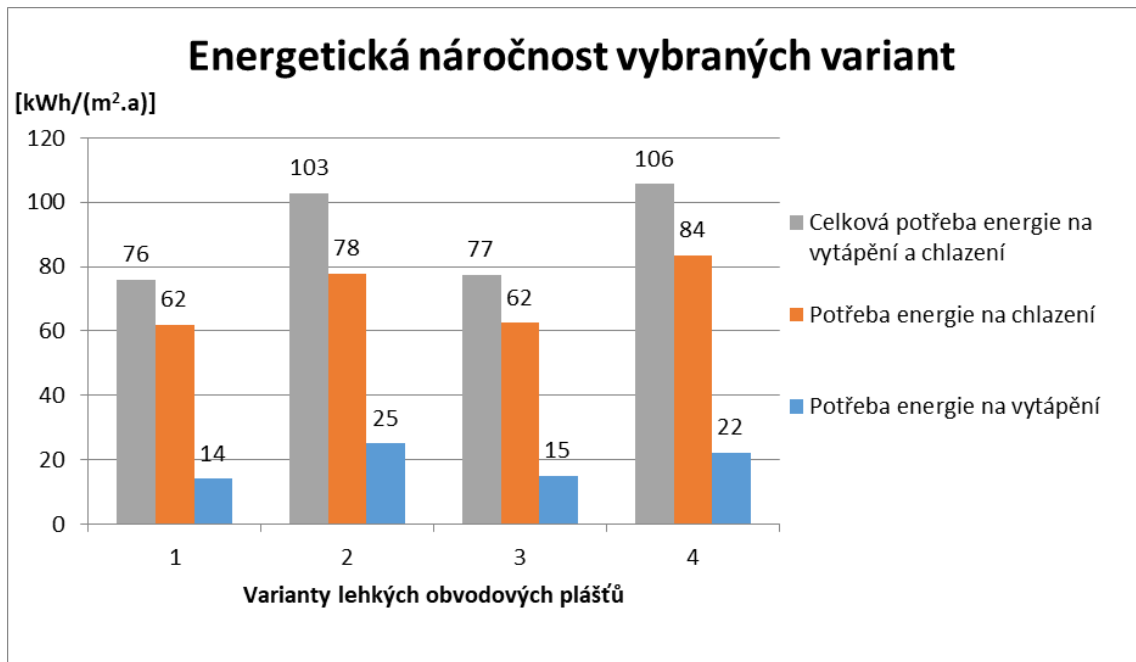
Tabulka 8 Výsledné hodnoty potřebné energie

Potřeba tepla na vytápění [GJ/a]	234.289
Potřeba chladu na chlazení [GJ/a]	904.347
potřeba energie na vytápění [kWh/(m ² .a)]	22
potřeba energie na chlazení [kWh/(m ² .a)]	84
Celková potřeba energie na vytápění a chlazení [kWh/(m ² .a)]	106

Ve všech posuzovaných případech vychází potřeba tepla na vytápění relativně malá. Důvodem jsou velké tepelné zisky, ať už interiérové (standartní situace pro administrativní budovy) nebo pasivní solární zisky (standartní situace pro obvodové pláště s velkým procentem zasklení).

Situace v zimním období se tudíž nejeví jako stěžejní pro energetickou optimalizaci lehkého obvodového pláště. Naopak potřeba chladu na chlazení je logicky násobně vyšší. Co do úspory energie je tedy největší potenciál ve snížení potřeby chladu na chlazení.

Je pravděpodobné, že snížení potřeby chladu na chlazení v letním období může mít negativní dopad na spotřebu tepla na vytápění v období zimním a naopak. Jako stěžejní kritérium pro energetickou optimalizaci lehkého obvodového pláště zůstává tedy celková potřeba energie na vytápění a chlazení.



Obrázek 9 Energetická náročnost provozu budovy s daným lehkým obvodovým pláštěm

1.3 Varianty proskleného lehkého obvodového pláště s dvojitou fasádou:

[1, 3, 4]

Vzduchová mezera ve zdvojené fasádě je uvažována jako slabě větraná vzduchová mezera.

$R_g = 1/(h_a + h_r)$ – tepelný odpor nevětrané vzduchové vrstvy [m²K/W]

$R_{g,sv} = 0,5 R_g$ – tepelný odpor slabě větrané vzduchové vrstvy [m²K/W]

$h_a = \max(1,57; 0,025/d)$ – součinitel přestupu tepla prouděním a vedením pro vodorovný tepelný tok [W/(m²K)]

$d = 0,1$ – tloušťka dutiny [m]

$h_r = 2,27 \cdot 10^{-7} \cdot T_m^3 \cdot E \cdot F$ – součinitel prostupu tepla sáláním [W/(m²K)]

$E = 1/(1/\varepsilon_1 + 1/\varepsilon_2 - 1)$ – součinitel vzájemného sálání

ε = emisivita povrchů – běžné stavební materiály: $\varepsilon = 0,9$

$T_m = 283,15$ – střední absolutní teplota [K]

$F = 0,5 \cdot (1 + (1 + (d/b)^2)^{0,5} - d/b)$

$b = 1,5m$ – šířka kolmá na teplotní tok

$$R_{g,sv} = \underline{0,088 \text{ m}^2\text{K/W}}$$

$$R_g = \underline{0,011 \text{ m}^2\text{K/W}} \quad \text{– tepelný odpor jednoduchého zasklení} \\ [\text{m}^2\text{K/W}] (R = d/\lambda)$$

$$R_{si} = 0,13; R_{se} = 0,04 \quad [\text{m}^2\text{K/W}]$$

$$U_{LOP} = 1/(R_{LOP} + R_{g,sv} + R_g + R_{si} + R_{se})$$

VARIANTA 1: Schüco FW 50+.SI s tepelně izolačním trojsklem

Jedná se o hliníkový plášť s tepelně izolačním trojsklem. Maximální vzdálenost sloupků je 1 500 mm. Před tímto pláštěm je jednoduché zasklení. [3]

Tabulka 9 Parametry pláště budovy [1, 3, 4, 24]

šířka rámu [mm]	U_{LOP} [W/m ² .K]	U_{em} [W/m ² .K]	Ψ [W/(m.K)]	A_g / A_f [-]
50	0.81	0.36	0.12	0.82

Tabulka 10 Výsledné hodnoty potřebné energie

Potřeba tepla na vytápění [GJ/a]	156.513
Potřeba chladu na chlazení [GJ/a]	556.762
potřeba energie na vytápění [kWh/(m ² .a)]	14
potřeba energie na chlazení [kWh/(m ² .a)]	51
Celková potřeba energie na vytápění a chlazení [kWh/(m ² .a)]	65

VARIANTA 2: Schüco FW 60+ s tepelně izolačním dvojsklem

Jedná se o hliníkový plášť s tepelně izolačním dvojsklem. Maximální vzdálenost sloupků je 1 500 mm. Před tímto pláštěm je jednoduché zasklení. [3]

Tabulka 11 Parametry pláště budovy [1, 3, 4, 24]

šířka rámu [mm]	U_{LOP} [W/m ² .K]	U_{em} [W/m ² .K]	ψ [W/(m.K)]	A_g / A_f [-]
60	1.27	0.52	0.12	0.82

Tabulka 12 Výsledné hodnoty potřebné energie

Potřeba tepla na vytápění [GJ/a]	251.079
Potřeba chladu na chlazení [GJ/a]	695.078
potřeba energie na vytápění [kWh/(m ² .a)]	23
potřeba energie na chlazení [kWh/(m ² .a)]	64
Celková potřeba energie na vytápění a chlazení [kWh/(m ² .a)]	87

VARIANTA 3: Schúco FWS 35 PD s tepelně izolačním trojsklem

Jedná se o hliníkový plášť s tepelně izolačním trojsklem. Maximální vzdálenost sloupků je 1 500 mm. Před tímto pláštěm je jednoduché zasklení. [3]

Tabulka 13 Parametry pláště budovy [1, 3, 4, 24]

šířka rámu [mm]	U_{LOP} [W/m ² .K]	U_{em} [W/m ² .K]	ψ [W/(m.K)]	A_g / A_f [-]
35	0.83	0.37	0.12	0.82

Tabulka 14 Parametry pláště budovy

Potřeba tepla na vytápění [GJ/a]	161.747
Potřeba chladu na chlazení [GJ/a]	551.322
potřeba energie na vytápění [kWh/(m ² .a)]	15
potřeba energie na chlazení [kWh/(m ² .a)]	51
Celková potřeba energie na vytápění a chlazení [kWh/(m ² .a)]	66

VARIANTA 4: Schúco FWS 35 PD s tepelně izolačním dvojsklem

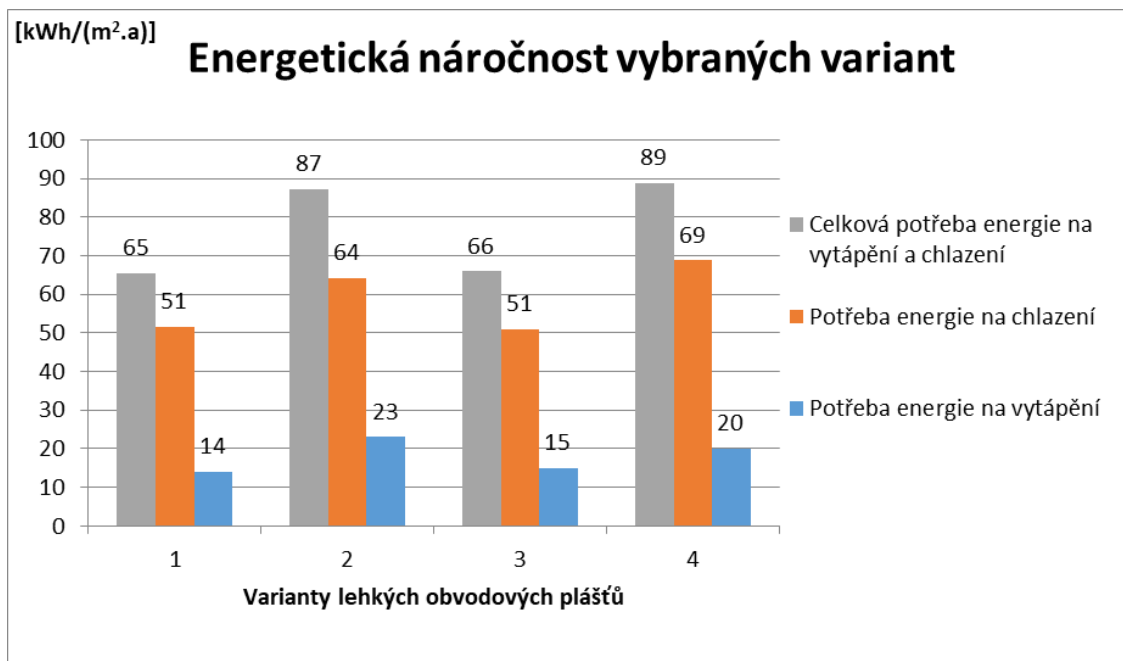
Jedná se o hliníkový plášť s tepelně izolačním dvojsklem. Maximální vzdálenost sloupků je 1 500 mm. Před tímto pláštěm je jednoduché zasklení. [3]

Tabulka 15 Parametry pláště budovy [1, 3, 4, 24]

šířka rámu [mm]	U_{LOP} [W/m ² .K]	U_{em} [W/m ² .K]	ψ [W/(m.K)]	A_g / A_f [-]
35	1.18	0.49	0.12	0.82

Tabulka 16 Výsledné hodnoty potřebné energie

Potřeba tepla na vytápění [GJ/a]	218.989
Potřeba chladu na chlazení [GJ/a]	744.344
potřeba energie na vytápění [kWh/(m ² .a)]	20
potřeba energie na chlazení [kWh/(m ² .a)]	69
Celková potřeba energie na vytápění a chlazení [kWh/(m ² .a)]	89

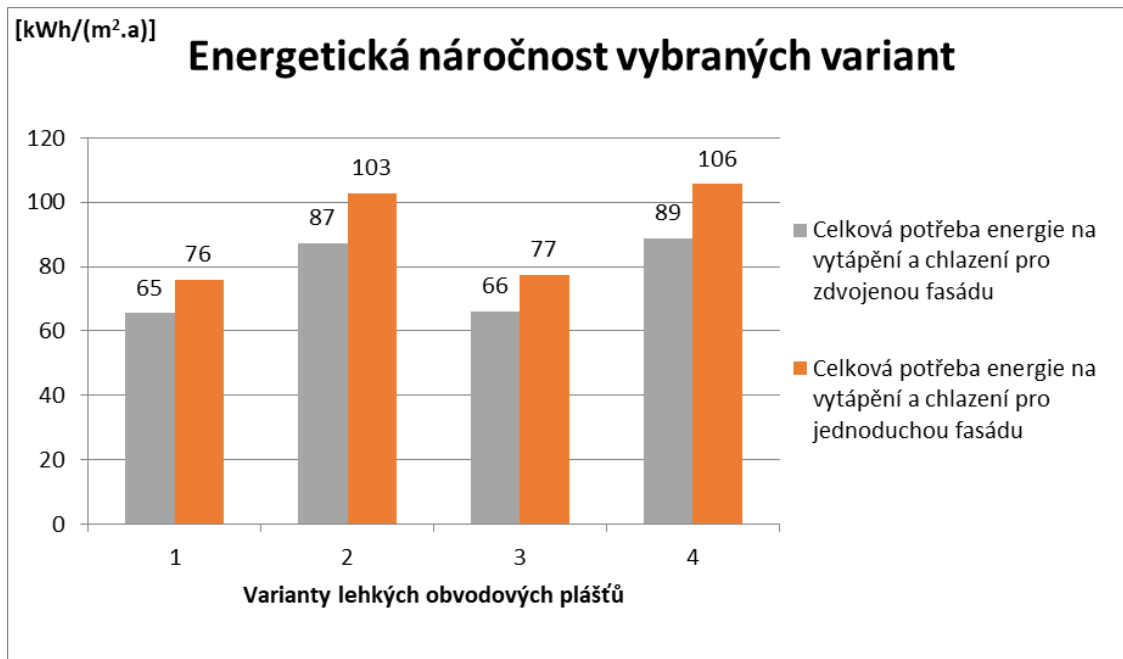


Obrázek 10 Energetická náročnost provozu budovy s daným lehkým obvodovým pláštěm a zdvojenou fasádou

1.4 Výběr výsledné varianty lehkého obvodového pláště:

Tabulka 17 Výsledné hodnoty potřebné energie všech dosavadních variant

Celková potřeba energie na vytápění a chlazení [kWh/(m ² .a)]		
Varianta	Jednoduchá fasáda	Dvojitá fasáda
1	76	65
2	103	87
3	77	66
4	106	89



Obrázek 11 Porovnání energetické náročnosti provozu budovy pro jednoduché i zdvojené fasády

Je patrné, že rozdíl mezi jednoduchou a zdvojenou fasádou je především u variant s tepelně izolačním dvojsklem. Zlepšení vlastností lehkého obvodového pláště s tepelně izolačním trojsklem je menší.

Jako výsledná varianta lehkého obvodového pláště byla vybrána varianta č.1. Tato varianta se jeví jako energeticky nejvýhodnější v obou případech. (Jednoduchá i zdvojená fasáda.)

V dalších krocích bude posuzována výhradně varianta 1 – *Schüco FW 50+.SI* s tepelně izolačním trojsklem.

1.5 Další optimalizace lehkého obvodového pláště:

[1, 3, 4, 5, 24]

Ve všech doposud hodnocených variantách zůstává největší problém potřeba chladu na chlazení. Jako klíčové opatření bude jistě návrh efektivního stínícího systému.

Před návrhem stínění je ale vhodné eliminovat částečně prosklené plochy a nahradit je plochami neprůhlednými. Toto opatření má za následek snížení pasivních solárních zisků → nižší potřeba chladu na chlazení a zároveň vyšší potřeba tepla na vytápění. Aby došlo k co možná největší efektivitě tohoto

opatření, je vhodné maximálně zvýšit tepelně izolační schopnost pláště v těchto neprůhledných místech.

Ve snaze o co nejmenší ovlivnění architektury objektu se ukazuje jako zajímavá možnost užití neprůhledného zasklení v kombinaci s náhradou plynové vrstvy v zasklení za hmotu s lepšími tepelně izolačními vlastnostmi. V případě lehkého obvodového pláště *Schüco FW 50+.SI* je maximální tloušťka skla uváděná výrobcem 64 mm. [3] Pro případ 2x5 + 1x4 mm tloušťky skel je zbylý prostor 2x25mm. Tloušťka 25mm odpovídá sériově vyráběným vakuovým panelům. Například panely *VACUPOR® NT-B2-S*. [5]

$$\lambda = 0,007 \text{ W/(m.K)}$$

$$U_g = 1/(\sum R_n) \text{ [W/(m}^2\text{K)]}$$

$$\text{Prosklená část} - U_g = 0,88 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

$$\text{Neprůhledná část} - U_g = 0,48 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Celkový součinitel prostupu tepla je spočítán stejně jako v případě standardní fasády bez přidané vakuové izolace. Podle následujícího vztahu.

$$U_{LOP} = (U_g \times A_g + U_f \times A_f + \Psi \times l) / (A_g + A_f) \text{ [W/(m}^2\text{K)]} \quad [24]$$

Pouze v místech s přidanou vakuovou izolací se mění hodnota U_g .

Využití neprůhledné části lehkého obvodového pláště je vhodné zejména v místech stropu až do výšky standardního parapetu. Z konstrukčních důvodů je nutné přidat rámy lehkého obvodového pláště. Tím se mění procento zasklení z 82% na 80%.

1.6 Zdvojená fasáda s doplněním vakuové izolace (25% plochy):

[1, 3, 4, 5, 24]

Tabulka 18 Parametry pláště budovy [1, 3, 4, 24]

šířka rámu [mm]	U_{LOP} [W/m ² .K]	U_{em} [W/m ² .K]	ψ [W/(m.K)]	A_g / A_f [-]
50	0.73	0.33	0.12	0.80

Tabulka 19 Výsledné hodnoty potřebné energie

Potřeba tepla na vytápění [GJ/a]	153.83
Potřeba chladu na chlazení [GJ/a]	431.644
potřeba energie na vytápění [kWh/(m ² .a)]	14
potřeba energie na chlazení [kWh/(m ² .a)]	40
Celková potřeba energie na vytápění a chlazení [kWh/(m ² .a)]	54

Kombinace vakuových panelů a zdvojené fasády vede k energeticky efektivnějšímu plášti budovy. Jedná se ale o kombinaci velice nákladných technologií. Proto je vhodné ji porovnat s dalšími alternativami.

1.7 Jednoduchá fasáda s doplněním vakuové izolace (25% plochy):

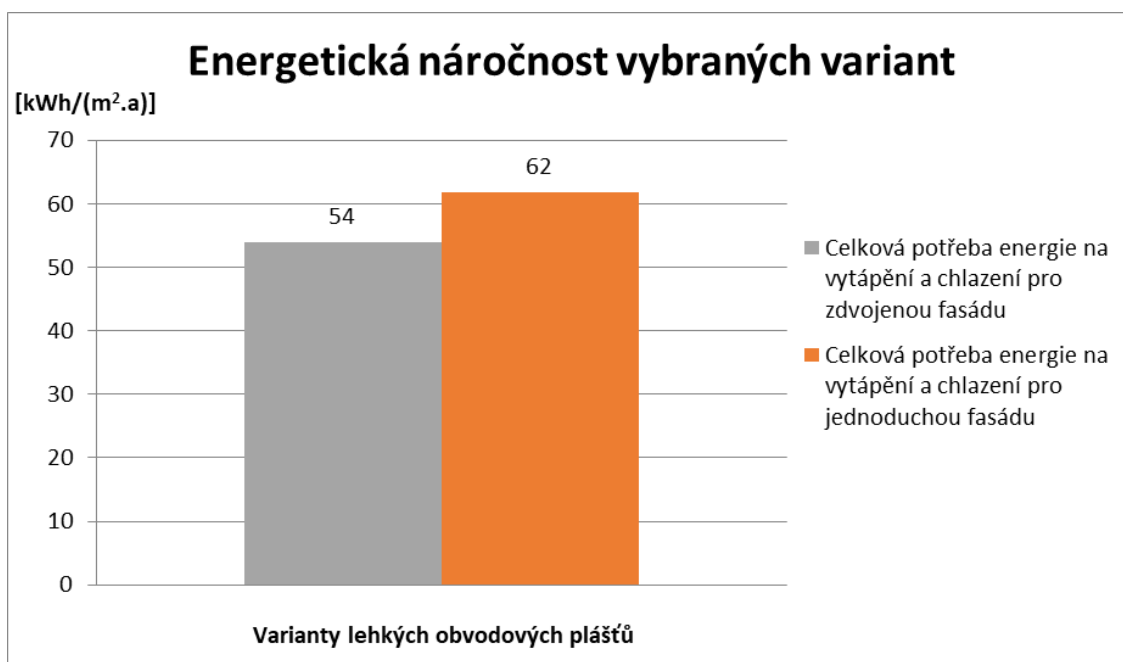
[1, 3, 4, 5, 24]

Tabulka 20 Parametry pláště budovy [1, 3, 4, 24]

šířka rámu [mm]	U_{LOP} [W/m ² .K]	U_{em} [W/m ² .K]	ψ [W/(m.K)]	A_g / A_f [-]
50	0.78	0.35	0.12	0.80

Tabulka 21 Výsledné hodnoty potřebné energie

Potřeba tepla na vytápění [GJ/a]	151.776
Potřeba chladu na chlazení [GJ/a]	517.156
potřeba energie na vytápění [kWh/(m ² .a)]	14
potřeba energie na chlazení [kWh/(m ² .a)]	48
Celková potřeba energie na vytápění a chlazení [kWh/(m ² .a)]	62



Obrázek 12 Porovnání energetické náročnosti provozu budovy s vybranou fasádou s 25% plochy vyplněnými vakuovou izolací pro jednoduchou i zdvojenou variantu fasády

Rozdíl v celkové potřebě energie na vytápění a chlazení budovy je pouze 8 kWh/(m².a). Využití zdvojené fasády se jeví jako zbytečně nákladné v závislosti na energetické úspoře.

1.8 Jednoduchá fasáda s doplněním vakuové izolace (25% plochy) s vnějším stíněním:

Jedná se o totožnou variantu fasády (1.7) doplněnou o stínění venkovními žaluziemi.

Tabulka 22 Parametry pláště budovy [1, 3, 4, 5, 6, 24]

šířka rámu [mm]	U_{LOP} [W/m ² .K]	U_{em} [W/m ² .K]	ψ [W/(m.K)]	A_g / A_f [-]	účinnost stínění	doba stínění	
						zima	léto
50	0.78	0.35	0.12	0.80	0.2	30%	60%

Tabulka 23 Výsledné hodnoty potřebné energie

Potřeba tepla na vytápění [GJ/a]	176.885
Potřeba chladu na chlazení [GJ/a]	268.768
potřeba energie na vytápění [kWh/(m ² .a)]	16
potřeba energie na chlazení [kWh/(m ² .a)]	25
Celková potřeba energie na vytápění a chlazení [kWh/(m ² .a)]	41

1.9 Jednoduchá fasáda s doplněním vakuové izolace (25% plochy) s vnitřním stíněním:

[1, 3, 4, 5, 6, 24]

Jedná se o totožnou variantu fasády (1.7) doplněnou o stínění vnitřními žaluziemi.

Tabulka 24 Parametry pláště budovy [1, 3, 4, 6, 24]

šířka rámu [mm]	U_{LOP} [W/m ² .K]	U_{em} [W/m ² .K]	Ψ [W/(m.K)]	A_g / A_f [-]	účinnost stínění	doba stínění	
						zima	léto
50	0.78	0.35	0.12	0.80	0.6	30%	60%

Tabulka 25 Výsledné hodnoty potřebné energie

Potřeba tepla na vytápění [GJ/a]	163.766
Potřeba chladu na chlazení [GJ/a]	389.478
potřeba energie na vytápění [kWh/(m ² .a)]	15
potřeba energie na chlazení [kWh/(m ² .a)]	36
Celková potřeba energie na vytápění a chlazení [kWh/(m ² .a)]	51

1.10 Jednoduchá fasáda s doplněním vakuové izolace (25% plochy) s kombinací stínění:

[1, 3, 4, 5, 6, 24]

Kombinace stínících technik s odlišnou účinností eliminace pasivních solárních zisků vede při správném užívání k větším pasivním solárním ziskům v zimním období a k nižším pasivním solárním ziskům v letním období. To může efektivně snížit spotřebu tepla na vytápění i spotřebu chladu na chlazení. Žádoucí je tedy co možná nejodlišnější účinnost stínění. Respektive využívání vnějšího stínění s vysokou účinností v letním období a vnitřního s nízkou účinností v zimním.

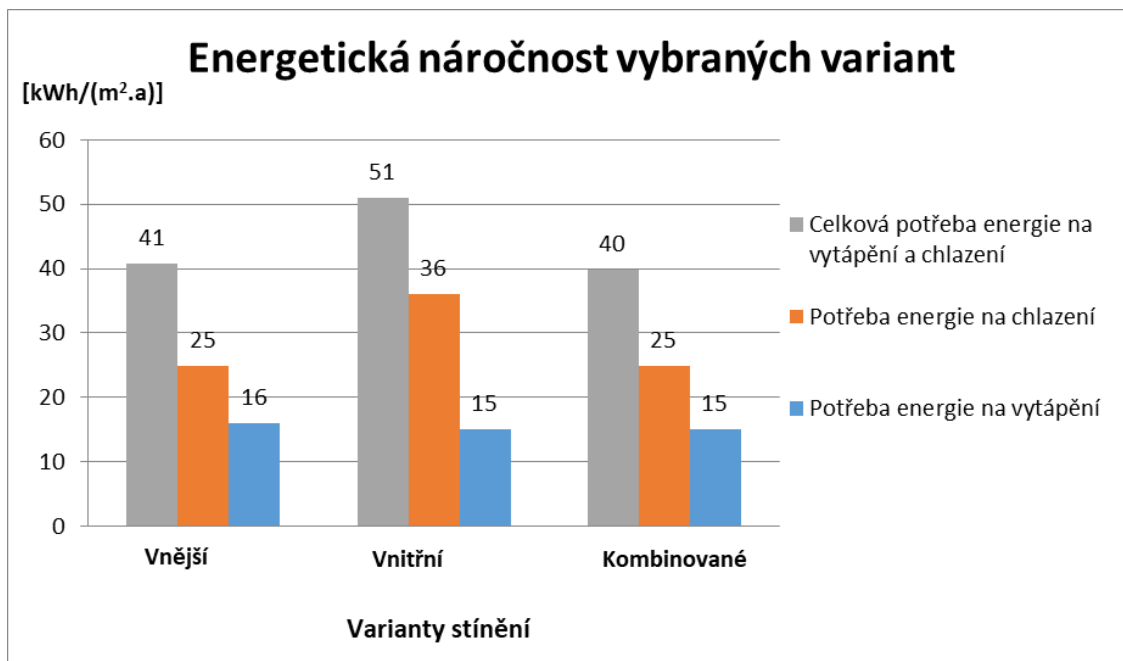
Tabulka 26 Parametry pláště budovy [1, 3, 4, 5, 6, 24]

šířka rámu [mm]	U_{LOP} [W/m ² .K]	U_{em} [W/m ² .K]	ψ [W/(m.K)]	A_g / A_f [-]	účinnost vnitřního stínění	účinnost vnějšího stínění	doba stínění	
							zima	léto
50	0.78	0.35	0.12	0.80	0.8	0.2	30%	60%

Tabulka 27 Výsledné hodnoty potřebné energie

Potřeba tepla na vytápění [GJ/a]	157.785
Potřeba chladu na chlazení [GJ/a]	268.768
potřeba energie na vytápění [kWh/(m ² .a)]	15
potřeba energie na chlazení [kWh/(m ² .a)]	25
Celková potřeba energie na vytápění a chlazení [kWh/(m ² .a)]	40

Kombinace vnějšího a vnitřního stínění se i přes předpoklady ukázalo v tomto případě jako neefektivní. Ve výsledné variantě bude tedy navržen pouze jeden typ stínění.



Obrázek 13 Porovnání energetické náročnosti provozu budovy pro různé varianty stínění

1.11 Jednoduchá fasáda s doplněním vakuové izolace (35% plochy) s vnějším stíněním:

Tabulka 28 Parametry pláště budovy [1, 3, 4, 5, 6, 24]

šířka rámu [mm]	U_{LOP} [W/m ² .K]	U_{em} [W/m ² .K]	ψ [W/(m.K)]	A_g / A_f [-]	účinnost stínění	doba stínění	
						zima	léto
50	0.74	0.34	0.12	0.80	0.2	30%	60%

Tabulka 29 Výsledné hodnoty potřebné energie

Potřeba tepla na vytápění [GJ/a]	174.407
Potřeba chladu na chlazení [GJ/a]	235.529
potřeba energie na vytápění [kWh/(m ² .a)]	16
potřeba energie na chlazení [kWh/(m ² .a)]	22
Celková potřeba energie na vytápění a chlazení [kWh/(m ² .a)]	38

1.12 Jednoduchá fasáda s doplněním vakuové izolace (35% plochy) s vnitřním stíněním:

Tabulka 30 Parametry pláště budovy [1, 3, 4, 5, 6, 24]

šířka rámu [mm]	U_{LOP} [W/m ² .K]	U_{em} [W/m ² .K]	ψ [W/(m.K)]	A_g / A_f [-]	účinnost stínění	doba stínění	
						zima	léto
50	0.74	0.34	0.12	0.80	0.6	30%	60%

Tabulka 31 Výsledné hodnoty potřebné energie

Potřeba tepla na vytápění [GJ/a]	162.339
Potřeba chladu na chlazení [GJ/a]	343.329
potřeba energie na vytápění [kWh/(m ² .a)]	15
potřeba energie na chlazení [kWh/(m ² .a)]	32
Celková potřeba energie na vytápění a chlazení [kWh/(m ² .a)]	47

Vnitřní stínění vychází dle předpokladů hůře než vnější. Rozdíl tvoří 9 kWh/(m².a). Užití vnějšího stínění je ale spojeno v tomto případě s dalšími komplikacemi. Vnější stínění venkovními žaluziemi by komplikovalo situaci v zakomponování vakuových panelů do lehkého obvodového pláště. Vzhledem k dynamické a velmi členité fasádě objektu, by bylo zároveň složité pro realizaci i následnou údržbu. V neposlední řadě by i ovlivňovalo výsledný architektonický vzhled objektu. Z těchto důvodů se jako optimální způsob stínění jeví vnitřní stínění s co nejvyšší účinností. To odpovídá vnitřním žaluziím s co nejvyšší odrazivostí.

1.13 Jednoduchá fasáda s doplněním vakuové izolace (35% plochy) s vnitřním stíněním, $U_{\text{střecha}} = 0,08 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$:

Tabulka 32 Parametry pláště budovy [1, 3, 4, 5, 6, 24]

šířka rámu [mm]	U_{LOP} [W/m ² .K]	U_{em} [W/m ² .K]	ψ [W/(m.K)]	A_g / A_f [-]	účinnost stínění	doba stínění	
						zima	léto
50	0.74	0.33	0.12	0.80	0.6	30%	60%

Tabulka 33 Výsledné hodnoty potřebné energie

Potřeba tepla na vytápění [GJ/a]	156.116
Potřeba chladu na chlazení [GJ/a]	341.407
potřeba energie na vytápění [kWh/(m ² .a)]	14
potřeba energie na chlazení [kWh/(m ² .a)]	32
Celková potřeba energie na vytápění a chlazení [kWh/(m ² .a)]	46

1.14 Jednoduchá fasáda s doplněním vakuové izolace (35% plochy) s vnitřním stíněním, $U_{\text{střecha}} = 0,12 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$:

Tabulka 34 Parametry pláště budovy [1, 3, 4, 5, 6, 24]

šířka rámu [mm]	U_{LOP} [W/m ² .K]	U_{em} [W/m ² .K]	ψ [W/(m.K)]	A_g / A_f [-]	účinnost stínění	doba stínění	
						zima	léto
50	0.74	0.35	0.12	0.80	0.6	30%	60%

Tabulka 35 Výsledné hodnoty potřebné energie

Potřeba tepla na vytápění [GJ/a]	168.608
Potřeba chladu na chlazení [GJ/a]	345.265
potřeba energie na vytápění [kWh/(m ² .a)]	16
potřeba energie na chlazení [kWh/(m ² .a)]	32
Celková potřeba energie na vytápění a chlazení [kWh/(m ² .a)]	48

Původní součinitel prostupu tepla pro konstrukci ploché střechy, $U_{\text{střecha}} = 0,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ se ukazuje jako efektivní. V dalších variantách bude zachován.

1.15 Jednoduchá fasáda s doplněním vakuové izolace (35% plochy) s vnitřním stíněním, $U_{\text{podlaha}} = 0,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$:

Tabulka 36 Parametry pláště budovy [1, 3, 4, 5, 6, 24]

šířka rámu [mm]	U_{LOP} [W/m ² .K]	U_{em} [W/m ² .K]	ψ [W/(m.K)]	A_g / A_f [-]	účinnost stínění	doba stínění	
						zima	léto
50	0.74	0.33	0.12	0.80	0.6	30%	60%

Tabulka 37 Výsledné hodnoty potřebné energie

Potřeba tepla na vytápění [GJ/a]	160.03
Potřeba chladu na chlazení [GJ/a]	345.314
potřeba energie na vytápění [kWh/(m ² .a)]	15
potřeba energie na chlazení [kWh/(m ² .a)]	32
Celková potřeba energie na vytápění a chlazení [kWh/(m ² .a)]	47

1.16 Jednoduchá fasáda s doplněním vakuové izolace (35% plochy) s vnitřním stíněním, $U_{\text{podlaha}} = 0,16 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$:

Tabulka 38 Parametry pláště budovy [1, 3, 4, 5, 6, 24]

šířka rámu [mm]	U_{LOP} [W/m ² .K]	U_{em} [W/m ² .K]	ψ [W/(m.K)]	A_g / A_f [-]	účinnost stínění	doba stínění	
						zima	léto
50	0.74	0.34	0.12	0.80	0.6	30%	60%

Tabulka 39 Výsledné hodnoty potřebné energie

Potřeba tepla na vytápění [GJ/a]	165.739
Potřeba chladu na chlazení [GJ/a]	340.471
potřeba energie na vytápění [kWh/(m ² .a)]	15
potřeba energie na chlazení [kWh/(m ² .a)]	31
Celková potřeba energie na vytápění a chlazení [kWh/(m ² .a)]	46

1.17 Jednoduchá fasáda s doplněním vakuové izolace (35% plochy) s vnitřním stíněním, $U_{\text{podlaha}} = 0,18 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$:

Tabulka 40 Parametry pláště budovy [1, 3, 4, 5, 6, 24]

šířka rámu [mm]	U_{LOP} [W/m ² .K]	U_{em} [W/m ² .K]	ψ [W/(m.K)]	A_g / A_f [-]	účinnost stínění	doba stínění	
						zima	léto
50	0.74	0.35	0.12	0.80	0.6	30%	60%

Tabulka 41 Výsledné hodnoty potřebné energie

Potřeba tepla na vytápění [GJ/a]	168.188
Potřeba chladu na chlazení [GJ/a]	338.444
potřeba energie na vytápění [kWh/(m ² .a)]	16
potřeba energie na chlazení [kWh/(m ² .a)]	31
Celková potřeba energie na vytápění a chlazení [kWh/(m ² .a)]	47

Původní součinitel prostupu tepla pro konstrukci podlahy na terénu, $U_{\text{podlaha}} = 0,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ se jeví jako neefektivní. Ve výsledné variantě bude navržena konstrukce se součinitelem prostupu tepla $U_{\text{podlaha}} = 0,16 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Jako výsledná varianta je tedy zvolena varianta 1.16. Bude následovat detailní závěrečný výpočet pro tuto variantu.

1.18 Výsledný model pro zvolenou variantu

V tomto modelu je vyšší výměna vzduchu \rightarrow z $6272,0 \text{ m}^3/\text{h}$ vzrostla na $7352,5 \text{ m}^3/\text{h}$. Účinnost zpětného získávání tepla je ale znatelně vyšší než u prvotního konzervativního předpokladu. Účinnost rekuperace se zvýšila z 70% na 85%. Současně nebude uvažováno větrání pomocí vzduchotechniky pouze 40% času \rightarrow doba využití nuceného větrání se zpětným získáváním tepla bude 100% času. Další změnou je světlík nad prostorem schodiště, který nebyl v dřívějších modelech započítán.

Tato budova má samozřejmě nemalou spotřebu elektrické energie. Z tohoto důvodu je návrh fotovoltaiky více než vhodný. Součástí energetického modelu je tedy i návrh solárního fotovoltaického systému pro získávání elektrické energie. Fotovoltaické panely budou umístěny na ploché střeše. Jejich integrace do sklonité fasády objektu se sice nabízí, nicméně tato technologie je velice nákladná a s klon fasády je navíc poměrně neefektivní.

Tabulka 42 Parametry pláště budovy [1, 3, 4, 5, 6, 24]

šířka rámu [mm]	U_{LOP} [W/m ² .K]	U_{em} [W/m ² .K]	ψ [W/(m.K)]	A_g / A_f [-]	účinnost stínění	doba stínění	
						zima	léto
50	0.72	0.35	0.12	0.80	0.6	30%	60%

Tabulka 43 Výsledné hodnoty potřebné energie

Potřeba tepla na vytápění [GJ/a]	143.795
Potřeba chladu na chlazení [GJ/a]	283.645
potřeba energie na vytápění [kWh/(m ² .a)]	13
potřeba energie na chlazení [kWh/(m ² .a)]	26
Celková potřeba energie na vytápění a chlazení [kWh/(m ² .a)]	39

Původně uvažované hodnoty v energetickém modelu budovy byly spíše na straně bezpečnosti. V tomto posledním případě se započítáním přesných hodnot vychází budova poměrně efektivně. Stále ale převládá potřeba energie na chlazení nad energií potřebnou pro vytápění. Rozdíl těchto hodnot je přesně dvojnásobný.

2. Statika:

Jedná se o předběžný statický výpočet.

Hlavní nosné konstrukce budovy jsou železobetonové. Budova má dvě nadzemní podlaží. Nosný systém je skeletový s lokálně podepřenou stropní deskou bez viditelných průvlaků. Po obvodě budovy jsou stropní desky vykonzolovány s obráceným průvlakem na volném konci. V objektu jsou navrženy ztužující stěny a železobetonová schodiště.

Pomocná nosná ocelová konstrukce je tvořena ocelovými trubkami z oceli S235. Tato konstrukce slouží výhradně ke kotvení lehkého obvodového pláště.

2.1 Ocelová konstrukce pro kotvení lehkého obvodového pláště:

[16, 17, 21, 22, 23]

ZATÍŽENÍ (předběžný výpočet):

- vlastní tíha LOP vč. ocelové konstrukce: 1,00 kN/m²
- Vítr: větrná oblast I → 22,5 m/s [22]

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2 = \frac{1}{2} \times 1,25 \times 22,5^2 = 316 \text{ Pa} = \underline{0,32 \text{ kN/m}^2}$$

Jedná se o idealizovaný model → je uvažován obdélníkový půdorys s kolmými stěnami o rozměrech 25 x 70 m. Výška objektu je 9m nad přilehlým terénem.

kategorie terénu I, výška budovy 9m → odečet z grafu → $C_e(z) = \underline{2,7}$ [22]

$$q_p(z) = q_b \times C_e(z) = 0,32 \times 2,7 = \underline{0,86 \text{ kPa}}$$

Je uvažována pouze oblast A – sání v rozích budovy – posudek je tedy na straně bezpečnosti. → $C_{pe,1} = \underline{-1,4}$

e = menší z hodnot: (b; 2h) = (70 m; 18m)

$$e = 18 \text{ m} < d = 25 \text{ m}$$

$$w_{e,k} = q_p(z) \times C_{pe,1} = 0,86 \times (-1,4) = \underline{-1,2 \text{ kPa}}$$

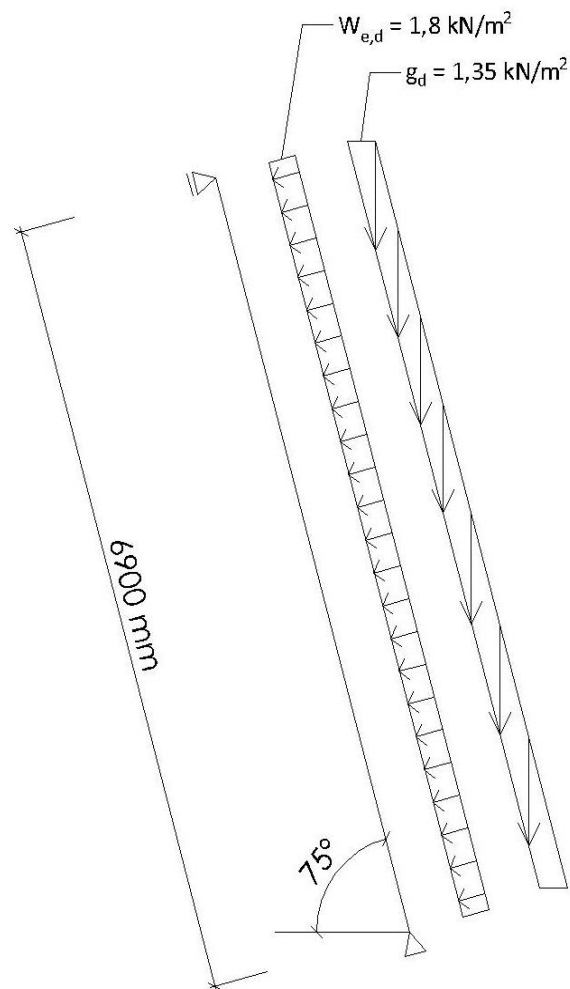
$$w_{e,d} = w_{e,k} \times \gamma_f = -1,2 \times 1,5 = \underline{-1,8 \text{ kPa}}$$

Maximální zatížení větrem na LOP je 2 až 3 kN/m² < 1,8 kN/m² (Požadavek výrobce) [3]

Zatížení od větru je v přípustných hodnotách. → LOP vyhovuje.

- Ocelová konstrukce:

Nese pouze lehký obvodový plášť, vlastní tíhu a musí odolat zatížení od větru. je zde kladen především požadavek na průhyb konstrukce. je uvažováno kloubové uložení v místě podkladového betonu, stropní konstrukce a nosné konstrukce ploché střechy. Požadavek na průhyb od sání větru je 15 mm. [23]



Obrázek 14 Statické schéma ocelové trubky zatížené větrem a tíhou LOP

- Zatížení kolmo na střednici – způsobující průhyb konstrukce: [17, 22]
 $(g+q)_d = w_{e,d} + q_d \times \sin(15^\circ) = 1,8 + 1,35 \sin(15) = 2,15 \text{ kN/m}^2$
zatěžovací plocha je $12,34 \text{ m}^2$.

VÝPOČET PRŮHYBU:

- Vzhledem k požadavku na průhyb konstrukce bude s největší pravděpodobností rozhodovat 2.MS – mezní stav použitelnosti (průhyb konstrukce).

- $w = 5/384 \cdot (g+q)_d \cdot l^4 / (E \cdot I_y)$ [21]

$$E = 210 \text{ MPa}$$

I_y – mění se v závislosti na průřezu

Jako nejvhodnější průřez pro danou konstrukci se jeví ocelová trubka. Od tvaru průřezu a tloušťky stěny se významně mění jak moment setrvačnosti (v závislosti na něm i průhyb), tak vlastní hmotnost konstrukce. S velkou hmotností ocelové trubky roste vlastní tíha konstrukce i její cena. Z tohoto důvodu je vhodné vybrat průřez z největší ohybovou tuhostí a umístit jej ve směru větší tuhosti.

- Možnost 1 - kruhová trubka průměr 245 mm tl. 8mm, 46.76 kg/m, $w = 12,9$ mm
- Možnost 2 - čtvercová trubka 200 x 200 mm tl. 8 mm, 47.73 kg/m, $w = 14,56$ mm
- Možnost 3 - obdélníková trubka 220 x 120 mm tl. 10 mm, 49.38 kg/m, $w = 14,7$ mm
- Možnost 4 - obdélníková trubka 250 x 150 mm tl. 6.3 mm, 37.99 kg/m, $w = 13,5$ mm

Ostatní průřezy nesplňují požadavek na maximální průhyb 15 mm nebo vycházejí hůře z pohledu potřeby oceli. Z uvedených variant vychází nejlépe poslední – obdélníková trubka 250 x 150 mm, tl. 6,3 mm umístěná ve směru větší tuhosti. Hmotnost tohoto nosníku je přibližně o 10 kg/m délky nosníku nižší než u ostatních možností. To znamená přibližně 20% úsporu materiálu.

OVĚŘENÍ ÚNOSTNOSTI (1.MS): kombinace tlaku a ohybu

ocel s235

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot (235 / f_y)^{0,5} = 93,9 \cdot (235 / 235)^{0,5} = \underline{93,9}$$

$$\lambda = L / i = 6900 / 62,2 = \underline{110,93}$$

$$\bar{\lambda} = \lambda / \lambda_1 = 110,93 / 93,9 = \underline{1,18} \quad \rightarrow \quad \chi = \underline{0,443}$$

$$N_{ed} = g_d \cdot A \cdot \cos(15^\circ) = 1,35 \cdot 12,34 \cdot \cos(15^\circ) = \underline{16,09 \text{ kN}}$$

$$N_{Rd} = \chi \cdot A_{\text{průřez}} \cdot f_{yd} = 0,443 \cdot 4840 \cdot 235 / 1 \cdot 10^{-3} = \underline{503,87 \text{ kN}}$$

$N_{ed} < N_{Rd} \rightarrow$ VYHOVUJE

$$M_{ed} = (g+q)_d \cdot L^2 / 8 = 2,15 \cdot 6,9^2 / 8 = \underline{12,79 \text{ kN}}$$

$$M_{Rd} = (W_{y,el} \cdot f_{yd}) = 331000 \cdot 235 / 1 \cdot 10^{-6} = \underline{77,79 \text{ kN}}$$

$M_{ed} < M_{Rd} \rightarrow$ VYHOVUJE

$$\chi_{LT} = 1$$

$$k = 1 - (0,1 \cdot \bar{\lambda} \cdot N_{ed} / (C_{mLT} - 0,25) / A_{\text{průřez}} / f_y / 1)$$

$$k = 1 - (0,1 \cdot 1,18 \cdot 16,09 / (0,6 - 0,25) / 4840 / 235 / 1)$$

$$k = \underline{1,0}$$

$$N_{ed} / (\chi \cdot N_{Rd}) + k (M_{ed} / (\chi_{LT} \cdot M_{Rd})) < 1 \quad [21]$$

$$16,09 / (0,443 \cdot 503,87) + 1,0 (12,79 / (0,443 \cdot 77,79)) = 0,24$$

$0,24 < 1 \rightarrow$ VYHOVUJE

Ukazuje se, že stěžejní požadavek je opravdu průhyb konstrukce. Požadavky na 1.MS – mezní stav únosnosti je s rezervami splněn. \rightarrow Využití průřezu je 24%. Konstrukce tedy s rezervami vyhovuje.

2.2 Železobetonové konstrukce:

[16, 17, 18, 19, 20]

Rozpětí největších polí je 7,7 x 7,35 m. Jako stropní deska bude navržena vylehčená křížem pnutá stropní deska tl. 300 mm. Výška desek je 70 mm, výška vylehčovacích tvarovek mezi deskami je 160 mm. Dle podkladů výrobce vylehčovacího systému odpovídá tato tloušťka poli 8 x 8 m → návrh je tedy na straně bezpečnosti. Rezervy jsou vhodné zejména vzhledem k průhybům konstrukce → návaznost na stavebně technické řešení objektu. Zde by mohly větší průhyby stropní konstrukce vést poškození navazujících nenosných konstrukcí.

Objekt je založen na základových patkách ze železobetonu. Po obvodě objektu je základový práh do nezámrazné hloubky – 1 m pod úroveň přilehlého terénu.

Materiál pro veškeré konstrukce, není-li uvedeno jinak:

beton c 30/37; ocel B 500 B

$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$; $f_{cd} = 20 \text{ MPa}$; $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$; $f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$

ZATÍŽENÍ:

Tabulka 44 Svislé zatížení – plochá střecha [17]

Plochá střecha	charakteristické		návrhové
	[kN/m ²]	γ_G	[kN/m ²]
stálé zatížení			
zelená střecha 0.05 x 12.5 = 0.63	0.63	1.35	0.85
hydroizolace	0.15	1.35	0.20
tepelná izolace 0.35 x 0.2 = 0.07	0.07	1.35	0.09
keramzitbeton 1.2 x (0.04 + 0.16)/2 = 0.12	0.12	1.35	0.16
ŽB deska (vylehčená)	5.61	1.35	7.57
omítka 0.012 x 16 = 0.19	0.19	1.35	0.26
FV panely včetně přitížení	0.50	1.35	0.68
Stálé zatížení celekm	7.27	1.35	9.81
proměnné zatížení	[kN/m ²]	γ_Q	[kN/m ²]
sníh (sněhová oblast I)	0.70	1.5	1.05
nepochozí střecha - kategorie H	0.75	1.5	1.13
Proměnné zatížení celekm	1.45	1.5	2.18
Zatížení celkem	8.72	/	11.99

Tabulka 45 Svislé zatížení – stropní deska 2.NP [17]

stropní deska - 2.NP		charakteristické		návrhové
stálé zatížení		[kN/m ²]	γ _G	[kN/m ²]
zdvojená podlaha		0.50	1.35	0.68
rozvody TZB		0.25	1.35	0.34
tepelná izolace	0.06 x 1 = 0.06	0.06	1.35	0.08
ŽB deska (vylehčená)		5.61	1.35	7.57
omítka	0.012 x 16 = 0.19	0.19	1.35	0.26
Stálé zatížení celekm		6.61	1.35	8.92
proměnné zatížení		[kN/m ²]	γ _Q	[kN/m ²]
užitné zatížení - kancelářské plochy - kategorie B		3.00	1.5	4.50
náhradní zatížení - příčky		0.80	1.5	1.20
Proměnné zatížení celekm		3.80	1.5	5.70
Zatížení celkem		10.41		14.62

Jedná se o předběžný výpočet. V obou případech vychází podobné zatížení. Jako předběžný návrh budou uvažována shodná zatížení pro výpočet obou stropních konstrukcí. V návrhu se tedy bude jednat o dvě totožné stropní konstrukce s návrhovým plošným zatížením 14,62 kN/m².

NÁVRH SLOUPU:

kruhový sloup Ø 400 mm

zatěžovací plocha $A = 7,7 \cdot 7,35 = \underline{56,6 \text{ m}^2}$

v = výška sloupu

r = poloměr průřezu sloupu

ρ = objemová hmotnost železobetonu = 2500 kg/m³

n = počet podlaží

vlastní tíha sloupu = $3,4 \cdot \pi \cdot 0,15^2 \cdot 2500 = \underline{6,01 \text{ kN}}$ (charakteristické zatížení)

návrhová síla v patě nejzatěžovanějšího sloupu $N_{ed} = A \cdot (g+q)_d + v \cdot \pi \cdot r^2 \cdot \rho / 100 \cdot n = 56,6 \cdot (11,99+14,62) + 6,01 \cdot 1,35 \cdot 2 = \underline{1522,52 \text{ kN}}$

ověření únosnosti $N_{rd} = 0,8 \cdot A_c \cdot f_{cd} + \sigma \cdot A_c \cdot \rho_l$

$$= 0,8 \cdot \pi \cdot 0,15^2 \cdot 20 \cdot 10^3 + 0,014 \cdot 400 \cdot 10^3 \cdot \pi \cdot 0,15^2 = \underline{1526,81 \text{ kN}}$$

$N_{rd} \geq N_{ed}$

1526,81 ≥ 1522,52 [kN] → VYHOVUJE (pro 1,4% vyztužení)

Únosnost nejzatíženějšího sloupu je dostatečná, u méně zatížených sloupů bude nižší procento vyztužení → lze předpokládat, že v případě nejméně zatížených sloupů postačí pouze konstrukční vyztužení.

PŘEDBĚŽNÉ OVĚŘENÍ PROTlačENÍ SLOUPU DO STROPNÍ DESKY:

Veškeré sloupy jsou středové, po obvodě jsou stropní desky vykonzolovány. Riziko protlačení bude posuzováno na jednom sloupu s největší zatěžovací plochou.

$$A = 56,6 \text{ m}^2 \text{ (zatěžovací plocha)}$$

$$\rho = 2500 \text{ kg/m}^3 \text{ (objemová hmotnost)}$$

$$d = 263 \text{ mm (staticky účinná tloušťka desky)}$$

$$h = 300 \text{ mm (výška desky)}$$

$$\varnothing = 12 \text{ mm (průměr vyztuže)}$$

$$c = 25 \text{ mm (tloušťka krycí vrstvy)}$$

$$\text{nultý kontrolovaný obvod } u_0 = \underline{1885 \text{ mm}}$$

$$\text{první kontrolovaný obvod } u_1 = \underline{5190 \text{ mm}}$$

Nultý kontrolovaný obvod je obvod sloupu, první kontrolovaný obvod je obvod kolem sloupu ve vzdálenosti $2d$.

$$\gamma_{Ed,0} = \beta \cdot V_{Ed} / (u_0 \cdot d) = 1,15 \cdot (56,6 \cdot 14,62) / (1885 \cdot 263) = \underline{2,90}$$

$$\gamma = 0,6(1 - f_{ck}/250) = 0,6(1 - 30/250) = \underline{0,528}$$

$$\gamma_{Rd,max} = 0,4 \gamma \cdot f_{cd} = 0,4 \cdot 0,528 \cdot 20 = \underline{4,22}$$

$$\gamma_{Ed,0} \leq \gamma_{Rd,max}$$

$$2,90 \leq 4,22 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$\gamma_{Ed,1} = \beta \cdot V_{Ed} / (u_1 \cdot d) = 1,15 \cdot (56,6 \cdot 14,62) / (5190 \cdot 263) = \underline{1,05}$$

$$\alpha_{max} = 1,8 \text{ (smykové trny)}$$

$$C_{Rd,c} = 0,18/\gamma_c = 0,18/1,5 = 0,12$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2,0 \rightarrow k = 1 + (200/263)^{0,5} = 1,87 \leq 2$$

$$\rho_l = 0,6 \%$$

$$v_{Ed,1} = \frac{\beta V_{Ed}}{u_1 d} \leq \alpha_{max} \cdot v_{Rd,c} = \alpha_{max} \cdot C_{Rd,c} \cdot k \cdot \sqrt[3]{(100 \rho_l \cdot f_{ck})} = \underline{1,06}$$

$$V_{Ed,1} \geq \alpha_{max} \cdot V_{Rd,c}$$

$$1,05 \leq 1,06 \text{ [MPa]} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Konstrukce vyhovuje s 0,6% vyztužením. Výztuž na protlačení je ze smykových trnů.

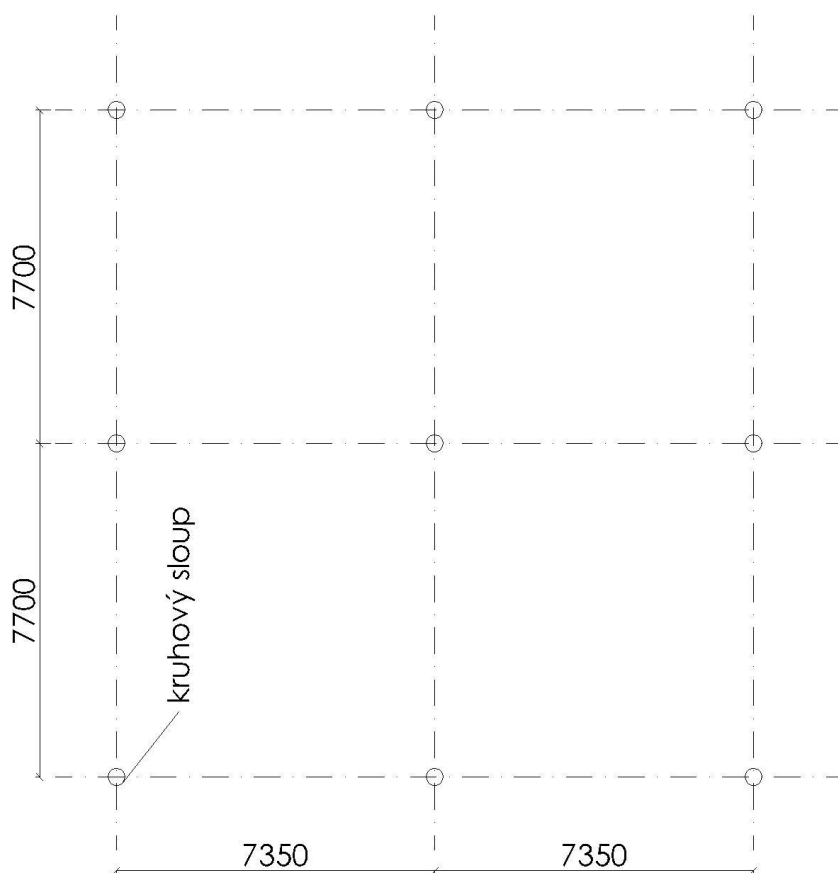
MOMENTY NA DESCE:

Bude užita metoda součtových momentů. Tato metoda je možná pro výpočet momentů na lokálně podepřené desce s pravidelným modulem (vzdáleností sloupů). V tomto případě jsou sloupy v mírně nepravidelném modulu → to vnáší do výpočtu mírné zkreslení. Vzhledem k tomu, že se jedná pouze o předběžný statický výpočet a sloupy jsou rozmístěny relativně pravidelně, je toto ovlivnění výpočtu přijatelné.

Deska bude posuzována v místě největšího rozponu.

Předpoklad metody: vzepětí momentové křivky na libovolném oboustranně podepřeném nosníku je roven $f \cdot l^2 / 8$.

Idealizovaný výpočetní model:



Obrázek 15 Idealizovaný model pro výpočet lokálně podepřené desky

$$M_{\text{tot}} = \frac{1}{8} (g_d + q_d) b l_n^2 = 14,62 \cdot 7,35 \cdot 7,7^2 / 8 = \underline{796,39 \text{ kNm}}$$

(celkový součtový moment)

b = šířka uvažovaného pruhu, tj. součet polovin rozpětí přilehlých polí

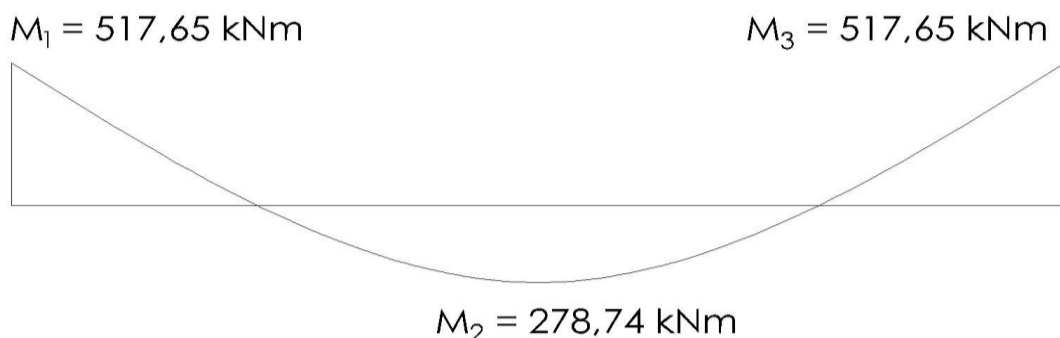
l_n = světlý rozpon vyšetřovaného pole.

Celkové záporné a kladné momenty:

$$M_1 = \gamma_1 \cdot M_{\text{tot}} = 0,65 \cdot 796,39 = \underline{517,65 \text{ kNm}}$$

$$M_2 = \gamma_2 \cdot M_{\text{tot}} = 0,35 \cdot 796,39 = \underline{278,74 \text{ kNm}}$$

$$M_3 = \gamma_3 \cdot M_{\text{tot}} = 0,65 \cdot 796,39 = \underline{517,65 \text{ kNm}}$$



Obrázek 16 Průběh ohybových momentů na lokálně podepřené desce

$$\text{šířka sloupového pruhu } l_y = 7,35/4 = \underline{1,84 \text{ m}}$$

$$\text{sloupový pruh} = 2 \cdot l_y = 2 \cdot 1,84 = \underline{3,68 \text{ m}}$$

$$\text{středový pruh} = l_n - l_y = 7,7 - 3,68 = \underline{4,02 \text{ m}}$$

Momenty v pruzích:

kladné momenty - $\omega = 0,6$

záporné momenty - $\omega = 0,75$

Celkové momenty v pruzích:

$$M_1(\text{sloupový pruh}) = M_1 \cdot \omega = 517,65 \cdot 0,75 = \underline{388,24 \text{ kNm}} \text{ (levá podpora)}$$

$$M_1(\text{středový pruh}) = M_1 \cdot \omega = 517,65 \cdot (1-0,75) = \underline{129,41 \text{ kNm}} \text{ (levá podpora)}$$

$$M_2(\text{sloupový pruh}) = M_2 \cdot \omega = 278,74 \cdot 0,6 = \underline{167,24 \text{ kNm}} \text{ (pole)}$$

$$M_2(\text{středový pruh}) = M_2 \cdot \omega = 278,74 \cdot (1-0,6) = \underline{111,50 \text{ kNm}} \text{ (pole)}$$

$$M_3(\text{sloupový pruh}) = M_3 \cdot \omega = 517,65 \cdot 0,75 = \underline{388,24 \text{ kNm}} \text{ (pravá podpora)}$$

$$M_3(\text{středový pruh}) = M_3 \cdot \omega = 517,65 \cdot (1-0,75) = \underline{129,41 \text{ kNm}} \text{ (pravá podpora)}$$

Momenty v pruhu na 1 m délky:

$$M_1(\text{sloupový pruh}) = 388,24/3,68 = \underline{105,50 \text{ kNm}} \text{ (levá podpora)}$$

$$M_1(\text{středový pruh}) = 129,41/4,02 = \underline{32,19 \text{ kNm}} \text{ (levá podpora)}$$

$$M_2(\text{sloupový pruh}) = 167,24/3,68 = \underline{45,45 \text{ kNm}} \text{ (pole)}$$

$$M_2(\text{středový pruh}) = 111,50/4,02 = \underline{27,74 \text{ kNm}} \text{ (pole)}$$

$$M_3(\text{sloupový pruh}) = 338,24/3,68 = \underline{105,50 \text{ kNm}} \text{ (pravá podpora)}$$

$$M_3(\text{středový pruh}) = 129,41/4,02 = \underline{32,19 \text{ kNm}} \text{ (pravá podpora)}$$

Největší ohybový moment vzniká nad podporou – ve sloupovém pruhu M_1 a M_3 .
 $M_{Ed} = 105,50 \text{ kNm}$.

NÁVRH – 9 \emptyset 12 mm/m

$$z = h - c - \emptyset/2 - x/2 = 300 - 25 - 12/2 - 13,8 = \underline{255,2 \text{ mm}}$$

$$x = A_s \cdot f_{yd} / (0,8 \cdot b \cdot f_{cd}) = 1017,36.434,78 / (0,8 \cdot 1000 \cdot 20) = \underline{27,6 \text{ mm}}$$

$$M_{Rd} = A_s \cdot f_{yd} \cdot z = 1017,36.434,78.255,2 \cdot 10^{-6} = \underline{112,87 \text{ kNm}}$$

$$M_{Ed} \leq M_{Rd}$$

$$105,50 \leq 112,87 \text{ [kN]} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Navržená stropní deska bez problému vyhovuje. V místě největšího ohybového momentu je navržena výztuž \emptyset 12 mm a' 111 mm. V ostatních částech desky budou navrženy stejné profily výztuže. Vzdálenost mezi jednotlivými profily výztuže bude vždy $\geq 111 \text{ mm}$ (v závislosti na velikosti ohybového momentu).

ZÁKLADOVÉ KONSTRUKCE:

(předběžný návrh) [8, 9, 19]

Základová železobetonová patka pod nejzatíženějším sloupem. Posouzení se bude týkat pouze 1.MS. Excentricita je uvažovaná pouze v jednom směru.

Tabulka 46 Svislé zatížení – plochá střecha [17, 19]

Plochá střecha		charakteristické		návrhové
stálé zatížení		[kN/m ²]	γ_G	[kN/m ²]
zelená střecha	0.05 x 12.5 = 0.63	0.63	1.00	0.63
hydroizolace		0.15	1.00	0.15
tepelná izolace	0.35 x 0.2 = 0.07	0.07	1.00	0.07
keramzitbeton	1.2 x (0.04 + 0.16)/2 = 0.12	0.12	1.00	0.12
ŽB deska (vylehčená)		5.61	1.00	5.61
omítka	0.012 x 16 = 0.19	0.19	1.00	0.19
FV panely včetně přetížení		0.50	1.00	0.50
Stálé zatížení celekm		7.27	1.00	7.27
proměnné zatížení		[kN/m ²]	γ_Q	[kN/m ²]
sníh (sněhová oblast I)		0.70	1.30	0.91
nepochozí střecha - kategorie H		0.75	1.30	0.98
Proměnné zatížení celekm		1.45	1.30	1.89
Zatížení celkem		8.72		9.16

Tabulka 47 Svislé zatížení – stropní deska 2.NP [17, 19]

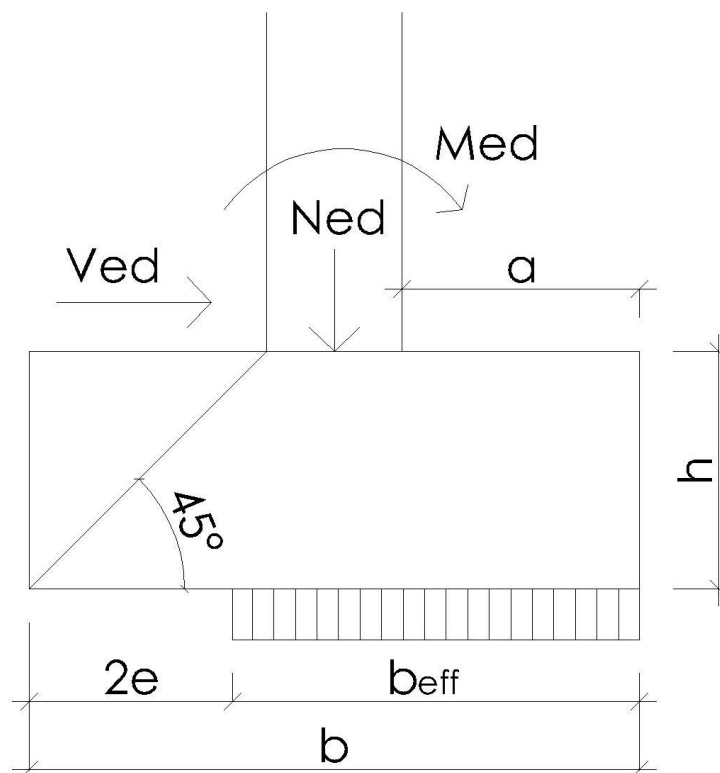
stropní deska - 2.NP		charakteristické		návrhové
stálé zatížení		[kN/m ²]	γ_G	[kN/m ²]
zdvojená podlaha		0.50	1.00	0.50
rozvody TZB		0.25	1.00	0.25
tepelná izolace	0.06 x 1 = 0.06	0.06	1.00	0.06
ŽB deska (vylehčená)		5.61	1.00	5.61
omítka	0.012 x 16 = 0.19	0.19	1.00	0.19
Stálé zatížení celekm		6.61	1.00	6.61
proměnné zatížení		[kN/m ²]	γ_Q	[kN/m ²]
náhradní zatížení - příčky		0.80	1.30	1.04
užitné zatížení - kancelářské plochy - kategorie B		3.00	1.30	3.90
Proměnné zatížení celekm		3.80	1.30	4.94
Zatížení celkem		10.41		11.55

Normálová návrhová síla v patě nejzatíženějšího sloupu

$$N_{ed} = A \cdot (g+q)_d + v \cdot \pi \cdot r^2 \cdot \rho / 100 \cdot n = 56,6 \cdot (9,16 + 11,55) + 6,01 \cdot 1,3 \cdot 2 = \underline{1188 \text{ kN}}$$

Zjednodušený předpoklad: $M_{ed} = N_{ed} / 10 = 1188 / 10 = \underline{118,8 \text{ kNm}}$

$$V_{ed} = N_{ed} / 20 = 1188 / 20 = \underline{59,4 \text{ kN}}$$



Obrázek 17 Schéma zatížení základové patky

NÁVRH:

$$R_d = 200 \text{ kPa}$$

$$h = a = 700 \text{ mm}$$

$$e = (M_{ed} + V_{ed} \cdot h) / N_{ed} = (118,8 + 59,4 \cdot 0,7) / (1188) = \underline{0,14 \text{ m}}$$

$$A_{eff} = b \cdot (b - 2e) = 1,8 \cdot (1,8 - 2 \cdot 0,14) = \underline{2,74 \text{ m}^2}$$

$$A_{eff} \geq N_{ed} / R_d = 1188 / 200 = \underline{5,94 \text{ m}^2} \geq 2,74 \text{ m}^2 \rightarrow \text{NEVYHOVUJE}$$

NOVÝ NÁVRH:

$$A_{eff} = b \cdot (b - 2e) \geq 5,94 \text{ m}^2 = b \cdot (b - 2 \cdot (M_{ed} + V_{ed} \cdot h) / N_{ed})$$

$$a = 1,2 \text{ m}$$

$$b = 2,7 \text{ m}$$

$$h = 1,2 \text{ m}$$

$$e = 0,16 \text{ m}$$

$$A_{eff} = 2,7 \cdot (2,7 - 2 \cdot 0,16) = \underline{6,43 \text{ m}^2} \geq 5,94 \text{ m}^2 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

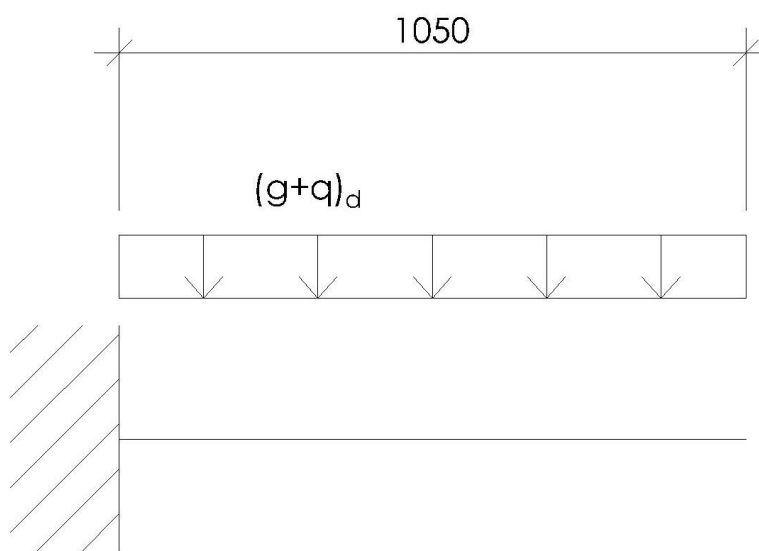
Navržená železobetonová základová patka má půdorysně čtvercový tvar o délce strany 2,7 m.

NÁVRH SCHODIŠTĚ:

Jedná se o schodnicové schodiště. Schodnice podpírá schodišťovou desku na straně přilehlé k železobetonové stěně. Celé schodiště bude vyhotoveno jako prefabrikovaný dílec. Pro zajištění kvalitního povrchu pohledového betonu je schodiště navrženo jako montovaný betonový prefabrikát. Pro omezení kročejového hluku do kanceláří je rameno navrženo jako samostatné těleso odražené od svislých stěn, kotvené jenom do základů a do stropní desky nad 1.NP.

Tabulka 48 Svislé zatížení – konstrukce schodiště [17]

schodiště	charakteristické		návrhové
stálé zatížení	[kN/m ²]	γ_G	[kN/m ²]
vlastní tíha $2500 / 100 \times 0.295 = 7.38$	7.38	1.35	9.96
Stálé zatížení celkem	7.38	1.35	9.96
proměnné zatížení	[kN/m ²]	γ_Q	[kN/m ²]
užitné zatížení - kancelářské plochy - kategorie B	3.00	1.5	4.50
Proměnné zatížení celkem	3.00	1.5	4.50
Zatížení celkem	10.38		14.46



Obrázek 18 Statické schéma desky schodiště

VVÝPOČET:

$$C_{\min} = 20 \text{ mm} ; C_{\text{nom}} = 25 \text{ mm} \rightarrow C = 25 \text{ mm}$$

$$M_{\text{ed}} = (g+q)_d \cdot l^2 / 2 = 14,46 \cdot 1,05^2 / 2 = \underline{7,97 \text{ kNm}}$$

NÁVRH:

$$h = 150 \text{ mm}$$

$$4 \text{ } \varnothing 10 \text{ mm / m}$$

$$A_s = 4 \cdot \pi \cdot 5^2 = 314 \text{ mm}^2$$

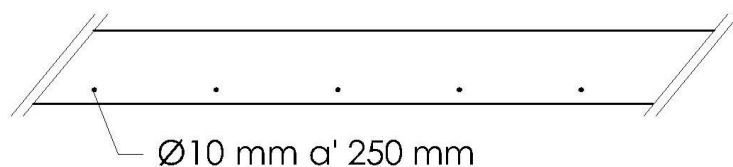
$$x = (A_s \cdot f_{yd}) / (0,8 \cdot b \cdot f_{cd}) = 0,314 \cdot 434,78 / (0,8 \cdot 1 \cdot 20) = 8,5 \text{ mm}$$

$$z = h - x/2 - C - \varnothing/2 = 150 - 8,5/2 - 25 - 10/2 = 115,7 \text{ mm}$$

$$M_{\text{rd}} = f_{yd} \cdot A_s \cdot z = 434,78 \cdot 314 \cdot 115,7 \cdot 10^{-6} = \underline{15,80 \text{ kNm}}$$

$$M_{\text{rd}} \geq M_{\text{ed}}$$

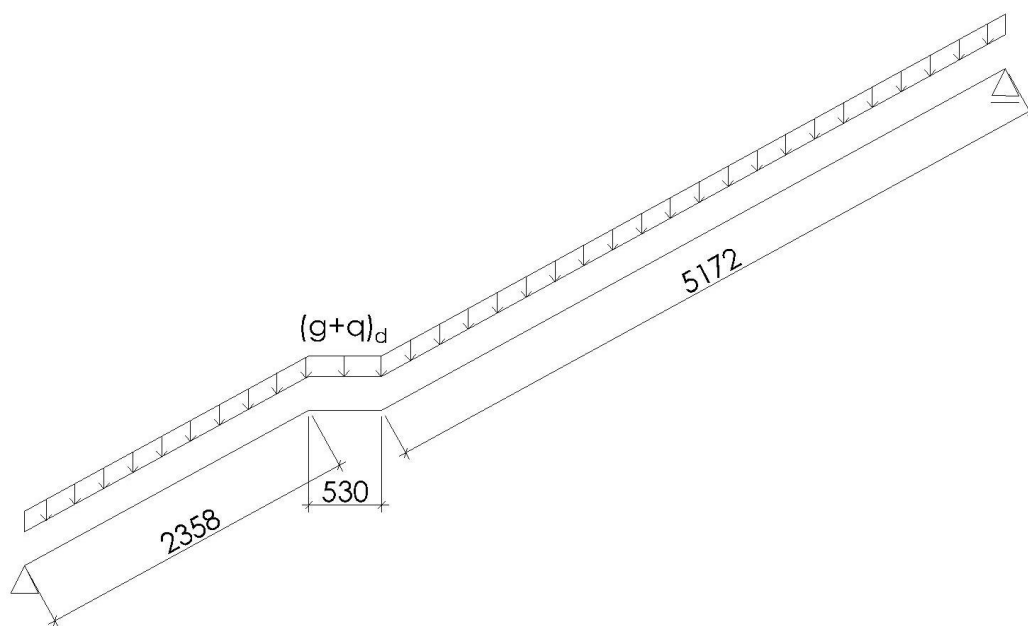
$$15,80 \geq 7,97 \text{ [kNm]} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$



Obrázek 19 Schéma předpokládaného vyztužení schodišťové desky hlavní ohybovou výztuží

Tabulka 49 Svislé zatížení – konstrukce schodnice [17]

schodiště	charakteristické		návrhové	
	[kN/m]	γ_G		[kN/m]
stálé zatížení				
vlastní tíha	$1.25 \times 2500 / 100 \times 0.295 = 9.22$	9.22	1.35	12.45
vlastní tíha stropnice	$2500 / 100 \times 0.4^2 \times 1 = 4$	4	1.35	5.4
Stálé zatížení celkem		13.22	1.35	17.85
proměnné zatížení				
užitné zatížení - kancelářské plochy - kategorie B	3.00×1.25	3.75	1.5	5.63
Proměnné zatížení celkem		3.75	1.5	5.63
Zatížení celkem		16.97		23.47



Obrázek 20 Statické schéma schodnice

VVÝPOČET:

$$C_{\min} = 20 \text{ mm} ; C_{\text{nom}} = 25 \text{ mm} \rightarrow C = 25 \text{ mm}$$

$$\text{Rozpon schodnice } l = 8,06 \text{ m}$$

$$M_{\text{ed}} = (g+q)_d \cdot l^2 / 2 = 23,47 \cdot 8,06^2 / 8 = \underline{190,60 \text{ kNm}}$$

NÁVRH:

$$h = 150 \text{ mm}$$

$$3 \text{ } \varnothing 20 \text{ mm}$$

$$A_s = 3 \cdot \pi \cdot 10^2 = 942 \text{ mm}^2$$

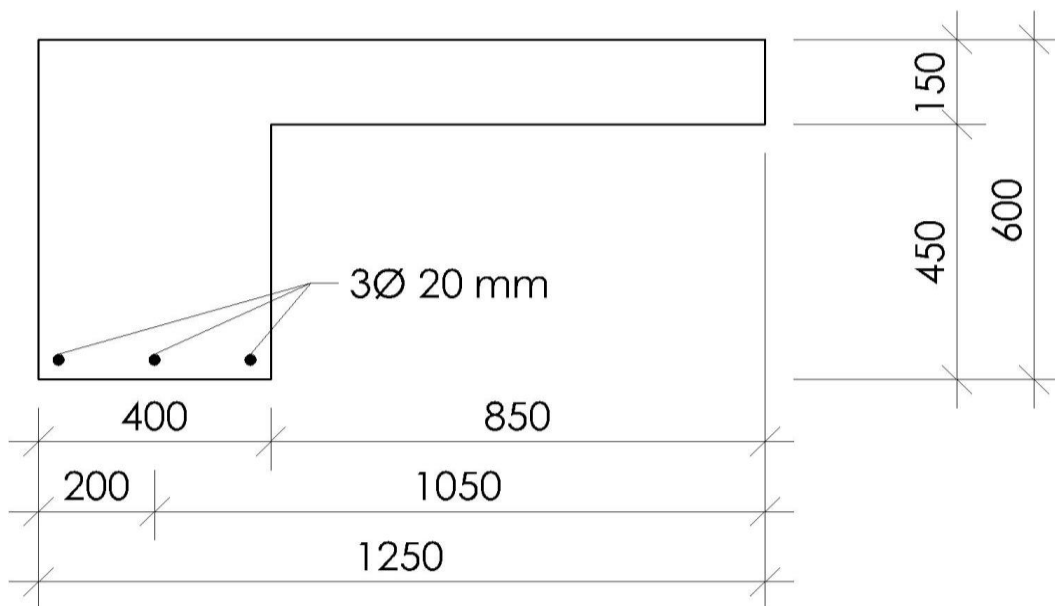
$$x = (A_s \cdot f_{yd}) / (0,8 \cdot b \cdot f_{cd}) = 0,942 \times 434,78 / (0,8 \times 0,4 \times 20) = 64,0 \text{ mm}$$

$$z = h - x/2 - C - \varnothing/2 = 600 - 64,0/2 - 25 - 20/2 = 533,0 \text{ mm}$$

$$M_{\text{rd}} = f_{yd} \cdot A_s \cdot z = 434,78 \times 942 \times 533,0 \times 10^{-6} = \underline{218,30 \text{ kNm}}$$

$$M_{\text{rd}} \geq M_{\text{ed}}$$

$$218,30 \geq 190,60 \text{ [kNm]} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$



Obrázek 21 Schéma přepokládaného vyztužení schodnice hlavní ohybovou výztuží

Vzhledem k malé výšce objektu (< 10m) nebude budova posuzována na zatížení větrem. Její tuhost je dostatečná a s rezervami překračuje veškeré požadavky.

3. TZB:

3.1 Koncept vzduchotechniky:

[13, 14, 15]

(Jedná se pouze o předběžný návrh)

Jedná se o dvoupodlažní administrativní objekt. V obou podlažích budou samostatné vzduchotechnické systémy → následně nebude zapotřebí řešit zbytečně velké prostupy stropní konstrukcí.

Z důvodu energetické náročnosti objektu bude v rámci optimalizačních opatření navržen rovnotlaký vzduchotechnický systém se zpětným získáváním tepla.

Veškeré rozvody TZB včetně vzduchotechniky budou vedeny ve zdvojené podlaze. Přívody i odtahy vzduchu budou tedy vždy po obvodě místnosti.

3.2 Množství potřebného vzduchu:

Pro administrativní budovu je minimální potřebné množství vzduchu $V = 25 \text{ m}^3/(\text{os.h})$. [13] Ve výpočtech bude uvažována právě tato hodnota.

Počet osob nacházejících se trvale v objektu je stanoven přibližným výpočtem. Předpokládaný počet osob v objektu je 1 osoba na 10 m^2 podlahové plochy. Tento předpoklad je poměrně přísný a tedy i s minimálním množstvím přiváděného vzduchu na osobu vede k výpočtu na straně bezpečnosti.

$$\text{Podlahová plocha } A = 2941 \text{ m}^2$$

$$A/10.V = 2941/10.25 = \underline{7\,352,5 \text{ m}^3/\text{h}}$$

V každém podlaží jsou navrženy dvě samostatné vzduchotechnické místnosti. Postačí tedy vzduchotechnická jednotka, která pokryje minimálně čtvrtinový průtok vzduchu.

$$7\,352,5 / 4 = \underline{1\,838,125 \text{ m}^3/\text{h}}$$

Tomu bezpečně odpovídá vzduchotechnická jednotka Duplex 1 500 až 11 000 Multi-N. [14] Dle technických listů při tomto průtoku vzduchu dosahuje účinnost rekuperace nejvyšších hodnot (až 93%). [14] V energetických výpočtech bude ale uvažováno konzervativně s hodnotou 85%. [15]

3.3 Dimenze potrubí:

Pro hlavní větev je navržena rychlost proudění vzduchu 4 m/s.

A = plocha potrubí [m²]

V = Průtok vzduchu [m³/h]

v = rychlost proudění [m/s]

$$A = V/v = 1\,839 / (4 \cdot 3600) = \underline{0,128 \text{ m}^2}$$

To bezpečně splňuje průřezu 600 x 250 mm. → 0,6 x 0,25 = 0,15 ≥ 0,128 [m²]

Poměr stran vzduchotechnického potrubí je menší než 1:4 → nehrozí komplikace.

4. Závěr:

Jedná se o energeticky úspornou budovu. Původní obálka budovy byla zoptimalizovaná a došlo k významné úspoře energie. Zoptimalizovaný byl i nosný systém budovy. Optimalizace byly provedeny se snahou o co možná nejmenší ovlivnění původního architektonického návrhu. Výsledná varianta byla zpracována jako projektová dokumentace pro stavební povolení.

5. Seznam obrázků:

<i>Obrázek 1</i>	<i>Typový segment lehkého obvodového pláště č. 1</i>	10
<i>Obrázek 2</i>	<i>Typový segment lehkého obvodového pláště č. 2</i>	11
<i>Obrázek 3</i>	<i>Typový segment lehkého obvodového pláště č. 3</i>	12
<i>Obrázek 4</i>	<i>Typový segment lehkého obvodového pláště č. 4</i>	13
<i>Obrázek 5</i>	<i>Lehký obvodový plášť Schüco FW 50+.SI s tepelně izolačním trojsklem</i>	14
<i>Obrázek 6</i>	<i>Lehký obvodový plášť Schüco FW 60+ s tepelně izolačním dvojsklem</i>	15
<i>Obrázek 7</i>	<i>Lehký obvodový plášť Schüco FWS 35 PD s tepelně izolačním trojsklem</i>	16
<i>Obrázek 8</i>	<i>Lehký obvodový plášť Schüco FWS 35 PD s tepelně izolačním dvojsklem</i>	17
<i>Obrázek 9</i>	<i>Energetická náročnost provozu budovy s daným lehkým obvodovým pláštěm</i>	19
<i>Obrázek 10</i>	<i>Energetická náročnost provozu budovy s daným lehkým obvodovým pláštěm a zdvojenou fasádou</i>	23
<i>Obrázek 11</i>	<i>Porovnání energetické náročnosti provozu budovy pro jednoduché i zdvojené fasády</i>	24
<i>Obrázek 12</i>	<i>Porovnání energetické náročnosti provozu budovy s vybranou fasádou s 25% plochy vyplněnými vakuovou izolací pro jednoduchou i zdvojenou variantu fasády</i>	28
<i>Obrázek 13</i>	<i>Porovnání energetické náročnosti provozu budovy pro různé varianty stínění</i>	31
<i>Obrázek 14</i>	<i>Statické schéma ocelové trubky zatížené větrem a tíhou LOP</i>	39
<i>Obrázek 15</i>	<i>Idealizovaný model pro výpočet lokálně podepřené desky</i>	46
<i>Obrázek 16</i>	<i>Průběh ohybových momentů na lokálně podepřené desce</i>	47
<i>Obrázek 17</i>	<i>Schéma zatížení základové patky</i>	50
<i>Obrázek 18</i>	<i>Statické schéma desky schodiště</i>	51
<i>Obrázek 19</i>	<i>Schéma předpokládaného vyztužení schodišťové desky hlavní ohybovou výztuží</i>	52
<i>Obrázek 20</i>	<i>Statické schéma schodnice</i>	53
<i>Obrázek 21</i>	<i>Schéma předpokládaného vyztužení schodnice hlavní ohybovou výztuží</i>	54

6. Seznam tabulek:

<i>Tabulka 1 Parametry pláště budovy</i>	<i>14</i>
<i>Tabulka 2 Výsledné hodnoty potřebné energie.....</i>	<i>14</i>
<i>Tabulka 3 Parametry pláště budovy</i>	<i>15</i>
<i>Tabulka 4 Výsledné hodnoty potřebné energie.....</i>	<i>16</i>
<i>Tabulka 5 Parametry pláště budovy</i>	<i>17</i>
<i>Tabulka 6 Výsledné hodnoty potřebné energie.....</i>	<i>17</i>
<i>Tabulka 7 Parametry pláště budovy</i>	<i>18</i>
<i>Tabulka 8 Výsledné hodnoty potřebné energie.....</i>	<i>18</i>
<i>Tabulka 9 Parametry pláště budovy</i>	<i>20</i>
<i>Tabulka 10 Výsledné hodnoty potřebné energie.....</i>	<i>20</i>
<i>Tabulka 11 Parametry pláště budovy</i>	<i>21</i>
<i>Tabulka 12 Výsledné hodnoty potřebné energie.....</i>	<i>21</i>
<i>Tabulka 13 Parametry pláště budovy</i>	<i>21</i>
<i>Tabulka 14 Parametry pláště budovy</i>	<i>22</i>
<i>Tabulka 15 Parametry pláště budovy</i>	<i>22</i>
<i>Tabulka 16 Výsledné hodnoty potřebné energie.....</i>	<i>22</i>
<i>Tabulka 17 Výsledné hodnoty potřebné energie všech dosavadních variant</i>	<i>23</i>
<i>Tabulka 18 Parametry pláště budovy</i>	<i>26</i>
<i>Tabulka 19 Výsledné hodnoty potřebné energie.....</i>	<i>26</i>
<i>Tabulka 20 Parametry pláště budovy</i>	<i>27</i>
<i>Tabulka 21 Výsledné hodnoty potřebné energie.....</i>	<i>27</i>
<i>Tabulka 22 Parametry pláště budovy</i>	<i>28</i>
<i>Tabulka 23 Výsledné hodnoty potřebné energie.....</i>	<i>29</i>
<i>Tabulka 24 Parametry pláště budovy</i>	<i>29</i>
<i>Tabulka 25 Výsledné hodnoty potřebné energie.....</i>	<i>29</i>
<i>Tabulka 26 Parametry pláště budovy</i>	<i>30</i>
<i>Tabulka 27 Výsledné hodnoty potřebné energie.....</i>	<i>30</i>
<i>Tabulka 28 Parametry pláště budovy</i>	<i>31</i>
<i>Tabulka 29 Výsledné hodnoty potřebné energie.....</i>	<i>31</i>

<i>Tabulka 30 Parametry pláště budovy.....</i>	<i>32</i>
<i>Tabulka 31 Výsledné hodnoty potřebné energie</i>	<i>32</i>
<i>Tabulka 32 Parametry pláště budovy.....</i>	<i>33</i>
<i>Tabulka 33 Výsledné hodnoty potřebné energie</i>	<i>33</i>
<i>Tabulka 34 Parametry pláště budovy.....</i>	<i>33</i>
<i>Tabulka 35 Výsledné hodnoty potřebné energie</i>	<i>34</i>
<i>Tabulka 36 Parametry pláště budovy.....</i>	<i>34</i>
<i>Tabulka 37 Výsledné hodnoty potřebné energie</i>	<i>34</i>
<i>Tabulka 38 Parametry pláště budovy.....</i>	<i>35</i>
<i>Tabulka 39 Výsledné hodnoty potřebné energie</i>	<i>35</i>
<i>Tabulka 40 Parametry pláště budovy.....</i>	<i>35</i>
<i>Tabulka 41 Výsledné hodnoty potřebné energie</i>	<i>36</i>
<i>Tabulka 42 Parametry pláště budovy.....</i>	<i>36</i>
<i>Tabulka 43 Výsledné hodnoty potřebné energie</i>	<i>37</i>
<i>Tabulka 44 Svislé zatížení – plochá střecha.....</i>	<i>42</i>
<i>Tabulka 45 Svislé zatížení – stropní deska 2.NP</i>	<i>43</i>
<i>Tabulka 46 Svislé zatížení – plochá střecha.....</i>	<i>49</i>
<i>Tabulka 47 Svislé zatížení – stropní deska 2.NP</i>	<i>49</i>
<i>Tabulka 48 Svislé zatížení – konstrukce schodiště.....</i>	<i>51</i>
<i>Tabulka 49 Svislé zatížení – konstrukce schodnice.....</i>	<i>52</i>

7. Seznam příloh

[7, 8, 10, 11, 12]

- 1) A – Průvodní zpráva
- 2) B – Souhrnná technická zpráva
- 3) C – Výkres situace
- 4) D – Projektová dokumentace
 - D.1.1. – Architektonicko stavební část
 - D.1.2. – Konstrukčně stavební část
 - D.1.3. – Část technických zařízení budov
- 5) Ostatní přílohy – průkaz energetické náročnosti budovy, posudky z programu Energie atd.

8. Použitá literatura

- [1] ČSN 730540-2 (730540) – Tepelná ochrana budov
- [2] Projektová dokumentace již stojící budovy poskytnutá stavební firmou VEJVODA, SPOL. s.r.o.
- [3] <https://www.schueco.com/web2/cz/architekti>
- [4] <https://www.agc-yourglass.com/gb/cz>
- [5] <http://www.izolace-vakuova.cz/>
- [6] <http://www.tzb-info.cz/energeticka-narocnost-budov/8972-stanoveni-tepelnych-zisku-zaskleni-ze-slunecniho-zareni-v-energetickem-hodnoceni-budov>
- [7] <https://www.podlahy.com/zdvojene-podlahy-linder>
- [8] <http://www.geology.cz/app/ciselniky/lokalizace/>
- [9] <http://mzp.cz/ris/ais-ris-info-copy.nsf/6d13b004071d0140c12569e700154acb/b3fc5beac2a80617c1256c370072cc8a?OpenDocument>
- [10] ČSN-013420 - Výkresy pozemních staveb
- [11] ČSN-734301 – Obytné budovy
- [12] ČSN-73-4130 - Schodiště, rampy
- [13] <http://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/9595-hygienicke-pozadavky-na-vnitri-prostredi-staveb>
- [14] Technické listy VZT jednotky „Duplex 1 500 až 11 000 Multi-N“
- [15] TNI 730331 – Energetická náročnost budov – Typické hodnoty pro výpočet
- [16] ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí
- [17] ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb
- [18] ČSN EN 1992-1-1 Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby

- [19]** ČSN EN 1997-1 Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí - Část 1: Obecná pravidla

- [20]** ČSN 73 1201 – Navrhování betonových konstrukcí pozemních staveb

- [21]** ČSN EN 1993 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-1:Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.

- [22]** ČSN EN 1991-1-4 (730035) - Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-4: Obecná zatížení - Zatížení větrem

- [23]** ČSN EN 13830 (747209) - Lehké obvodové pláště

- [24]** ČSN EN ISO 12631 (730321) - Tepelné chování lehkých obvodových plášťů - Výpočet součinitele prostupu tepla