



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

---

FAKULTA STAVEBNÍ

KATEDRA KONSTRUKCÍ POZEMNÍCH STAVEB

**Konstrukční návrh polyfunkčního domu Bratislavská, Brno**

**Design of a multifunctional house Bratislavská, Brno**

## **DIPLOMOVÁ PRÁCE**


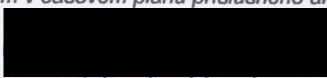
Vypracoval:	Bc. Martin Kloud
Studijní program:	B - Budovy a prostředí
Studijní obor:	Budovy a prostředí
Vedoucí bakalářské práce:	Ing. Ctistav Fiala, Ph.D.
Akademický rok:	2019/2020

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: <u>Kloud</u>	Jméno: <u>Martin</u>	Osobní číslo: <u>438077</u>
Zadávací katedra: <u>K124 - Konstrukce pozemních staveb</u>		
Studijní program: <u>Budovy a prostředí</u>		
Studijní obor: <u>Budovy a prostředí - konstrukce budov</u>		

### II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: <u>Konstrukční návrh polyfunkčního domu Bratislavská, Brno</u>	
Název diplomové práce anglicky: <u>Design of a multifunctional house Bratislavská, Brno</u>	
Pokyny pro vypracování: <ul style="list-style-type: none"><li>- návrh konstrukčního systému budovy ve variantách</li><li>- návrh obvodového pláště budovy ve variantách včetně porovnání, vyhodnocení a výběru nejvhodnější varianty</li><li>- výpočet měrné potřeby tepla na vytápění</li><li>- řešení letního přehřívání + návrh případných opatření</li><li>- řešení hlavních stavebních detailů</li><li>- koncept vzduchotechnického systému</li></ul>	
Seznam doporučené literatury:	
Jméno vedoucího diplomové práce: <u>Ing. Ctislav Fiala, Ph.D.</u>	
Datum zadání diplomové práce: <u>23.9.2019</u>	Termín odevzdání diplomové práce: <u>5.1.2020</u> <i>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</i>
	
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“.*

23.9.2019

Datum převzetí zadání

  
Podpis studenta(ky)

# SPECIFIKACE ZADÁNÍ


Jméno diplomanta: Bc. Martin Kloud

Název diplomové práce: Konstrukční návrh polyfunkčního domu Bratislavská, Brno

Základní část: Konstrukce pozemních staveb podíl: 80 %

Formulace úkolů:

- návrh konstrukčního systému budovy ve variantách
- návrh obvodového pláště budovy ve variantách
- výpočet měrné potřeby tepla na vytápění
- řešení letního přehřívání + návrh případných opatření
- řešení hlavních stavebních detailů

Podpis vedoucího DP:  Datum: 23.9.2019

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

2. Část: Technická zařízení budov podíl: 15 %

Konzultant (jméno, katedra): Zuzana Kverková

Formulace úkolů: - koncept vzduchotechnického systému

Podpis konzultanta:  Datum: 25.10.2019

3. Část: Betonové a zděné konstrukce podíl: 5 %

Konzultant (jméno, katedra): Ing. Pavel KOŠATKA, katedra K 133

Formulace úkolů: - předběžný statický návrh nosných konstrukcí

Podpis konzultanta:  Datum: 24.10.2019

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 tuto diplomovou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Příbrami dne ..... 5.1.2020 .....

Podpis autora .....

**Poděkování:**

Děkuji panu Ing. Ctislavu Fialovi, Ph.D. za poskytnuté konzultace a odborné vedení při tvorbě této diplomové práce.

## **Abstrakt:**

Tato diplomová práce byla věnována konstrukčnímu návrhu polyfunkčního domu v pasivním standardu. Cílem bylo navrhnout konstrukční systém a obvodový plášť budovy ve variantách, skladby ostatních konstrukcí a vyřešit hlavní stavební detaily. Další částí práce bylo vypočítat měrnou potřebu tepla na vytápění a řešení letního přehřívání s návrhem opatření k omezení přehřívání. Poslední částí práce bylo navrhnout koncept vzduchotechnického systému pro jednotlivé provozy budovy.

Na základě porovnání variant konstrukčních systémů a obvodových plášťů byla zvolena nejvhodnější kombinace, ke které bylo vypracováno 20 stavebních detailů.

## **Klíčová slova:**

konstrukční systém, obvodový plášť, skladba, vzduchotechnický systém, měrná potřeba tepla na vytápění, letní přehřívání, pasivní standard

**Abstract:**

This diploma thesis was devoted to the structural design of a multifunctional house in a passive standard. The aim was to design the structural system and building envelope in variants, the composition of other structures and to solve the main building details. Another part of the work was to calculate the specific heat demand for heating and the solution of summer overheating with a proposal of measures to reduce overheating. The last part of the thesis was to propose a concept of ventilation system for individual building operations.

Based on the comparison of variants of structural systems and cladding, the most suitable combination was chosen, for which 20 building details were worked out.

**Key words:**

structural system, cladding, composition, air-conditioning system, specific heat demand for heating, summer overheating, passive standard

# OBSAH:

<b>1. Úvod</b> .....	<b>1</b>
1.1. Zadání práce .....	2
<b>2. Požadavky na návrh budovy</b> .....	<b>6</b>
2.1. Tepelná technika .....	7
2.2. Akustika .....	9
2.3. Vnitřní prostředí .....	11
2.3.1. Garáže .....	11
2.3.2. Komerční prostory .....	11
2.3.3. Kancelářské prostory .....	12
2.3.4. Bytové prostory .....	12
<b>3. Návrh konstrukčního systému budovy (KS)</b> .....	<b>13</b>
3.1. Varianty KS .....	13
3.1.1. Varianta č.1 .....	13
3.1.2. Varinata č.2 .....	13
3.2. Porovnání variant KS .....	14
3.3. Vyhodnocení a výběr vhodné varianty KS .....	16
<b>4. Návrh obvodového pláště budovy (OP)</b> .....	<b>17</b>
4.1. Obvodové pláště obecně .....	17
4.2. Varianty OP .....	21
4.2.1. Jednovrstvé zdivo .....	21
4.2.2. Kontaktní zateplovací systém .....	23
4.2.3. Provětrávaná fasáda .....	25
4.2.4. Lehký obvodový plášť .....	30
4.3. Porovnání variant OP .....	33
4.4 Vyhodnocení a výběr vhodné varianty OP .....	36
<b>5. Návrh ostatních skladeb konstrukcí budovy</b> .....	<b>37</b>
5.1. Skladby podlah .....	37
5.2. Skladby střech .....	43
5.3. Skladby stěn .....	45
5.4. Výplně otvorů .....	47



<b>6. Měrná potřeba tepla na vytápění budovy</b> .....	<b>48</b>
6.1. Výpočet .....	48
6.2. Vyhodnocení výsledků .....	53
<b>7. Letní přehřívání budovy</b> .....	<b>54</b>
7.1. Posouzení kritické místnosti .....	54
7.2. Vyhodnocení výsledků .....	58
7.3. Návrh opatření k omezení přehřívání .....	58
<b>8. Koncept vzduchotechnického systému budovy</b> .....	<b>60</b>
<b>9. Závěr</b> .....	<b>62</b>
<b>10. Zdroje</b> .....	<b>63</b>

## **Přílohy**

- Výkresová část
- Výpočtová část

# 1. ÚVOD

Hlavním cílem mé diplomové práce je konstrukční návrh polyfunkčního domu v pasivním standardu. Nejprve je navržen konstrukční systém a obvodový plášť budovy ve variantách. Z těchto variant je dle porovnání a vyhodnocení zvoleno vhodné řešení. Obvodové pláště jsou navíc pro představu popsány obecně. Dále jsou navrženy ostatní skladby konstrukcí a vypracovány hlavní stavební detaily (střešních konstrukcí, předsazených konstrukcí, obvodového pláště a spodní stavby), jelikož právě kvalitní návrh detailů je důležitý pro správné fungování pasivního domu.

Současně s návrhem stavebních konstrukcí jsem řešil měrnou potřebu tepla na vytápění, kde je ověřeno, zda se dosáhlo pasivního standardu. Dalším tématem je řešení letního přehřívání, kterému se dnes klade stále větší pozornost kvůli vzrůstajícím teplotám v létě, a proto je navrženo několik opatření k omezení přehřívání.

V poslední části práce je zpracován koncept nuceného větrání s rekuperací tepla, které je opět nezbytné pro správné fungování pasivního domu.

## 1.1. Zadání práce

Jako zadání diplomové práce jsem zvolil polyfunkční dům nacházející se v ulici Bratislavská v Brně. Podkladem pro zpracování byly půdorysy jednotlivých podlaží, řez, situace a pohledy ve formě studie a fotografie domu.

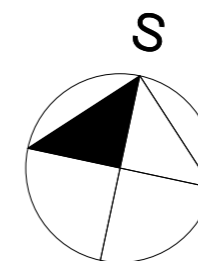
Stručný popis objektu [1]:

Polyfunkční objekt je dostavbou proluky ve stávající zástavbě činžovních domů. Dům respektuje uliční čáru ulice Bratislavská. Ve styku se štítem sousedního činžovního domu navržená hmota ustupuje a navazuje na stávající šikmou sedlovou střechu. Západní fasáda domu respektuje návrhové řešení Územního plánu města Brna - uliční čáru nové městské třídy. Dům je navržen jako osmi patrový s jedním podzemním podlažím. Má dvě komunikační jádra a dvorní pavlač. Svoji formou se dům snaží komunikovat na stávající zástavbu kvalitních činžovních domů v historizujícím stylu. Na fasádě jsou v pravidelném rastru uspořádána velká okna do obytných prostor, jejichž špalety jsou opatřeny omítkou v bílé barvě. Na jihozápadní stranu a na jihovýchodní stranu jsou umístěny polozapuštěné lodžie a balkóny. Fasáda je obložena režnými cihlovými pásky, které svoji strukturou a proměnlivou barevností dodávají stavbě přirozené, drobnější měřítko. Dvoupodlažní parter je obložen černou žulou, výkladce jsou opatřeny obloukovými skly na nárožích a leštěnými nerezovými zasklívacími profily. Hmota osmého patra je výškovým akcentem nově vzniklého nároží budoucí nové městské třídy.

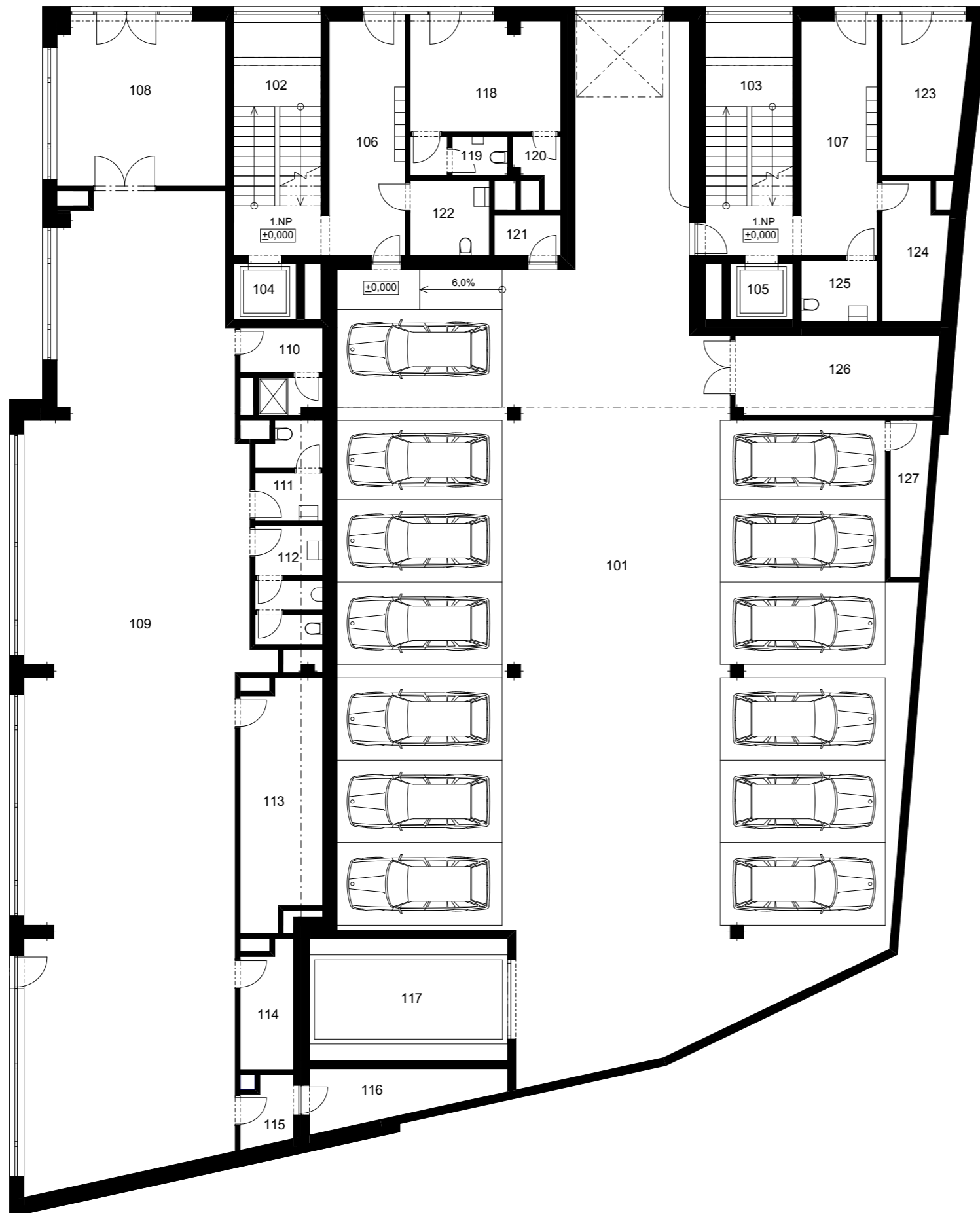
Objekt obsahuje komerčními prostory v 1.NP, administrativou v 2.NP. a byty ve 3.-8. NP. V 1PP jsou umístěny garáže a technické místnosti. Z ulice Bratislavské je situován vjezd do garáží, ve kterých je umístěn auto-výtah, který obsluhuje parkovací stání v 1NP a 1PP. Ve 2. NP se nachází administrativní plochy s adekvátním sociálním, hygienickým a skladovým zázemím. Ve 3.-8 NP jsou bytové plochy. Kategorie bytů jsou 2+kk, 2+1, 3+kk. Všechny byty mají buď balkón, lodžii nebo terasu.



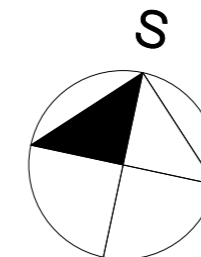
TABULKA MÍSTNOSTÍ		
OZN.	ÚČEL	PLOCHA (m <sup>2</sup> )
S01	GARÁŽE (ZAKLADAČOVÝ SYSTÉM)	600,27
S02	SCHODIŠTĚ	18,68
S03	SCHODIŠTĚ	18,68
S04	VÝTAH	3,23
S05	VÝTAH	3,23
S06	TECHNICKÁ MÍSTNOST	19,01
S07	SKLEPNÍ KÓJE 1	60,98
S08	SKLEPNÍ KÓJE 2	35,98
S09	SKLEPNÍ KÓJE 3	41,24
S10	SKLAD	21,63
S11	SKLAD	8,11
S12	VÝTAH VOZIDEL	22,20



VYPRACOVAL: Bc.MARTIN KLOUD	VEDOUČÍ DP: Ing.CTISLAV FIALA, Ph.D.	AKADEM. ROK: 2019/20	<b>ČVUT</b> FAKULTA STAVEBNÍ	
PŘEDMĚT: 124DPM - DIPLOMOVÁ PRÁCE				
ZADÁNÍ DP: KONSTRUKČNÍ NÁVRH POLYFUNKČNÍHO DOMU BRATISLAVSKÁ, BRNO			MĚŘITKO	1:150
VÝKRES: <b>DISPOZICE 1.PP</b>			Č.VÝKRESU	



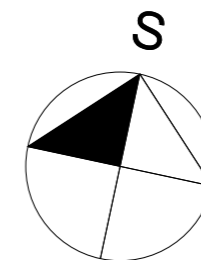
TABULKA MÍSTNOSTÍ		
OZN.	ÚČEL	PLOCHA (m <sup>2</sup> )
101	GARÁŽE	375,61
102	SCHODIŠTĚ	15,24
103	SCHODIŠTĚ	15,24
104	VÝTAH	3,23
105	VÝTAH	3,23
106	VSTUPNÍ CHODBA	16,33
107	VSTUPNÍ CHODBA	60,98
108	ZÁDVEŘÍ	25,34
109	KOMERČNÍ PROSTOR 1	185,57
110	ŠATNA+SPRCHA	5,75
111	WC ŽENY	5,82
112	WC MUŽI	7,38
113	SKLAD ZBOŽÍ	17,85
114	SKLAD	5,82
115	SKLAD	3,05
116	SKLAD	8,11
117	VÝTAH VOZIDEL	22,20
118	KOMERČNÍ PROSTOR 2	15,28
119	WC ZAMĚSTNANCI	3,21
120	SKLAD	2,26
121	SKLAD ÚKLIDU	2,43
122	WC INVALIDÉ	5,42
123	KOMERČNÍ PROSTOR 3	11,54
124	SKLAD	7,65
125	WC INVALIDÉ	4,26
126	SKLAD	14,69
127	SKLAD	5,18



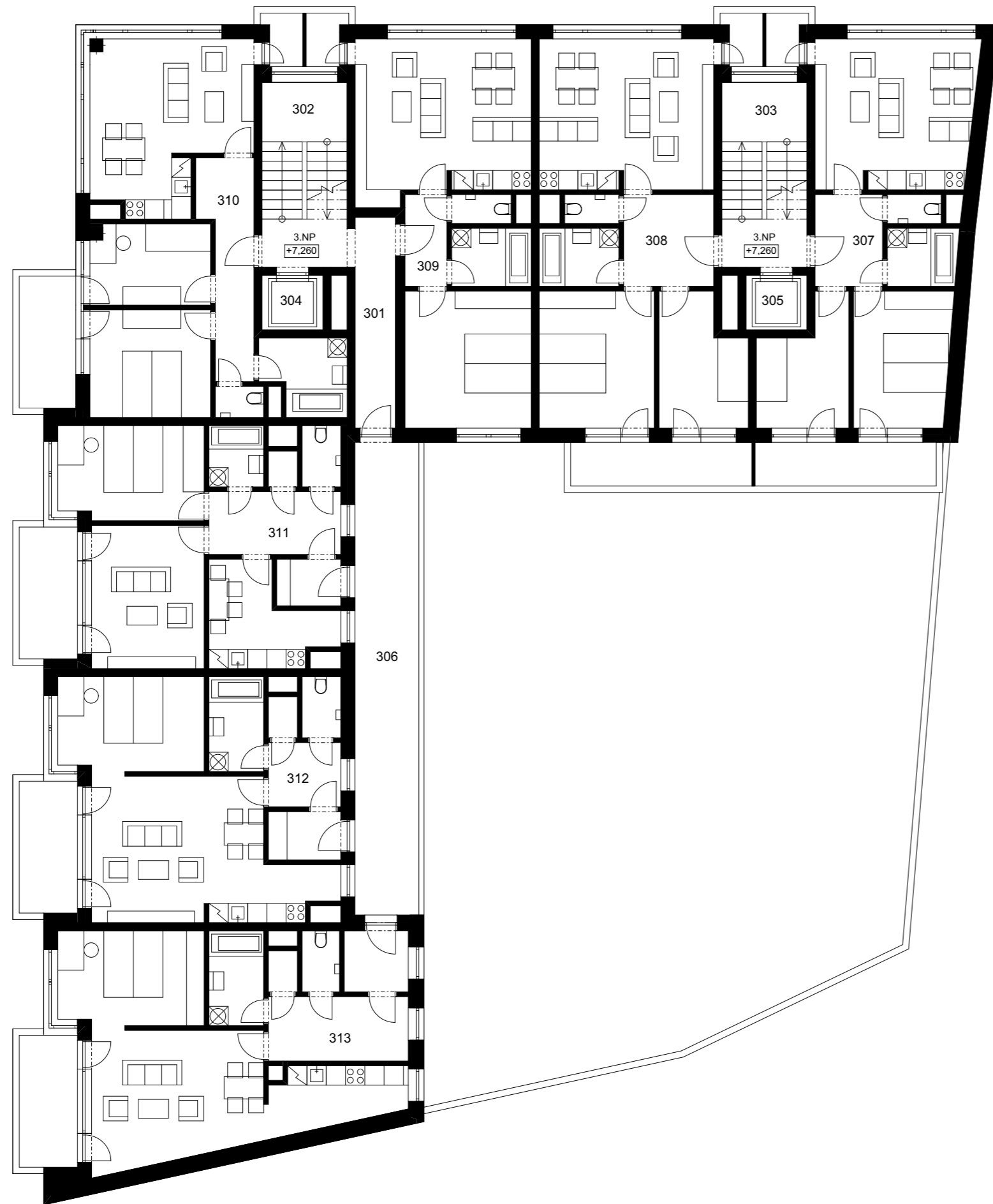
VYPRACOVAL: Bc.MARTIN KLOUD	VEDOUČÍ DP: Ing.CTISLAV FIALA, Ph.D.	AKADEM. ROK: 2019/20	<b>ČVUT</b> FAKULTA STAVEBNÍ	
PŘEDMĚT: 124DPM - DIPLOMOVÁ PRÁCE				
ZADÁNÍ DP: KONSTRUKČNÍ NÁVRH POLYFUNKČNÍHO DOMU BRATISLAVSKÁ, BRNO			MĚŘITKO	1:150
VÝKRES: <b>DISPOZICE 1.NP</b>			Č.VÝKRESU	



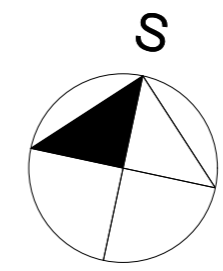
TABULKA MÍSTNOSTÍ		
OZN.	ÚČEL	PLOCHA (m <sup>2</sup> )
201	POCHOZÍ ZELENÁ STŘECHA	287,20
202	SCHODIŠTĚ	15,24
203	SCHODIŠTĚ	15,24
204	VÝTAH	3,23
205	VÝTAH	3,23
206	KANCELÁŘ 1	22,74
207	KANCELÁŘ 2	26,34
208	KANCELÁŘ 3	25,09
209	KANCELÁŘ 4	23,03
210	KANCELÁŘ 5	23,32
211	KANCELÁŘ 6	25,59
212	KANCELÁŘ 7	16,19
213	KANCELÁŘ 8	21,09
214	KANCELÁŘ 9	33,82
215	KANCELÁŘ 10	49,44
216	KANCELÁŘ 11	45,75
217	SKLAD ÚKLIDU	4,77
218	SPOLEČNÝ PROSTOR	19,74
219	KUCHYŇKA+CHODBA	32,39
220	CHODBA	19,98
221	CHODBA	12,34
222	WC ŽENY	13,32
223	WC MUŽI	11,18
224	WC INVALIDÉ	5,71
225	SKLAD ÚKLIDU	4,52
226	CHODBA	5,10
227	ARCHIV	10,01
228	WC MUŽI	9,79
229	CHODBA	4,28
230	CHODBA	4,28
231	WC ŽENY	7,38



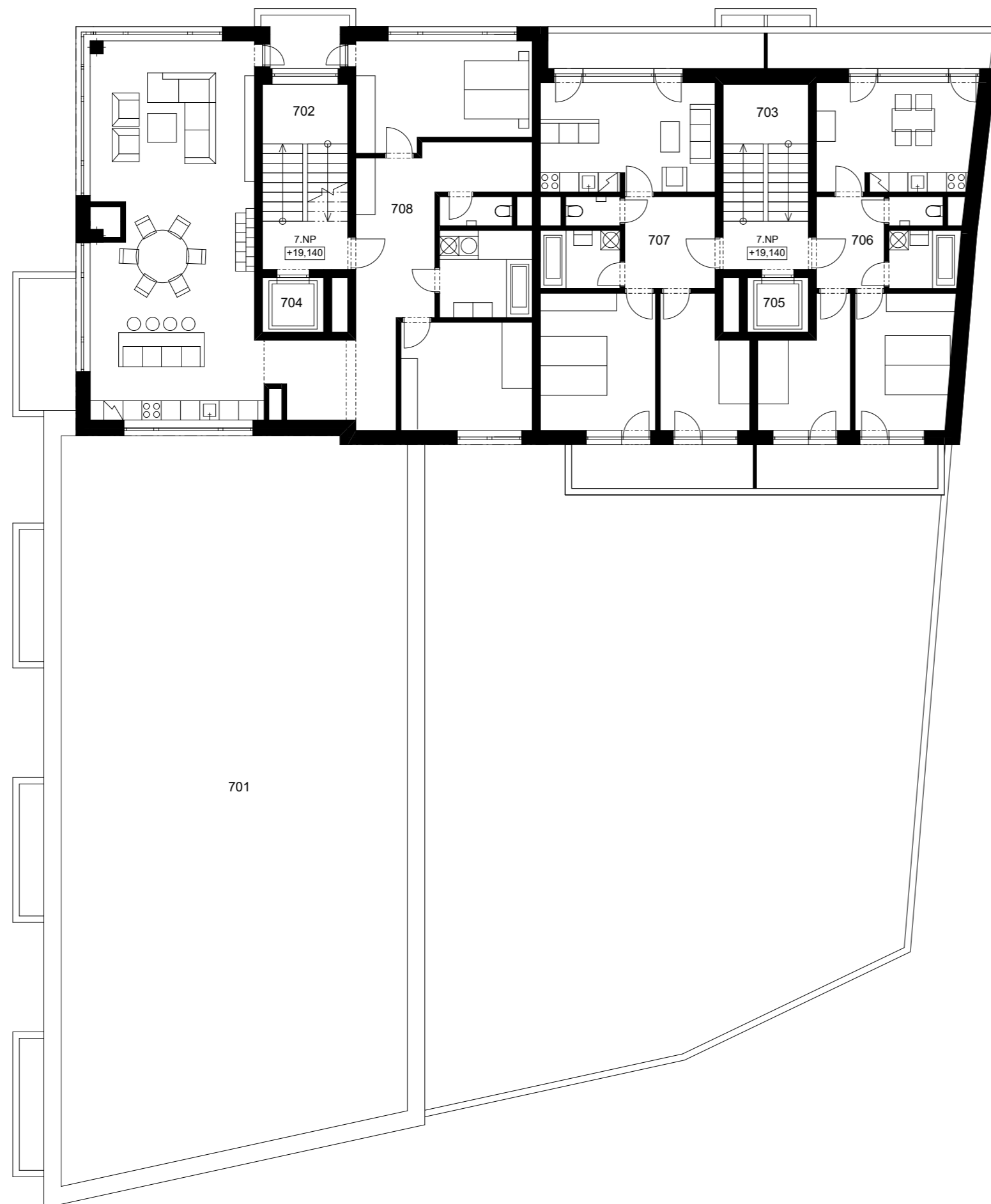
VYPRACOVAL: Bc.MARTIN KLOUD	VEDOUcí DP: Ing.CTISLAV FIALA, Ph.D.	AKADEM. ROK: 2019/20	<b>ČVUT</b> FAKULTA STAVEBNÍ	
PŘEDMĚT: 124DPM - DIPLOMOVÁ PRÁCE				
ZADÁNÍ DP: KONSTRUKČNÍ NÁVRH POLYFUNKČNÍHO DOMU BRATISLAVSKÁ, BRNO			MĚŘITKO	1:150
VÝKRES: <b>DISPOZICE 2.NP</b>			Č.VÝKRESU	



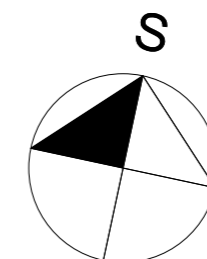
TABULKA MÍSTNOSTÍ		
OZN.	ÚČEL	PLOCHA (m <sup>2</sup> )
301	CHODBA	8,19
302	SCHODIŠTĚ	15,24
303	SCHODIŠTĚ	15,24
304	VÝTAH	3,23
305	VÝTAH	3,23
306	PAVLAČ	29,24
307	BYT 3+KK (VČ. LODŽÍ)	69,45
308	BYT 3+KK (VČ. LODŽÍ)	78,13
309	BYT 2+KK (VČ. LODŽÍ)	57,45
310	BYT 3+KK (VČ. LODŽÍ)	76,27
311	BYT 2+1 (VČ. LODŽÍ)	68,72
312	BYT 2+KK (VČ. LODŽÍ)	69,60
313	BYT 2+KK (VČ. LODŽÍ)	75,48



VYPRACOVAL: Bc.MARTIN KLOUD	VEDOUČÍ DP: Ing.CTISLAV FIALA, Ph.D.	AKADEM. ROK: 2019/20	<b>ČVUT</b> FAKULTA STAVEBNÍ	
PŘEDMĚT: 124DPM - DIPLOMOVÁ PRÁCE				
ZADÁNÍ DP: KONSTRUKČNÍ NÁVRH POLYFUNKČNÍHO DOMU BRATISLAVSKÁ, BRNO			DATUM	12.10.2019
VÝKRES: <b>DISPOZICE 3-6.NP</b>			MĚŘITKO	1:150
			Č.VÝKRESU	

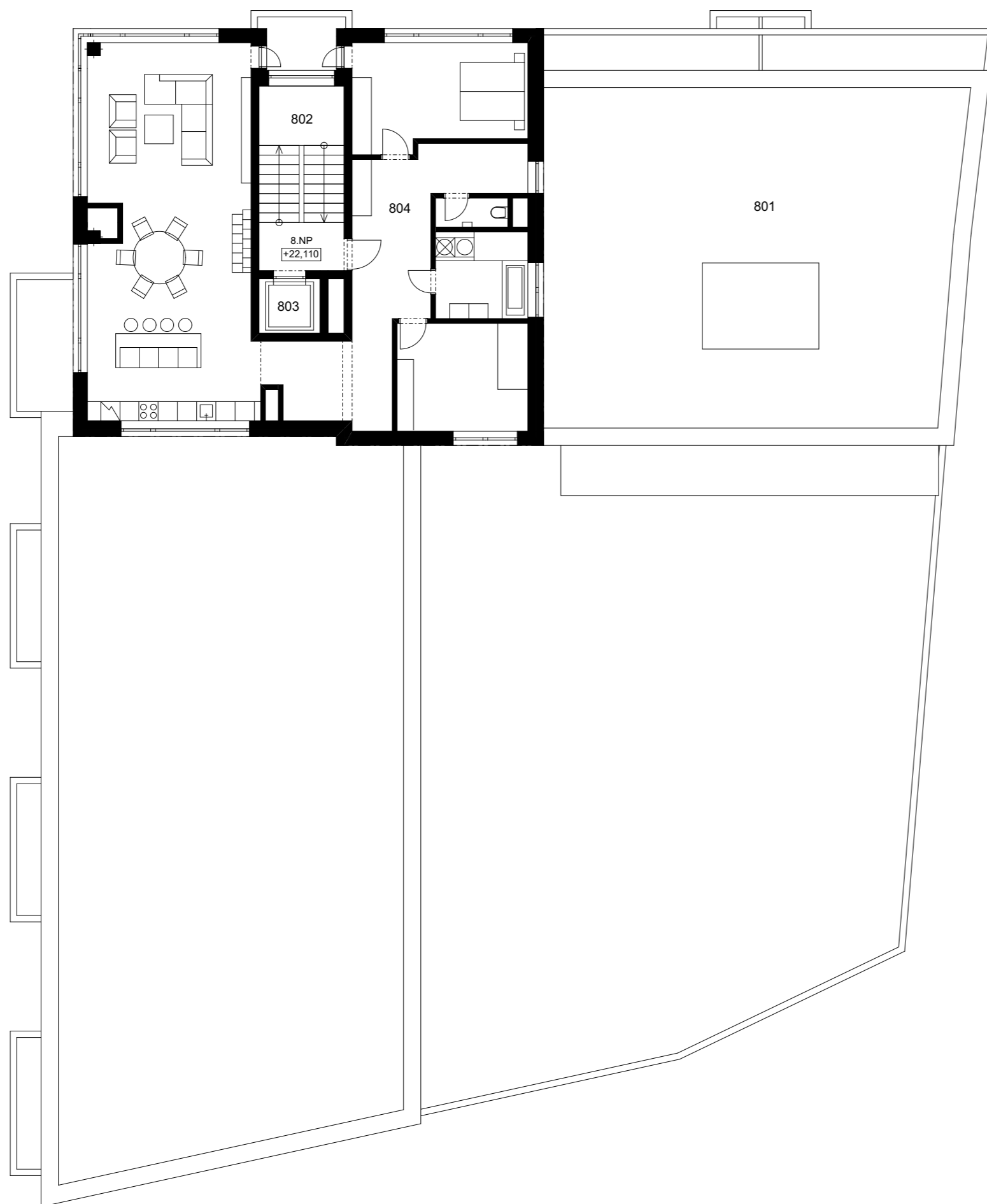


TABULKA MÍSTNOSTÍ		
OZN.	ÚČEL	PLOCHA (m <sup>2</sup> )
701	NEPOCHOZÍ PLOCHÁ STŘECHA	237,38
702	SCHODIŠTĚ	15,24
703	SCHODIŠTĚ	15,24
704	VÝTAH	3,23
705	VÝTAH	3,23
706	BYT 3+KK (VČ. LODŽÍÍ)	68,58
707	BYT 3+KK (VČ. LODŽÍÍ)	76,64
708	BYT 3+KK (VČ. LODŽÍÍ)	137,91

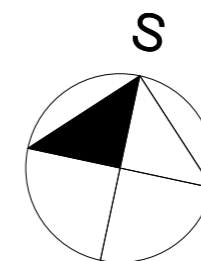


VYPRACOVAL: Bc.MARTIN KLOUD	VEDOUČÍ DP: Ing.CTISLAV FIALA, Ph.D.	AKADEM. ROK: 2019/20	<b>ČVUT</b> FAKULTA STAVEBNÍ	
PŘEDMĚT: 124DPM - DIPLOMOVÁ PRÁCE				
ZADÁNÍ DP: KONSTRUKČNÍ NÁVRH POLYFUNKČNÍHO DOMU BRATISLAVSKÁ, BRNO			MĚŘÍTKO	1:150
VÝKRES: <b>DISPOZICE 7.NP</b>			Č.VÝKRESU	

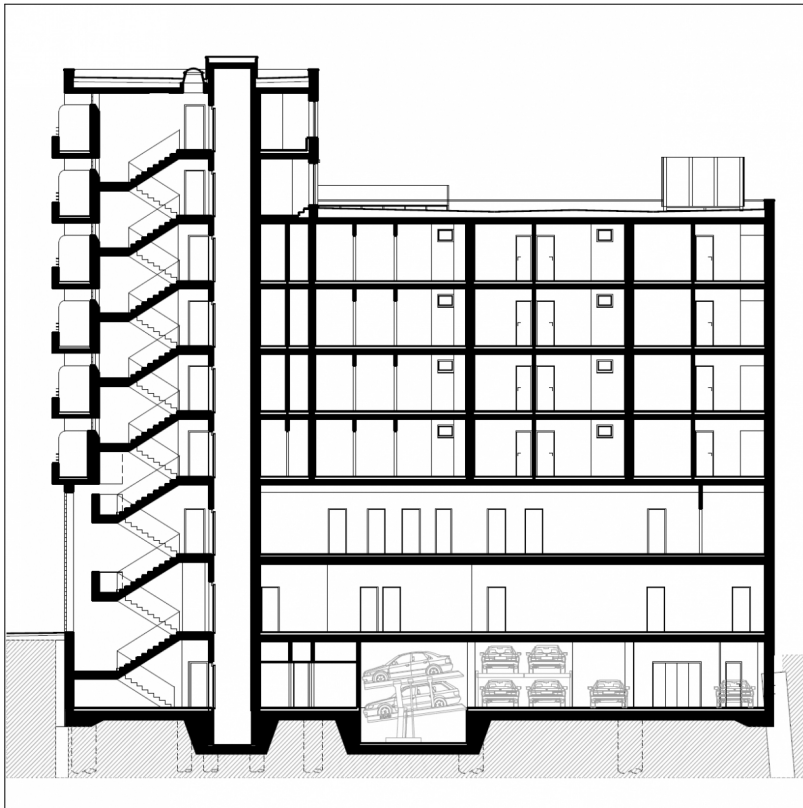




TABULKA MÍSTNOSTÍ		
OZN.	ÚČEL	PLOCHA (m <sup>2</sup> )
801	NEPOCHOZÍ PLOCHÁ STŘECHA	135,11
802	SCHODIŠTĚ	15,24
803	VÝTAH	3,23
804	BYT 3+KK (VČ. LODŽÍÍ)	137,91



VYPRACOVAL: Bc.MARTIN KLOUD	VEDOUČÍ DP: Ing.CTISLAV FIALA, Ph.D.	AKADEM. ROK: 2019/20	<b>ČVUT</b> FAKULTA STAVEBNÍ	
PŘEDMĚT: 124DPM - DIPLOMOVÁ PRÁCE				
ZADÁNÍ DP: KONSTRUKČNÍ NÁVRH POLYFUNKČNÍHO DOMU BRATISLAVSKÁ, BRNO			DATUM	12.10.2019
VÝKRES: <b>DISPOZICE 8.NP</b>			MĚŘÍTKO	1:150
			Č.VÝKRESU	



Obr. 1 - Řez objektem [1]



Obr. 2 - Situace [1]



**Obr. 3 - Pohled severní [1]**



**Obr. 4 - Pohled západní [1]**



**Obr. 5 - Fotografie objektu [1]**

## 2. POŽADAVKY NA NÁVRH BUDOVY

Hlavním požadavkem je navrhnout budovu v pasivním standardu. Na pasivní dům jsou kladeny tyto specifické požadavky [2]:

- měrná roční potřeba tepla na vytápění je maximálně 15 kWh/(m<sup>2</sup>a),
- neprůvzdušnost obálky budovy n50 ověřená tlakovou zkouškou nesmí překročit hodnotu 0,6 h<sup>-1</sup>, což znamená, že při přetlaku nebo podtlaku 50 Pa se nesmí za hodinu vyměnit netěsnostmi v obálce více než 60 % vnitřního objemu vzduchu,
- celková potřeba primární energie spojená s provozem budovy včetně domácích spotřebičů je nižší než 120 kWh/(m<sup>2</sup>a). Primární energie vyjadřuje množství energie spotřebované při výrobě určitého zdroje i se ztrátami při distribuci, a tudíž nám dává komplexnější pohled na spotřebu dle zvoleného zdroje. Použijeme-li jako zdroj například elektřinu, musíme díky neefektivní výrobě při výpočtu primární energie vynásobit výsledek třemi. V konečném důsledku to vyjadřuje i výši provozních nákladů ve vztahu k použitému zdroji energie.

Z výše uvedených požadavků vyplývá nutnost kvalitního zateplení obalových konstrukcí a kvalitního řešení detailů. Obálka budovy musí být téměř vzduchotěsná, aby neunikalo žádné teplo, tudíž musí být použito nucené větrání s rekuperací tepla.

Dále jsou uvedeny požadavky na součinitel prostupu tepla obalových konstrukcí, zvukovou izolaci konstrukcí a vnitřní prostředí jednotlivých provozů.

## 2.1. Tepelná technika

Z hlediska tepelné techniky jsou obvodové pláště a ostatní skladby konstrukcí navrženy na hodnoty součinitele prostupu tepla doporučené pro pasivní budovy  $U_{\text{pas},20}$  ( $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ ).

**Přehled požadavků ČSN 730540-2 na součinitel prostupu tepla pro vytápěné budovy s převažující návrhovou vnitřní teplotou 18 °C až 22 °C**

Popis konstrukce	Součinitel prostupu tepla [ $\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ ]		
	Požadované hodnoty $U_{\text{N},20}$	Doporučené hodnoty $U_{\text{rec},20}$	Doporučené hodnoty pro pasivní budovy $U_{\text{pas},20}$
Stěna vnější	0,30 <sup>1)</sup>	těžká: 0,25	0,18 až 0,12
		lehká: 0,20	
Střecha strmá se sklonem nad 45°	0,30	0,20	0,18 až 0,12
Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45°	0,24	0,16	0,15 až 0,10
Strop s podlahou nad venkovním prostorem	0,24	0,16	0,15 až 0,10
Strop pod nevytápěnou půdou (se střechou bez tepelné izolace)	0,30	0,20	0,15 až 0,10
Stěna k nevytápěné půdě (se střechou bez tepelné izolace)	0,30 <sup>1)</sup>	těžké: 0,25	0,18 až 0,12
		lehké: 0,20	
Podlaha a stěna vytápěného prostoru přilehlá k zemině <sup>4), 6)</sup>	0,45	0,30	0,22 až 0,15
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k nevytápěnému prostoru	0,60	0,40	0,30 až 0,20
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k temperovanému prostoru	0,75	0,50	0,38 až 0,25
Strop a stěna vnější z temperovaného prostoru k venkovnímu prostředí	0,75	0,50	0,38 až 0,25
Podlaha a stěna temperovaného prostoru přilehlá k zemině <sup>6)</sup>	0,85	0,60	0,45 až 0,30
Stěna mezi sousedními budovami <sup>3)</sup>	1,05	0,70	0,5
Strop mezi prostory s rozdílem teplot do 10 °C včetně	1,05	0,70	
Stěna mezi prostory s rozdílem teplot do 10 °C včetně	1,30	0,90	
Strop vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně	2,2	1,45	
Stěna vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně	2,7	1,80	
Výplň otvoru ve vnější stěně a strmé střeše, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří	1,5 <sup>2)</sup>	1,2	0,8 až 0,6
Šikmá výplň otvoru se sklonem do 45°, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí	1,4 <sup>7)</sup>	1,1	0,9
Dveřní výplň otvoru z vytápěného prostoru do venkovního prostředí (včetně rámu)	1,7	1,2	0,9

Výplň otvoru vedoucí z vytápěného do temperovaného prostoru		3,5	2,3	1,7
Výplň otvoru vedoucí z temperovaného prostoru do venkovního prostředí		3,5	2,3	1,7
Šikmá výplň otvoru se sklonem do 45° vedoucí z temperovaného prostoru do venkovního prostředí		2,6	1,7	1,4
Lehký obvodový plášť (LOP), hodnocený jako smontovaná sestava včetně nosných prvků, s poměrnou plochou průsvitné výplně otvoru $f_w = A_w / A$ , v m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> , kde $A$ je celková plocha lehkého obvodového pláště (LOP), v m <sup>2</sup> ; $A_w$ plocha průsvitné výplně otvoru sloužící převážně k osvětlení interiéru včetně příslušných částí rámu v LOP, v m <sup>2</sup> .	$f_w \leq 0,5$	$0,3 + 1,4 \cdot f_w$	0,2 + $f_w$	0,15 + 0,85 · $f_w$
	$f_w > 0,5$	$0,7 + 0,6 \cdot f_w$		
Kovový rám výplně otvoru		--	1,8	1,0
Nekovový rám výplně otvoru <sup>5)</sup>		--	1,3	0,9 – 0,7
Rám lehkého obvodového pláště		--	1,8	1,2
<p><b>POZNÁMKY</b></p> <p>1) Pro jednovrstvé zdivo se nejpozději do 31.12.2012 připouští hodnota 0,38 W/(m<sup>2</sup>K).</p> <p>2) Nejpozději do 31.12.2012 se připouští hodnota 1,7 W/(m<sup>2</sup>K).</p> <p>3) Nemusí se vždy jednat o teplosměnnou plochu, ovšem s ohledem na postup výstavby a možné změny způsobu užívání se zajišťuje tepelná ochrana na uvedené úrovni.</p> <p>4) V případě podlahového a stěnového vytápění se do hodnoty součinitele prostupu tepla započítávají pouze vrstvy od roviny, ve které je umístěno vytápění, směrem do exteriéru.</p> <p>5) Platí i pro rámy využívající kombinace materiálů, včetně kovových, jako jsou například dřevo-hliníkové rámy.</p> <p>6) Odpovídá výpočtu součinitele prostupu tepla podle ČSN 73 0540-4 (tj. bez vlivu zeminy), nikoli výslednému působení podle ČSN EN ISO 13370.</p> <p>7) Nejpozději do 31.12.2012 se připouští hodnota 1,5 W/(m<sup>2</sup>K).</p>				

**Tab. 1 - Požadavky normy ČSN 73 0540 - 2 na součinitel prostupu tepla U [3]**

## 2.2. Akustika

Z hlediska akustiky jsou důležité požadavky na zvukovou izolaci konstrukcí v bytových a kancelářských prostorech.

Chráněný prostor (místnost příjmu zvuku)					
Řádka	Hlučný prostor (místnost zdroje zvuku)	Požadavky na zvukovou izolaci <sup>1)</sup>			
		Stropy		Stěny	Dveře
		$R'_{w, D_{nT,w}}$ dB	$L'_{n,w}, L'_{nT,w}$ dB	$R'_{w, D_{nT,w}}$ dB	$R_w$ dB
<b>A. Bytové domy, rodinné domy – nejméně jedna obytná místnost bytu</b>					
1	Všechny ostatní obytné místnosti téhož bytu	47	63	42	27
<b>B. Bytové domy – obytné místnosti bytu</b>					
2	Všechny místnosti druhých bytů, včetně příslušenství	53 52 <sup>1)</sup>	55 58 <sup>1)</sup>	53 52 <sup>1)</sup>	-
3	Společné prostory domu (schodiště, chodby, terasy, kočárkárny, sušárny, sklípky apod.)	52	55	52	32 <sup>2)</sup> 37 <sup>3)</sup>
4	Průjezdy, podjezdy, garáže, průchody, podchody	57	48	57	-
5	Místnosti s technickým zařízením domu (výměňkové stanice, kotelny, strojovny výtahů, strojovny VZT, prádelny apod.) s hlukem: $L_{A,max} \leq 80$ dB $80$ dB < $L_{A,max} \leq 85$ dB	57 <sup>4)</sup> 62 <sup>5)</sup>	48 <sup>4)</sup> 48 <sup>5)</sup>	57 <sup>4)</sup> 62 <sup>5)</sup>	-
6	Provozovny s hlukem $L_{A,max} \leq 85$ dB: s provozem nejvýše do 22:00 h s provozem i po 22:00 h	57 62	53 48	57 62	-
7	Provozovny s hlukem $85$ dB < $L_{A,max} \leq 95$ dB s provozem i po 22:00 h	72 <sup>5)</sup>	38 <sup>5)</sup>	-	-
<b>C. Terasové nebo řadové rodinné domy a dvojdomy - obytné místnosti bytu</b>					
8	Všechny místnosti v sousedním domě	57	48	57	-
<b>D. Hotely a zařízení pro přechodné ubytování – ložnicový prostor ubytovací jednotky</b>					
9	Všechny místnosti druhých jednotek	52	58	47	42 <sup>6)</sup>
10	Společně užívané prostory (chodby schodiště)	52	58	45	32 27 <sup>7)</sup>
11	Restaurace a jiné provozovny s provozem do 22.00 h	57	53	57	-
12	Restaurace a provozovny s provozem i po 22.00 h ( $L_{A,max} \leq 85$ dB)	62	48	62	-
<b>E. Nemocnice, zdravotnická zařízení – lůžkové pokoje, ordinace, pokoje lékařů, operační sály apod.</b>					
13	Lůžkové pokoje, ordinace, ošetrovny, operační sály, komunikační a pomocné prostory (chodby, schodiště, halý)	52	58	47 <sup>8)</sup>	27



Chráněný prostor (místnost příjmu zvuku)					
Řádka	Hlučný prostor (místnost zdroje zvuku)	Požadavky na zvukovou izolaci <sup>7)</sup>			
		Stropy		Stěny	Dveře
		R <sub>w</sub> , D <sub>nT,w</sub> dB	L <sub>n,w</sub> , L <sub>nT,w</sub> dB	R <sub>w</sub> , D <sub>nT,w</sub> dB	R <sub>w</sub> dB
14	Hlučné prostory (kuchyně, technická zařízení budovy) L <sub>A,max</sub> ≤ 85 dB	62	48	62	-
<b>F. Školy a vzdělávací instituce – učebny, výukové prostory</b>					
15	Učebny, výukové prostory	52	58	47	-
16	Společné prostory, chodby, schodiště	52	58	47	32 27 <sup>7)</sup>
17	Hlučné prostory (dílny, jídelny) L <sub>A,max</sub> ≤ 85 dB	55	48	52	-
18	Velmi hlučné prostory (hudební učebny, dílny, tělocvičny) L <sub>A,max</sub> ≤ 90 dB	60 <sup>9)</sup>	48 <sup>9)</sup>	57 <sup>9)</sup>	-
<b>G. Administrativní a správní budovy, firmy – kanceláře a pracovní</b>					
19	Kanceláře a pracovní s běžnou administrativní činností, chodby, pomocné prostory	47	63	37	27
20	Kanceláře a pracovní se zvýšenými nároky, pracovní vedoucích pracovníků <sup>10)</sup>	52	58	45	32
21	Kanceláře a pracovní pro důvěrná jednání nebo jiné činnosti vyžadující vysokou ochranu před hlukem <sup>10)</sup>	52	58	50	37
<p><sup>1)</sup> Požadavek se vztahuje pouze na starou, zejména panelovou výstavbu, pokud neumožňuje dodatečné zvukové izolační opatření.</p> <p><sup>2)</sup> Platí pro vstupní dveře z chodby do předsíně (vstupní haly) bytu, je-li chráněný prostor místností oddělen dalšími dveřmi.</p> <p><sup>3)</sup> Platí pro vstupní dveře z chodby přímo do chráněné obytné místnosti bytu.</p> <p><sup>4)</sup> Kromě splnění stanovených požadavků na vzduchovou a kročejovou neprůzvučnost mohou být nutná další opatření, kdy je nutné stroje a zařízení uložit, zavěsit či upravit tak, aby nedocházelo k šíření a přenosu zvuku konstrukcí (vibracemi) a instalacemi (rozvody médií, šachtami aj.) a k překročení hygienických limitů hluku ve vnitřních chráněných prostorech. V prokázanych případech, kdy zařízení nebude zdrojem hluku a vibrací, lze požadavky snížit o 5 dB.</p> <p><sup>5)</sup> Kromě splnění stanovených požadavků na vzduchovou a kročejovou neprůzvučnost mohou být nutná další opatření, kdy je nutné stroje a zařízení uložit, zavěsit či upravit tak, aby nedocházelo k šíření a přenosu zvuku konstrukcí (vibracemi) a instalacemi (rozvody médií, šachtami aj.) a k překročení hygienických limitů hluku ve vnitřních chráněných prostorech. Místnosti s provozním hlukem s dominantním obsahem nízkých kmitočtů nebo s tónovými složkami (např. hlučné strojovny, diskotéky apod.) se zásadně nedoporučuje situovat do blízkosti bytových jednotek.</p> <p><sup>6)</sup> Platí pro spojovací dveře mezi samostatnými bytovými jednotkami (např. dvojité nebo zádveří).</p> <p><sup>7)</sup> Platí pro vstupní dveře, je-li chráněný prostor oddělen předsíní nebo zádveřím s dalšími dveřmi.</p> <p><sup>8)</sup> U stěn s prosklenými částmi, přes které je nutný vizuální kontakt, lze požadavek snížit o 5 dB a u celoplošných zasklení až o 10 dB (např. operační sály, JIP).</p> <p><sup>9)</sup> Vzhledem k možnému přenosu nízkých kmitočtů mohou být nutná další opatření. Situace obvykle vyžaduje individuální posouzení.</p> <p><sup>10)</sup> Požadavky platí rovněž mezi uvedenými pracovními a přílehlými chodbami, popř. pomocnými prostory.</p>					

**Tab. 2 - Požadavky normy ČSN 73 0532 na zvukovou izolaci konstrukcí [4]**

## 2.3. Vnitřní prostředí

Z hlediska vnitřního prostředí jsou důležité zejména parametry jako je teplota vnitřního vzduchu a intenzita větrání, resp. množství přiváděného vzduchu. Každý provoz polyfunkčního domu má své specifické požadavky.

### 2.3.1. Garáže

Požadavek na teplotu vnitřního vzduchu není, garáže v daném objektu jsou uvažovány jako nevytápěné, tudíž se teplota vnitřního vzduchu bude podobat teplotě vzduchu venkovního.

Požadavek na větrání je kladen zejména na garáže v 1.NP, kde se vozidla pohybují vlastní silou a vznikají škodliviny, zejména oxid uhelnatý. Větrání má být vždy podtlakové, intenzita větrání nesmí poklesnout pod hodnotu  $I = 0,5 \text{ h}^{-1}$  a nejvyšší přípustná výpočtová koncentrace oxidu uhelnatého má být  $C_p = 50 \text{ ppm}$  [5].

### 2.3.2. Komerční prostory

Požadavek na teplotu vnitřního vzduchu, resp. operativní teplotu je uvažován  $t_{o,min} = 20 \text{ °C}$ , jelikož komerční prostory domu jsou navrženy pro obchody s oblečením apod.

Požadavek na větrání, resp. množství přiváděného vzduchu pro osoby je  $50 \text{ m}^3/\text{h.os}$  (pro práci převážně vsedě). Minimální průtoky vzduchu pro hygienická zázemí jsou uvedeny v tabulce č.4 [6].

Třída práce	Činnost	Operativní teplota [°C]			Rychlost proudění $w$ [m/s]	Relativní vlhkost $\varphi$ [%]
		$t_{omin}$	$t_o$	$t_{omax}$		
I	Práce v sedě s minimální pohybovou aktivitou, nebo s lehkou manuální prací (administrativní práce)	20	$22 \pm 2$	28	0,1 - 0,2	30 - 70
IIa	Práce vstojе spojená s pomalou chůzí. Přenášení lehkých břemen, překonávání malých odporů.	18	$20 \pm 2$	27	0,1 - 0,2	
IIb	Práce vsedě a vstojе s trvalým zapojením obou paží a nohou (potravinářská výroba atp.)	14	$16 \pm 2$	26	0,2 - 0,3	
IIIa	Práce vstojе s trvalým zapojením obou horních končetin v předklonu, nebo v kleče (údržba strojů, atp.).	10	$12 \pm 2$	26	0,2 - 0,3	
IIIb	Práce vstojе s trvalým zapojením obou horních končetin, trupu, chůze (práce ve stavebnictví, atp.).	10	$12 \pm 2$	26	0,2 - 0,3	

Tab. 3 - Přípustné hodnoty mikroklimatických podmínek [6]

Prostor	Průtok vzduchu
Šatny	$20 \text{ m}^3/\text{h}$ na 1 šatní místo
Umyvárny	$30 \text{ m}^3/\text{h}$ na 1 umyvadlo
Sprchy	$150-200 \text{ m}^3/\text{h}$ na 1 sprchu
WC	$50 \text{ m}^3/\text{h}$ na 1 mísu $25 \text{ m}^3/\text{h}$ na 1 pisoár

Tab. 4 - Minimální průtoky vzduchu pro hygienická zázemí [6]

### 2.3.3. Kancelářské prostory

Požadavek na teplotu vnitřního vzduchu, resp. operativní teplotu je uvažován  $t_{o,min} = 20\text{ °C}$  (administrativní práce, viz tabulka č.3).

Požadavek na větrání, resp. množství přiváděného vzduchu pro osoby je  $50\text{ m}^3/\text{h.os}$  (práce převážně v sedě). Minimální průtoky vzduchu pro hygienická zázemí jsou uvedeny v tabulce č.4 [6].

### 2.3.4. Bytové prostory

Požadavky na teplotu vnitřního vzduchu jsou uvedeny v tabulce č.5.

Požadavky větrání jsou uvedeny v tabulce č.6.

Druh vytápěné místnosti		Výpočtová vnitřní teplota	Relativní vlhkost vzduchu
		$t_i\text{ [°C]}$	$\varphi_{ai}\text{ [%]}$
1.	Obytné budovy		
1.1	trvale užívané		
	obývací místnosti, tj. obývací pokoje, ložnice, jídelny, jídelny s kuchyňským koutem, pracovny, dětské pokoje	20	60
	kuchyně	20	60
	koupelny	24	90
	klozety	20	60
	vytápěné vedlejší místnosti (předsíň, chodby aj.)	15	60
	vytápěná schodiště	10	60

**Tab. 5 - Vnitřní výpočtové teploty dle ČSN EN 12831 a doporučené relativní vlhkosti vzduchu dle ČSN 06 0210 [7]**

Požadavek	Trvalé větrání (průtok venkovního vzduchu)		Nárazové větrání (průtok odsávaného vzduchu)		
	Intenzita větrání $[\text{h}^{-1}]$	Dávka venkovního vzduchu na osobu $[\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{os})]$	Kuchyně $[\text{m}^3/\text{h}]$	Koupelny $[\text{m}^3/\text{h}]$	WC $[\text{m}^3/\text{h}]$
Minimální hodnota	0,3	15	100	50	25
Doporučená hodnota	0,5	25	150	90	50

**Tab. 6 - Požadavky na větrání obytných budov dle ČSN EN 15665/Z1 [8]**

# 3. NÁVRH KONSTRUKČNÍHO SYSTÉMU BUDOVY (KS)

## 3.1. Varianty KS

Pro daný objekt jsou navrženy dvě varianty konstrukčního systému. Pro obě varianty jsou ve výkresové části zpracovány půdorysy, řezy a ve výpočtové části je uveden předběžný statický návrh nosných prvků.

### 3.1.1. Varianta č.1

První variantou je železobetonový monolitický kombinovaný konstrukční systém. Od 1.PP do 2.NP je systém sloupový, stěny jsou tu pouze suterénní a ztužující. Od 3.NP do 8.NP je systém stěnový, mezibytové stěny působí jako stěnové nosníky. Základovou konstrukci tvoří žlb. monolitická základová deska podepřená žlb. monolitickými piloty. Stropní a střešní konstrukci tvoří žlb. monolitické lokálně podepřené, obousměrně pnuté desky, ztužené okrajovými průvlaky. Předsazené konstrukce jsou řešeny jako žlb. monolitické jednosměrně pnuté desky oddělené od stropní konstrukce pomocí ISO nosníků. Dvouramenná schodiště tvoří žlb. prefabrikované jednosměrně pnuté desky (ramena) a žlb. monolitické jednosměrně pnuté desky (podesty). Rozměry a rozpony konstrukcí jsou uvedeny ve výkresech.

### 3.1.2. Varianta č.2

Druhou variantou je železobetonový prefabrikovaný kombinovaný konstrukční systém. Monolitickou část tvoří pouze spodní stavba (základová deska, piloty, suterénní stěny) a je stejná jako u varianty č.1. Stropní a střešní konstrukci tvoří žlb. prefabrikované předpjaté dutinové panely. Průvlaky jsou žlb. prefabrikované předpjaté obráceného T a L. V místě předsazených konstrukcí jsou použity nízké ocelové průvlaky. Předsazené konstrukce tvoří žlb. prostorové prefabrikáty s integrovanými ISO nosníky - tahová a smyková výztuž se po usazení zalije betonem v dutinách stropních panelů. Dvouramenná schodiště tvoří žlb. prefabrikované jednosměrně pnuté desky (ramena+podesty). Schodišťová jádra tvoří žlb. prefabrikované stěnové panely, výtahové šachty jsou řešeny jako žlb. prostorové prefabrikáty. Rozměry a rozpony konstrukcí jsou uvedeny ve výkresech.

## 3.2. Porovnání variant KS

### 1) Železobetonový monolitický kombinovaný systém:

#### Výhody (oproti prefa. systému):

- větší tuhost konstrukce
- jednodušší provedení složitých konstrukcí (šikmé návaznosti stěn, průvlaků, napojování předsazených konstrukcí na stropní konstrukce atd.)
- větší tvarová variabilita
- možnost jednoduššího řešení tepelných mostů
- doprava není omezena rozměry prvků (dopravuje se pouze čerstvý beton)

#### Nevýhody (oproti prefa. systému):

- mokrá proces na stavbě
- nutnost technologických přestávek (tuhnutí betonu) - pomalejší výstavba
- nutnost provádět bednění
- menší technologická kázeň (kvalita provedení konstrukce)

### 2) Železobetonový prefabrikovaný kombinovaný systém:

#### Výhody (oproti monolit. systému):

- rychlost výstavby
- absence mokrého procesu na stavbě (řeší se pouze styky, zálivkový beton)
- lepší kvalita betonových konstrukcí
- na stavbě se nemusí používat bednění

#### Nevýhody (oproti monolit. systému):

- systém je vhodný spíše pro pravidelné pravoúhlé konstrukce, jinak je potřeba mnoho atypických forem, styky se řeší obtížně => vysoká cena
- náročné řešení detailů (např. napojování předsazených konstrukcí, šikmé přířezy a prostupy stropních panelů => vysoká cena
- velikost a hmotnost prvků omezena dopravními možnostmi
- menší tuhost konstrukce
- potřeba těžké techniky pro dopravu, usazování prefabrikátů

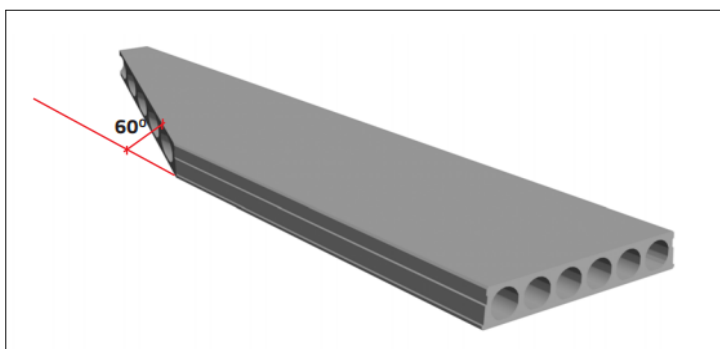
Příklady řešení atypických míst u stropních konstrukcí Spiroll:



Obr. 6 - Řešení předsazené konstrukce [9]



Obr. 7 - Ocelová výměna u prostupu [9]



Obr. 8 - Šikmý přířez panelu [9]

### 3.3. Vyhodnocení a výběr vhodné varianty KS

Jelikož je daný objekt značně členitý (polozapuštěné lodžie, balkóny, ustupující střechy, střešní terasy), jeví se vhodnější zvolit žlb. monolitický kombinovaný systém. Prefabrikovaný systém má sice řadu výhod, ale nejvíce problematické je právě řešení předsazených konstrukcí, které se musí kvůli přerušení tepelných mostů buď s použitím ISO nosníků pracně kotvit do dutin stropních panelů, nebo lze panely vykonzolovat přímo, ale poté se musí celá předsazená konstrukce obalit velkým množstvím tepelné izolace, což není vhodné z hlediska velké celkové tloušťky konstrukce. Monolitický systém zajistí levnější a kvalitnější řešení stavby, zejména z pohledu tepelné techniky, tuhosti a vzhledu konstrukce. Tento systém obnáší také lepší řešení zvukové izolace bytů, jelikož jsou mezibytové stěny provedeny z žlb. nosných stěn tl. 250 mm, které jsou díky své hmotnosti téměř bezkonkurenčním řešením.

Pro polyfunkční dům je tedy vybrán žlb. monolitický kombinovaný konstrukční systém. Tento systém zahrnuje také řešení vyzdívek v obvodovém plášti, jelikož je nutné počítat s dotvarování monolitické konstrukce, ale to je součástí další kapitoly.

# 4. NÁVRH OBVODOVÉHO PLÁŠTĚ BUDOVY (OP)

## 4.1. Obvodové pláště obecně

Obvodové pláště lze rozdělit dle skladby na:

- a) Jednovrstvé (kompaktní - jednovrstvé zdivo)
- b) Vícevrstvé (sendvičové - kontaktní zateplovací systém)
- c) Zdvojené (provětrávaná fasáda)
- d) Lehké obvodové pláště (LOP)

### a) Jednovrstvé obvodové pláště

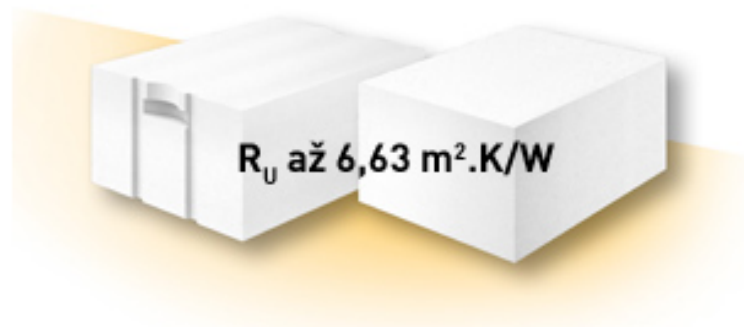
Příkladem jednovrstvého pláště mohou být zděné konstrukce z plných cihel, které ale nemohou plnit všechny požadavky na pláště vytápěných budov. Zděné konstrukce z tvárnic Porotherm, Liapor a Ytong patří do skupiny jednovrstvých plášťů a mají odpovídající normové hodnoty součinitelů tepelného prostupu [10].

U zdiva z keramických bloků (např. Porotherm) se požadovaných tepelných vlastností dosahuje vnitřními vzduchovými dutinami a velkou tloušťkou (až 500 mm) nebo jsou dutiny ještě vyplněny tepelnou izolací (polystyren, minerální vlna). U zdiva z pórobetonových tvárnic (např. Ytong) se požadovaných tepelných vlastností dosahuje samotným materiálem - rozhodující je objemová hmotnost a velká tloušťka zdiva.



Obr. 9 - Příklad keramických bloků Porotherm [11]





**Obr. 10 - Příklad pórobetonových tvárnic Ytong [12]**

b) Vícevrstvé obvodové pláště

Tento druh obvodových plášťů, dnes známý jako vnější kontaktní zateplovací systém, mezinárodně označovaný zkratkou ETICS (external thermal insulation composite system) je v České republice nejrozšířenější technologií zlepšování tepelnotechnických parametrů obvodových plášťů budov [13].

Tepelnotechnické parametry zajišťuje vrstva tepelné izolace, která může být v zateplovacích systémech tvořena z většiny tuhých tepelných izolací na trhu. Obvykle to je pěnový polystyren, desky nebo lamely z minerálních vláken, případně materiály na bázi polyuretanu a polyisokyanurátu. Tepelná izolace se obvykle lepí a kotví k připravenému pevnému a soudržnému podkladu. Na tepelnou izolaci se natahuje tzv. základní vrstva, složená ze stěrkové hmoty, do které se hladítkem vtlačuje skleněná síťovina. Na tu se obvykle natahuje další vrstva stěrkové hmoty. Na dokončenou základní vrstvu se obvykle provádí probarvená omítka se zatíranou nebo rýhovanou strukturou. Na trhu existuje několik typů tenkovrstvých omítek pro zateplovací systémy. Jsou to omítky akrylátové, silikonové, silikátové a minerální [13].

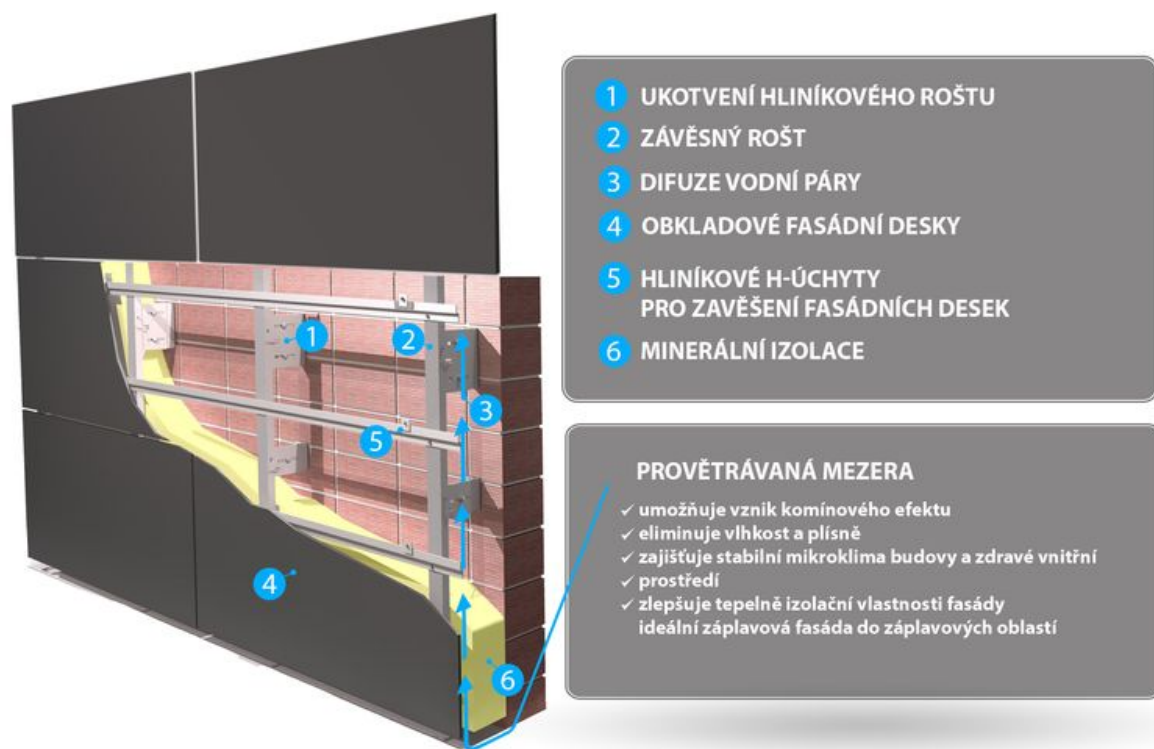


**Obr. 11 - Příklad kontaktního zateplovacího systému [13]**

### c) Zdvojené obvodové pláště

Zdvojením konstrukce dochází při rozdělení pláště na dvě části oddělené vzduchovou mezerou. Nosná vnitřní část s izolací je u tohoto systému oddělena mezerou od ochranné fasádní vrstvy. Mezera má být propojena s exteriérem tak, aby proudění venkovního vzduchu vnitřním prostorem stěny nebylo větší, jako uvnitř budovy. Ochranná fasádní vrstva brání před přímým ochlazováním povrchu izolace větrem. Tak je zaručena větší spolehlivost systému, protože není třeba počítat při výpočtu se součinitelem přestupu tepla při rychlosti větru 5 až 25 m/s ale postačí redukovat tuto hodnotu podle rychlosti pohybu vzduchu v mezeře stěny. [10].

Elegantní odvětrané systémy současnosti používají obklady kovovými plechy (ocel, hliník, titan-zinek) s kvalitní povrchovou úpravou. Stěny takových obvodových plášťů se skládají z tradiční povrchové úpravy interiéru, kryté tepelnou izolací chráněnou difuzně propustnou folií. Folie tvoří jednu stranu mezery a chrání izolaci před zanášením prachem a vlhkostí. V dutině se nachází kotevní rošt pro uchycení stavebnice z tvarovaných plechů ve formě kazet, lamel a profilů. [10].



Obr. 12 - Příklad provětrávané fasády [14]

#### d) Lehké obvodové pláště (LOP)

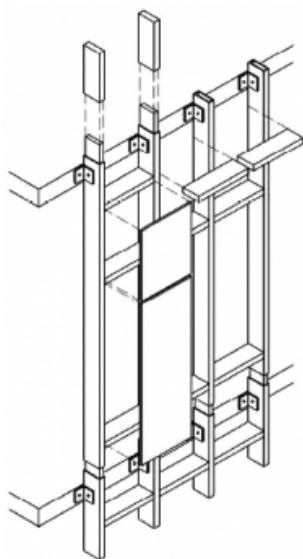
Lehký obvodový plášť je ze stavebního hlediska konstrukce pláště budovy vytvořena ze svislých a vodorovných profilů, výplní z izolačního skla, tepelněizolačních panelů různého složení a případně obkladových a stínících prvků. Takový výrobek se skládá ze systémových profilů, konstrukčních spojů, systému zasklení a kotvení do stavby [15].

Systémy lehkého obvodového pláště se nejčastěji realizují z hliníkových profilů, které nepodléhají korozi a umožňují aplikaci vysoce odolných a trvanlivých práškových vypalovaných laků, případně eloxovaných povrchů. Dále se používají ocelové systémové profily buď z uhlíkové oceli, opatřené povrchovou úpravou mokřými laky nebo také práškovými vypalovanými laky, nebo z nerezové oceli. V podstatně menší míře se používají systémy z PVC-U profilů, které mají nejen menší odolnost na zatížení, ale navíc jsou také hořlavé. V současnosti se vyvíjejí dřevěné konstrukční systémy lehkých obvodových plášťů pro moderní vícepodlažní dřevostavby. Konstrukčně se rozlišují dva základní systémy lehkých obvodových plášťů [15]:

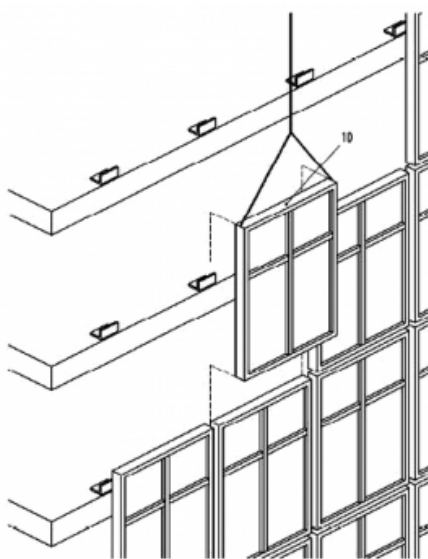
- sloupkopříčkové systémy, nazývané také rastrové, se skládají z předvyrobených svislých a vodorovných prvků (profilů) nesoucích průhledné fixní, otevíravé, nebo plně výplně. Tyto fasádní systémy umožňují realizovat i prostorově složitější konstrukce. Obvykle jsou však konstrukčně jednodušší, a tudíž levnější. Do finální podoby se sestavují přímo na stavbě, takže vyžadují delší čas na montáž a instalaci vnějšího lešení po dobu realizace. Taktéž všechny obkladové a doplňkové (stínící) prvky se montují na stavbě.

- modulové systémy, nazývané také elementové nebo blokové fasády, se skládají z předem vyrobených dílců obvykle na výšku jednoho podlaží, které se zavěšují na nosný skelet. Jednotlivé fasádní dílce jsou zkompletovány včetně vnějších a vnitřních obkladů a vnějšího, případně vnitřního stínění. Montáž dílců se provádí jeřábem, a proto není nutné instalovat lešení kolem vnějšího pláště a samotná montáž je obvykle rychlejší. Modulové systémy jsou technicky složitější, a proto výrobně dražší, vyšší cena těchto systémů je však vyvážena rychlejší realizací a vyšší kvalitou, protože větší podíl kompletace se odehrává v továrních podmínkách.

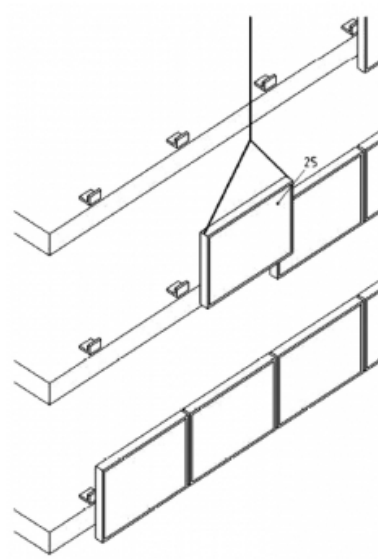
a) roštová konstrukce



b) modulová konstrukce



c) parapetní konstrukce



Obr. 13 - Příklady řešení konstrukcí LOP [16]

## 4.1. Varianty OP

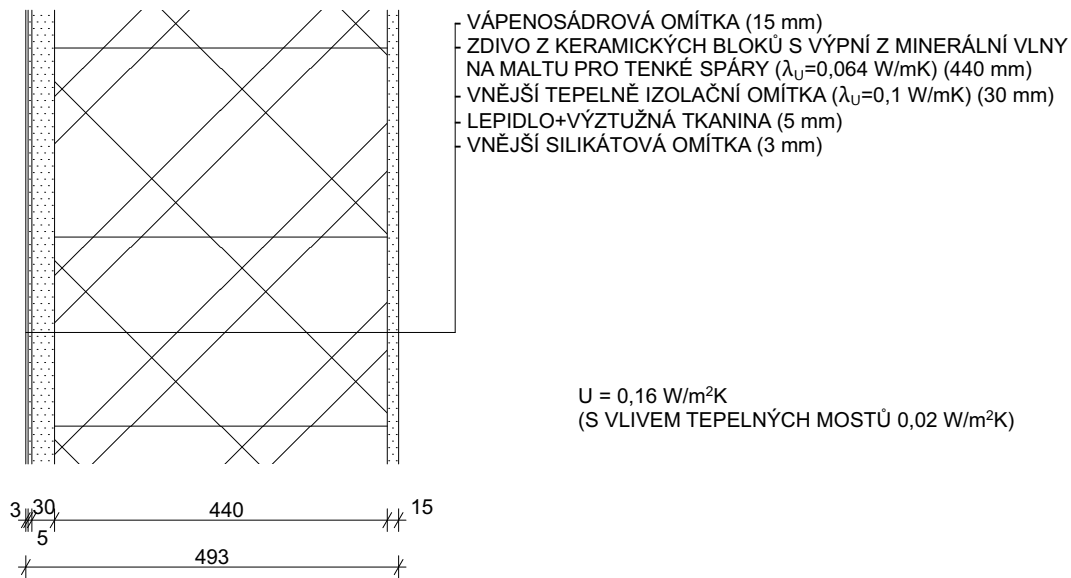
Pro daný objekt jsou navrženy celkem 4 typové varianty obvodového pláště. Ke každé typové variantě jsou navrženy 2-3 materiálové varianty obvodového pláště. Všechny skladby byly tepelně-technicky navrženy na součinitel prostupu tepla  $U = 0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$  - viz výpočtová část.

### 4.2.1. Jednovrstvé zdivo

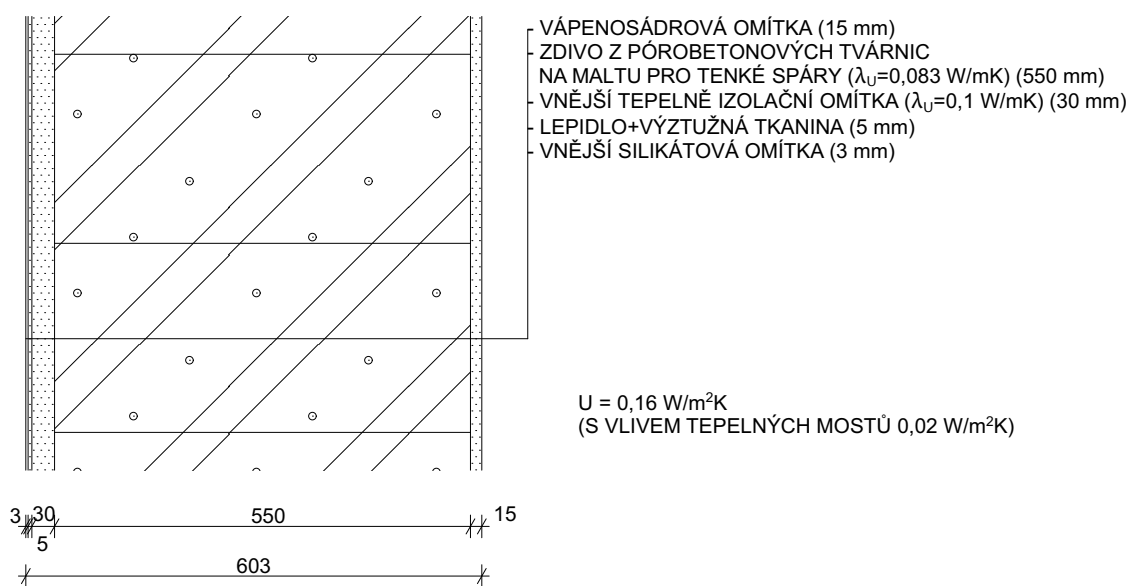
První typovou variantou je obvodový plášť z jednovrstvého zdiva (1). Zdivo slouží jako výplň do předem zvoleného konstrukčního systému.

**Materiálová varianta 1A** je navržena z keramických bloků s výplní dutin minerální vlnou tl. 440 mm, zdivo je opatřeno tepelně izolační omítkou tl. 30 mm. Z exteriéru je provedena silikátová omítko tl. 3 mm na vrstvu z lepidla a výztužné tkaniny tl. 5 mm. Z interiéru je provedena vápenosádrová omítko tl. 15 mm.

**Materiálová varianta 1B** je navržena z pórobetonových tvárnic tl. 550 mm, zdivo je opatřeno tepelně izolační omítkou tl. 30 mm. Z exteriéru je provedena silikátová omítko tl. 3 mm na vrstvu z lepidla a výztužné tkaniny tl. 5 mm. Z interiéru je provedena vápenosádrová omítko tl. 15 mm.



**Obr. 14 - OP - Varianta 1A (1:10)**



**Obr. 15 - OP - Varianta 1B (1:10)**

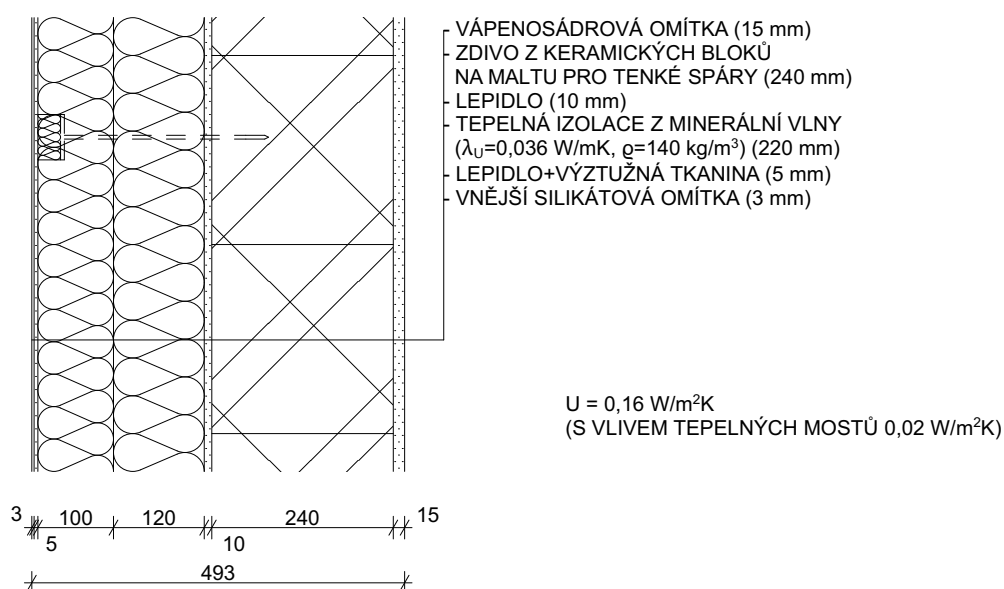
#### 4.2.2. Kontaktní zateplovací systém

Druhou typovou variantou je vícevrstvý obvodový plášť opatřený kontaktním zateplovacím systémem (2). Zdivo slouží jako výplň do předem zvoleného konstrukčního systému.

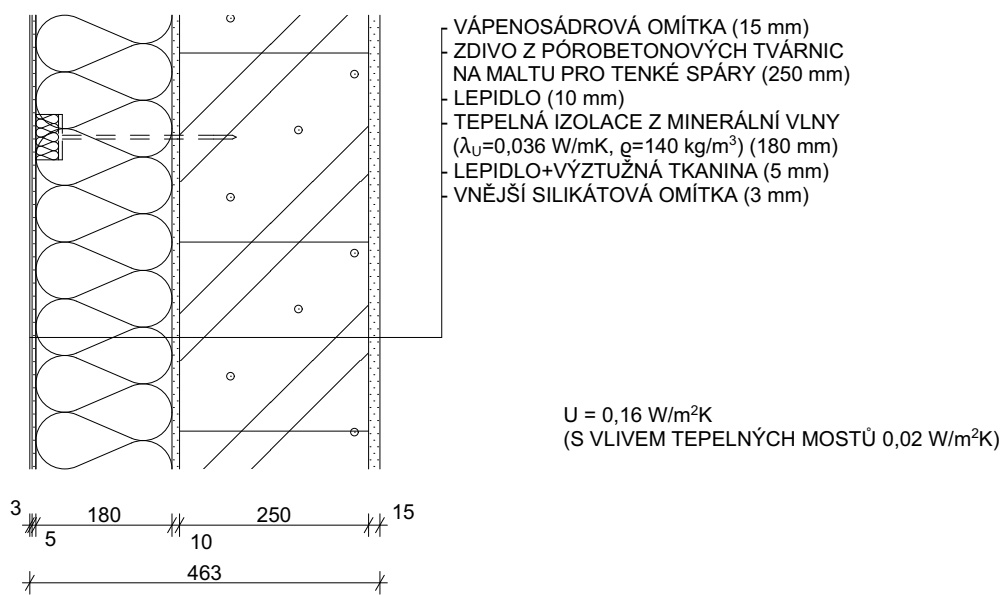
**Materiálová varianta 2A** je navržena z keramických bloků tl. 240 mm. Kontaktní zateplovací systém tvoří desky z fasádní minerální vlny v tl. 220 mm, které jsou kotveny vrstvou lepidla v tl. 10 mm a talířovými hmoždinkami s tepelně-izolačními zátkami. Z exteriéru je provedena silikátová omítka tl. 3 mm na vrstvu z lepidla a výztužné tkaniny tl. 5 mm. Z interiéru je provedena vápenosádrová omítka tl. 15 mm.

**Materiálová varianta 2B** je navržena z pórobetonových tvárnic tl. 250 mm. Kontaktní zateplovací systém tvoří desky z fasádní minerální vlny v tl. 180 mm, které jsou kotveny vrstvou lepidla v tl. 10 mm a talířovými hmoždinkami s tepelně-izolačními zátkami. Z exteriéru je provedena silikátová omítka tl. 3 mm na vrstvu z lepidla a výztužné tkaniny tl. 5 mm. Z interiéru je provedena vápenosádrová omítka tl. 15 mm.

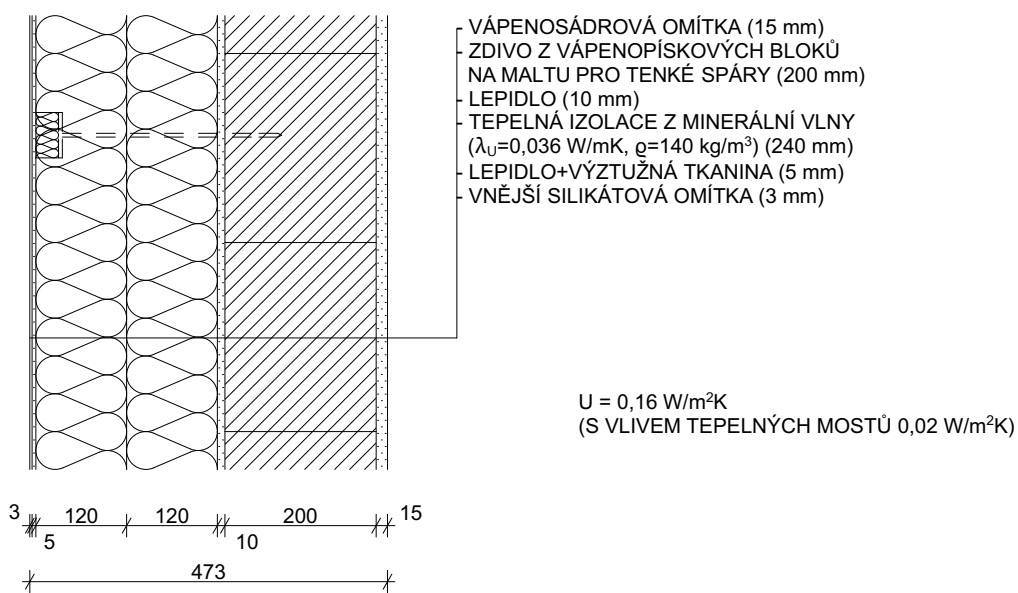
**Materiálová varianta 2C** je navržena z vápenopískových bloků tl. 200 mm. Kontaktní zateplovací systém tvoří desky z fasádní minerální vlny v tl. 240 mm, které jsou kotveny vrstvou lepidla v tl. 10 mm a talířovými hmoždinkami s tepelně-izolačními zátkami. Z exteriéru je provedena silikátová omítka tl. 3 mm na vrstvu z lepidla a výztužné tkaniny tl. 5 mm. Z interiéru je provedena vápenosádrová omítka tl. 15 mm.



**Obr. 16 - OP - Varianta 2A (1:10)**



**Obr. 17 - OP - Varianta 2B (1:10)**



**Obr. 18 - OP - Varianta 2C (1:10)**

### 4.2.3. Provětrávaná fasáda

Třetí typovou variantou je zdvojený obvodový plášť opatřený provětrávanou fasádou (3). Zdivo slouží jako výplň do předem zvoleného konstrukčního systému.

**Materiálová varianta 3A** je navržena z keramických bloků tl. 240 mm, zdivo je nataženo lepidlem tl. 5 mm pro zajištění vzduchotěsnosti. Provětrávanou fasádu tvoří ocelový pozinkovaný nosný rošt (viz níže), výplňová minerální vlna v tl. 220 mm zakrytá pojistnou difúzně otevřenou fólií, následuje provětrávaná dutina tl. 40 mm se svislými prvky roštu. Na svislý rošt je proveden záklop z vláknocementových desek tl. 15 mm, na kterých je nalepen obklad z cihelných pásků tl. 10 mm. Z interiéru je provedena vápenosádrová omítka tl. 15 mm.

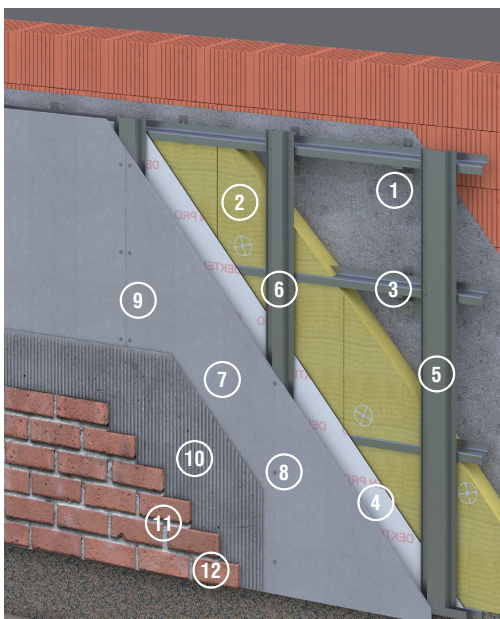
**Materiálová varianta 3B** je navržena z pórobetonových tvárnic tl. 250 mm, zdivo je nataženo lepidlem tl. 5 mm pro zajištění vzduchotěsnosti. Provětrávanou fasádu tvoří ocelový pozinkovaný nosný rošt (viz níže), výplňová minerální vlna v tl. 180 mm zakrytá pojistnou difúzně otevřenou fólií, následuje provětrávaná dutina tl. 40 mm se svislými prvky roštu. Na svislý rošt je proveden záklop z vláknocementových desek tl. 15 mm, na kterých je nalepen obklad z cihelných pásků tl. 10 mm. Z interiéru je provedena vápenosádrová omítka tl. 15 mm.

**Materiálová varianta 3C** je navržena z vápenopískových bloků tl. 200 mm, zdivo je nataženo lepidlem tl. 5 mm pro zajištění vzduchotěsnosti. Provětrávanou fasádu tvoří ocelový pozinkovaný nosný rošt (viz níže), výplňová minerální vlna v tl. 240 mm zakrytá pojistnou difúzně otevřenou fólií, následuje provětrávaná dutina tl. 40 mm se svislými prvky roštu. Na svislý rošt je proveden záklop z vláknocementových desek tl. 15 mm, na kterých je nalepen obklad z cihelných pásků tl. 10 mm. Z interiéru je provedena vápenosádrová omítka tl. 15 mm.

**Nosný rošt provětrávané fasády** tvoří systém DEKMETAL DKM2A (obousměrný rošt), který je sestavený z bodových (kusových) prvků (konzol) a jednoduchých (pozinkovaných či lakovaných) liniových prvků (profily tvaru J, Z a Omega). Díky rektifikaci roštu mezi jeho jednotlivými komponenty je možné vyrovnat i základní nerovnosti podkladní konstrukce, zateplit objekt s minimalizováním tepelných mostů a vytvořit požadovanou provětrávanou mezeru ve skladbě fasádního systému. Tato trvale provětrávaná mezera přispívá ke zlepšení odvodu difundující vodní páry z interiéru objektu a tím zlepšuje vnitřní klima v budově [17].

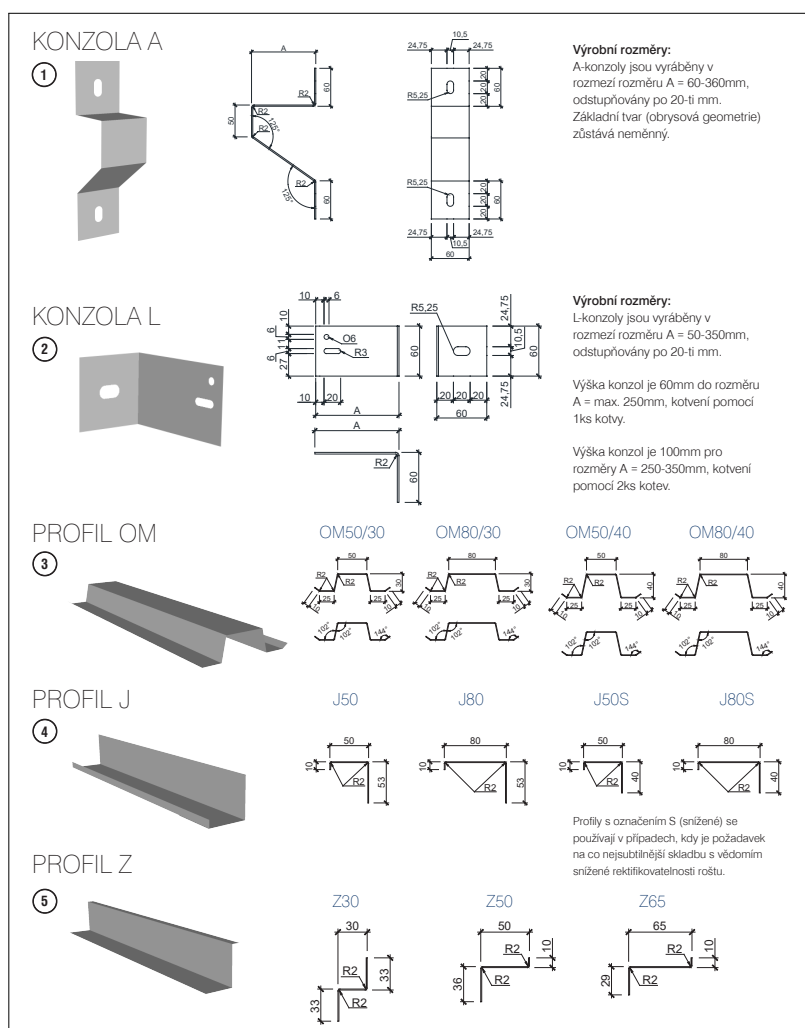


## PŘÍKLAD SKLADBY ROŠTU DEKMETAL A OBKLADU Z CIHLOVÝCH PÁSKŮ ČI KAMENE



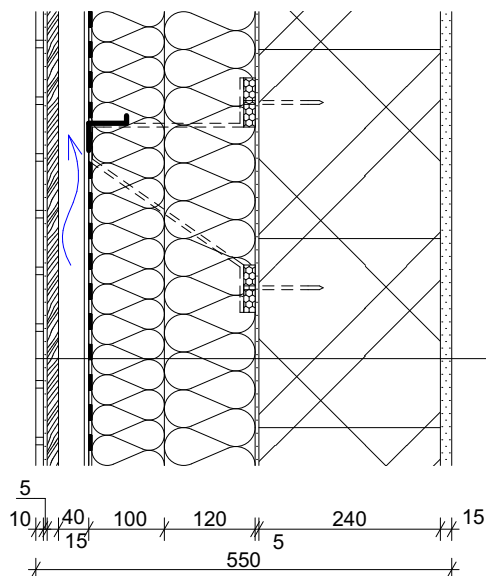
1. Konzola A
2. Tepelná izolace z minerálních vláken
3. Profil Z50
4. Doplnková hydroizolační vrstva - fólie Dekten Pro plus
5. Profil omega OM80
6. Profil omega OM50
7. Plošná cementovláknitá deska
8. Šrouby pro kotvení cementovláknité desky
9. Přechodový můstek
10. Lepicí hmota
11. Cihelný pásek či kámen
12. Spárovací hmota

**Obr. 19 - Nosný rošt DEKMETAL DKM2A [17]**



**Obr. 20 - Prvky roštu DEKMETAL DKM2A [17]**

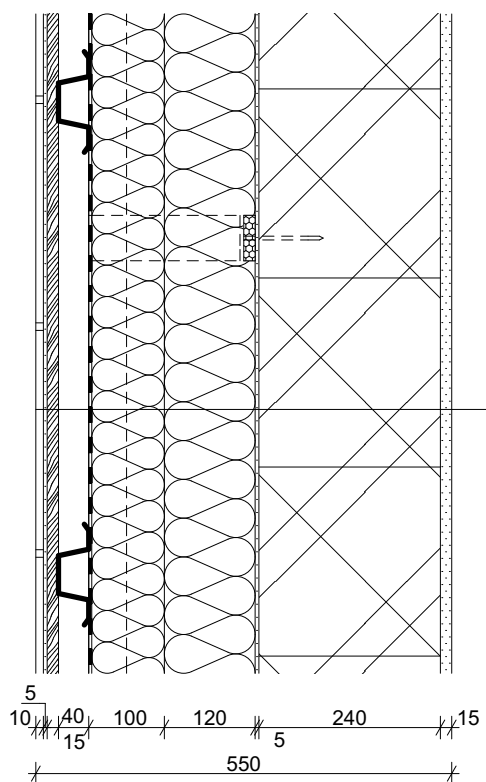
ŘEZ



- VÁPENOSÁDROVÁ OMÍTKA (15 mm)
- ZDIVO Z KERAMICKÝCH BLOKŮ
- NA MALTU PRO TENKÉ SPÁRY (240 mm)
- VZDUCHOTĚSNÍCÍ VRSTVA - LEPIDLO (5 mm)
- TEPELNÁ IZOLACE Z MINERÁLNÍ VLNY ( $\lambda_U=0,035$  W/mK,  $\rho=40$  kg/m<sup>3</sup>)
- + VODOROVNÝ OCEL. POZINK. ROŠT á 1000 mm
- + OCEL. POZINK. KONZOLKY á 625 mm (220 mm)
- POJISTNÁ HYDROIZOLACE - DIFUZNĚ OTEVŘENÁ
- PROVĚTRÁVANÁ MEZERA + SVISLÝ OCEL. POZINK. ROŠT á 625 mm (40 mm)
- CEMENTOVLÁKNITÁ DESKA (15 mm)
- LEPIDLO (5 mm)
- CIHELNÉ PÁSKY (10 mm)

$U = 0,16$  W/m<sup>2</sup>K  
(S VLVEM TEPELNÝCH MOSTŮ 0,02 W/m<sup>2</sup>K)

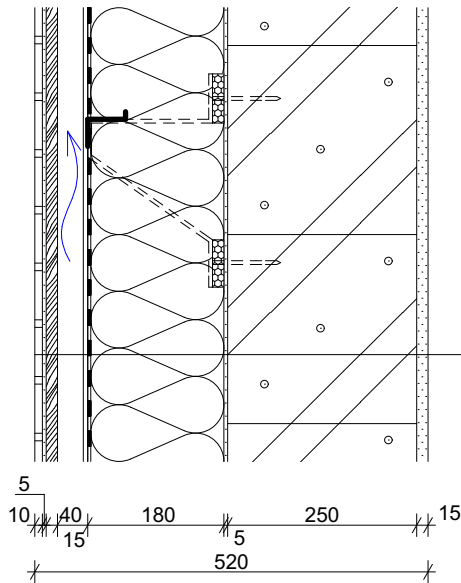
PŮDORYS



- VÁPENOSÁDROVÁ OMÍTKA (15 mm)
- ZDIVO Z KERAMICKÝCH BLOKŮ
- NA MALTU PRO TENKÉ SPÁRY (240 mm)
- VZDUCHOTĚSNÍCÍ VRSTVA - LEPIDLO (5 mm)
- TEPELNÁ IZOLACE Z MINERÁLNÍ VLNY ( $\lambda_U=0,035$  W/mK,  $\rho=40$  kg/m<sup>3</sup>)
- + VODOROVNÝ OCEL. POZINK. ROŠT á 1000 mm
- + OCEL. POZINK. KONZOLKY á 625 mm (220 mm)
- POJISTNÁ HYDROIZOLACE - DIFUZNĚ OTEVŘENÁ
- PROVĚTRÁVANÁ MEZERA + SVISLÝ OCEL. POZINK. ROŠT á 625 mm (40 mm)
- CEMENTOVLÁKNITÁ DESKA (15 mm)
- LEPIDLO (5 mm)
- CIHELNÉ PÁSKY (10 mm)

**Obr. 21 - OP - Varianta 3A (půdorys+řez) (1:10)**

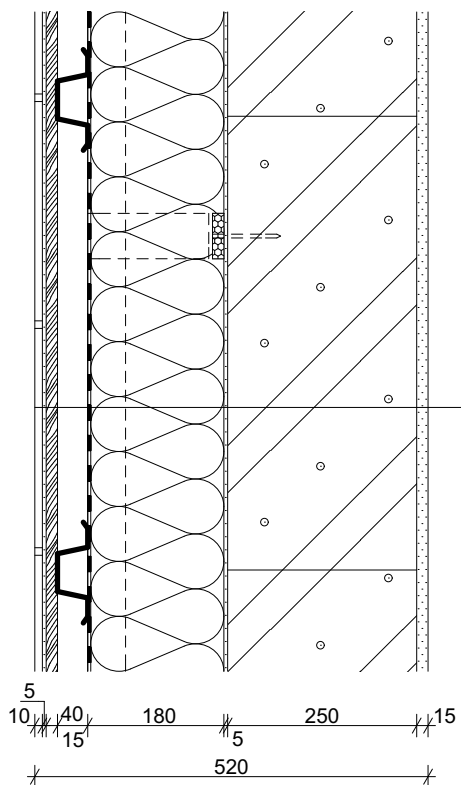
ŘEZ



- VÁPENOSÁDROVÁ OMÍTKA (15 mm)
- ZDIVO Z PÓROBETONOVÝCH TVÁRNIC NA MALTU PRO TENKÉ SPÁRY (250 mm)
- VZDUCHOTĚSNÍCÍ VRSTVA - LEPIDLO (5 mm)
- TEPELNÁ IZOLACE Z MINERÁLNÍ VLNY ( $\lambda_U=0,035$  W/mK,  $\rho=40$  kg/m<sup>3</sup>)
- + VODOROVNÝ OCEL. POZINK. ROŠT á 1000 mm
- + OCEL. POZINK. KONZOLKY á 625 mm (180 mm)
- POJISTNÁ HYDROIZOLACE - DIFUZNĚ OTEVŘENÁ
- PROVĚTRÁVANÁ MEZERA + SVISLÝ OCEL. POZINK. ROŠT á 625 mm (40 mm)
- CEMENTOVĚLNĚNITÁ DESKA (15 mm)
- LEPIDLO (5 mm)
- CIHELNÉ PÁSKY (10 mm)

U = 0,16 W/m<sup>2</sup>K  
(S VLVEM TEPELNÝCH MOSTŮ 0,02 W/m<sup>2</sup>K)

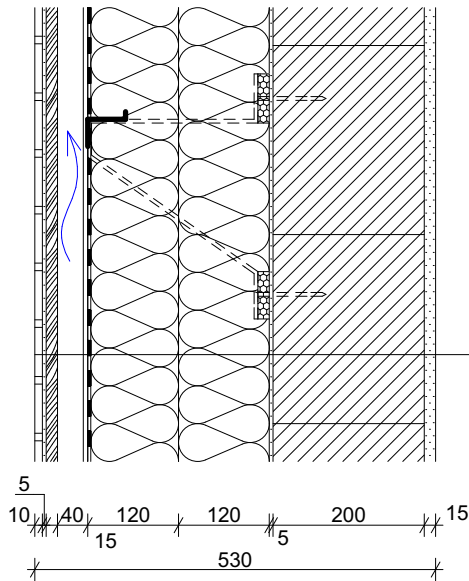
PŮDORYS



- VÁPENOSÁDROVÁ OMÍTKA (15 mm)
- ZDIVO Z PÓROBETONOVÝCH TVÁRNIC NA MALTU PRO TENKÉ SPÁRY (250 mm)
- VZDUCHOTĚSNÍCÍ VRSTVA - LEPIDLO (5 mm)
- TEPELNÁ IZOLACE Z MINERÁLNÍ VLNY ( $\lambda_U=0,035$  W/mK,  $\rho=40$  kg/m<sup>3</sup>)
- + VODOROVNÝ OCEL. POZINK. ROŠT á 1000 mm
- + OCEL. POZINK. KONZOLKY á 625 mm (180 mm)
- POJISTNÁ HYDROIZOLACE - DIFUZNĚ OTEVŘENÁ
- PROVĚTRÁVANÁ MEZERA + SVISLÝ OCEL. POZINK. ROŠT á 625 mm (40 mm)
- CEMENTOVĚLNĚNITÁ DESKA (15 mm)
- LEPIDLO (5 mm)
- CIHELNÉ PÁSKY (10 mm)

Obr. 22 - OP - Varianta 3B (půdorys+řez) (1:10)

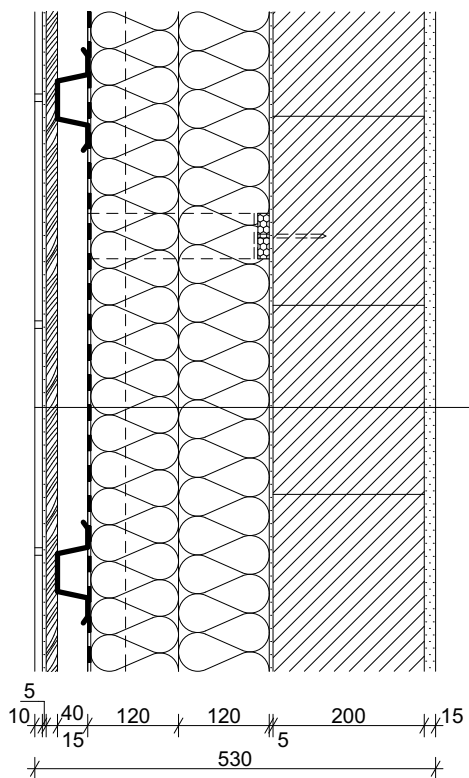
ŘEZ



- VÁPENOSÁDROVÁ OMÍTKA (15 mm)
- ZDIVO Z VÁPENOPÍSKOVÝCH BLOKŮ NA MALTU PRO TENKÉ SPÁRY (200 mm)
- VZDUCHOTĚSNÍCÍ VRSTVA - LEPIDLO (5 mm)
- TEPELNÁ IZOLACE Z MINERÁLNÍ VLNY ( $\lambda_U=0,035$  W/mK,  $\rho=40$  kg/m<sup>3</sup>) + VODOROVNÝ OCEL. POZINK. ROŠT á 1000 mm + OCEL. POZINK. KONZOLKY á 625 mm (240 mm)
- POJISTNÁ HYDROIZOLACE - DIFUZNĚ OTEVŘENÁ
- PROVĚTRÁVANÁ MEZERA + SVISLÝ OCEL. POZINK. ROŠT á 625 mm (40 mm)
- CEMENTOVLÁKNITÁ DESKA (15 mm)
- LEPIDLO (5 mm)
- CIHELNÉ PÁSKY (10 mm)

U = 0,16 W/m<sup>2</sup>K  
(S VLIVEM TEPELNÝCH MOSTŮ 0,02 W/m<sup>2</sup>K)

PŮDORYS



- VÁPENOSÁDROVÁ OMÍTKA (15 mm)
- ZDIVO Z VÁPENOPÍSKOVÝCH BLOKŮ NA MALTU PRO TENKÉ SPÁRY (200 mm)
- VZDUCHOTĚSNÍCÍ VRSTVA - LEPIDLO (5 mm)
- TEPELNÁ IZOLACE Z MINERÁLNÍ VLNY ( $\lambda_U=0,035$  W/mK,  $\rho=40$  kg/m<sup>3</sup>) + VODOROVNÝ OCEL. POZINK. ROŠT á 1000 mm + OCEL. POZINK. KONZOLKY á 625 mm (240 mm)
- POJISTNÁ HYDROIZOLACE - DIFUZNĚ OTEVŘENÁ
- PROVĚTRÁVANÁ MEZERA + SVISLÝ OCEL. POZINK. ROŠT á 625 mm (40 mm)
- CEMENTOVLÁKNITÁ DESKA (15 mm)
- LEPIDLO (5 mm)
- CIHELNÉ PÁSKY (10 mm)

Obr. 23 - OP - Varianta 3C (půdorys+řez) (1:10)

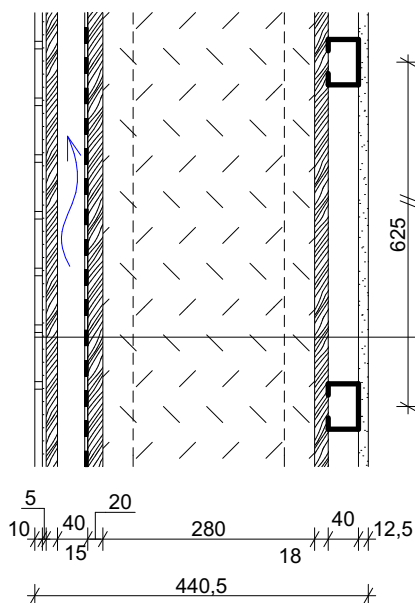
#### 4.2.4. Lehký obvodový plášť

Čtvrtou typovou variantou je lehký obvodový plášť (4), který je předsazený a zavěšený na stropních konstrukcích.

**Materiálová varianta 4A** je provětrávaný dřevěný LOP s roštovou konstrukcí. Nosnou vrstvu tvoří dřevěné I-nosníky výšky 280 mm (Steico) z interiéru zaklopené OSB deskami tl. 18 mm, které fungují jako parobrzda a vzduchotěsnicí vrstva. Z exteriéru jsou nosníky zaklopené dřevovláknitými deskami tl. 20 mm, zakrytými pojistnou difúzně otevřenou fólií. Vytvořená dutina je vyplněna tepelnou izolací - foukanou celulózou. Provětrávanou část tvoří provětrávaná dutina tl. 40 mm se svislým dřevěným roštem, na svislý rošt je proveden záklop z vláknocementových desek tl. 15 mm, na kterých je nalepen obklad z cihelných pásků tl. 10 mm. Z interiéru je provedena sádrokartonová předstěna tl. 40 mm pro vedení instalací.

**Materiálová varianta 4B** je hliníkový LOP s modulovo-roštovou konstrukcí. Nosnou vrstvu tvoří svislý hliníkový rošt se sloupky 60/250 mm. Výplňové panely (moduly) jsou tvořeny hliníkovým plechem, cementotřískovými deskami tl. 20 mm, tepelnou izolací z pěnového skla tl. 200 mm a vnějším smaltovaným sklem. Z interiéru je plášť doplněn sádrokartonovým roštěm s minerální vlnou tl. 100 mm. Rošt tvoří také instalační předstěnu tl. 40 mm pro vedení instalací.

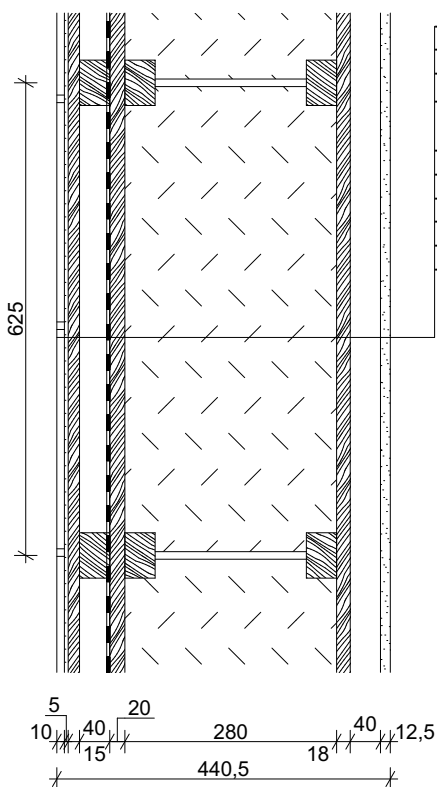
ŘEZ



- SDK DESKA (12,5 mm)
- INSTALAČNÍ PŘEDSTĚNA+VODOROVNÝ ROŠT Z CD PROFILŮ á 625 mm (40 mm)
- PAROBRZDA - OSB DESKA TYP III 4PD (18 mm)
- FOUKANÁ CELULÓZA ( $\lambda_U = 0,040$  W/mK)
- + DŘEVĚNÝ I NOSNÍK STEICO á 625 mm (280 mm)
- TUHÁ DŘEVOVLÁKNITÁ DESKA (20 mm)
- POJISTNÁ HYDROIZOLACE - DIFUZNĚ OTEVŘENÁ
- PROVĚTRÁVANÁ MEZERA + SVISLÝ ROŠT Z LATÍ 40/60 mm á 625 mm (40 mm)
- CEMENTOVLÁKNITÁ DESKA (15 mm)
- LEPIDLO (5 mm)
- CIHELNÉ PÁSKY (10 mm)

$U = 0,16$  W/m<sup>2</sup>K  
(S VLVEM TEPELNÝCH MOSTŮ 0,02 W/m<sup>2</sup>K)

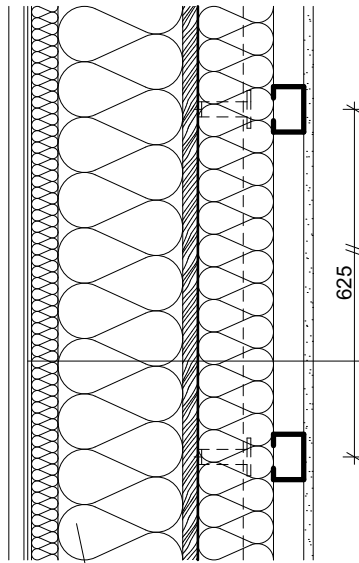
PŮDORYS



- SDK DESKA (12,5 mm)
- INSTALAČNÍ PŘEDSTĚNA+VODOROVNÝ ROŠT Z CD PROFILŮ á 625 mm (40 mm)
- PAROBRZDA - OSB DESKA TYP III 4PD (18 mm)
- FOUKANÁ CELULÓZA ( $\lambda_U = 0,040$  W/mK)
- + DŘEVĚNÝ I NOSNÍK STEICO á 625 mm (280 mm)
- TUHÁ DŘEVOVLÁKNITÁ DESKA (20 mm)
- POJISTNÁ HYDROIZOLACE - DIFUZNĚ OTEVŘENÁ
- PROVĚTRÁVANÁ MEZERA + SVISLÝ ROŠT Z LATÍ 40/60 mm á 625 mm (40 mm)
- CEMENTOVLÁKNITÁ DESKA (15 mm)
- LEPIDLO (5 mm)
- CIHELNÉ PÁSKY (10 mm)

Obr. 24 - OP - Varianta 4A (půdorys+řez) (1:10)

ŘEZ



- SDK DESKA (12,5 mm)
- INSTALAČNÍ PŘEDSTĚNA+VODOROVNÝ ROŠT Z CD PROFILŮ á 625 mm (40 mm)
- TEPELNÁ IZOLACE Z MINERÁLNÍ VLNY ( $\lambda_U=0,035$  W/mK,  $\rho=40$  kg/m<sup>3</sup>) + SVISLÝ ROŠT Z CD PROFILŮ á 1200 mm (100 mm)

NEPRŮSVITNÝ VÝPLŇOVÝ PANEĽ:

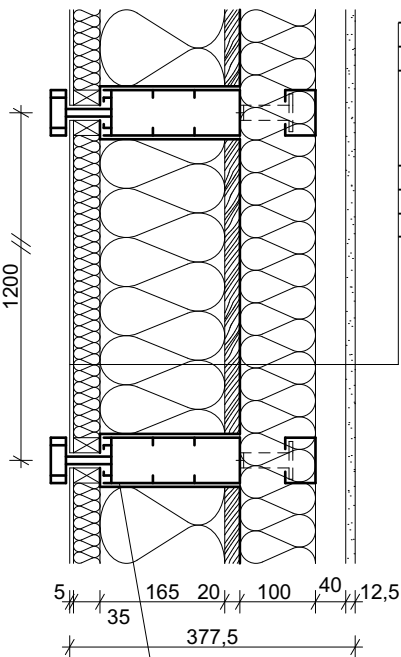
- HLINÍKOVÝ PLECH (1 mm)
- CEMENTOTŘÍSKOVÁ DESKA (20 mm)
- TEPELNÁ IZOLACE Z PĚNOVÉHO SKLA ( $\lambda_U=0,040$  W/mK) (200 mm)
- SMALTOVANÉ SKLO (5 mm)

$U = 0,16$  W/m<sup>2</sup>K  
(S VLVEM TEPELNÝCH MOSTŮ 0,02 W/m<sup>2</sup>K)

5 165 20 100 40 12,5  
35 377,5

NOSNÝ SVISLÝ SLOUPKOVÝ  
HLINÍKOVÝ ROŠT 60x250 mm á 1200 mm

PŮDORYS



- SDK DESKA (12,5 mm)
- INSTALAČNÍ PŘEDSTĚNA+VODOROVNÝ ROŠT Z CD PROFILŮ á 625 mm (40 mm)
- TEPELNÁ IZOLACE Z MINERÁLNÍ VLNY ( $\lambda_U=0,035$  W/mK,  $\rho=40$  kg/m<sup>3</sup>) + SVISLÝ ROŠT Z CD PROFILŮ á 1200 mm (100 mm)

NEPRŮSVITNÝ VÝPLŇOVÝ PANEĽ:

- HLINÍKOVÝ PLECH (1 mm)
- CEMENTOTŘÍSKOVÁ DESKA (20 mm)
- TEPELNÁ IZOLACE Z PĚNOVÉHO SKLA ( $\lambda_U=0,040$  W/mK) (200 mm)
- SMALTOVANÉ SKLO (5 mm)

5 165 20 100 40 12,5  
35 377,5

NOSNÝ SVISLÝ SLOUPKOVÝ  
HLINÍKOVÝ ROŠT 60x250 mm á 1200 mm

**Obr. 25 - OP - Varianta 4B (půdorys+řez) (1:10)**

### **4.3. Porovnání variant OP**

V této kapitole jsou shrnuty vlastnosti (výhody/nevýhody) všech variant obvodových plášťů. Pláště jsou dále ještě environmentálně posouzeny.

#### **1) Jednovrstvé zdivo**

Výhodou tohoto systému je, že plní všechny požadované funkce v jediné vrstvě, je méně pracný a má vyšší mechanickou odolnost oproti např. kontaktnímu zateplovacímu systému. Za zápornou vlastnost lze považovat, že se dají jen obtížně řešit tepelné mosty (typicky napojení stěna - stropní konstrukce, předsazené konstrukce, napojení výplňní otvorů atd.) - zdivo se musí ukládat s přesahem kvůli doplnění tepelné izolace. Z tohoto důvodu systém nikdy nedosáhne tak dobrých tepelně-technických vlastností jako systém s kontaktním zateplením, kde se dají tato kritická místa jednoduše překrýt tepelnou izolací a tepelné mosty téměř nevznikají. Z materiálového hlediska je pro daný objekt vhodnější výplňové zdivo z keramických bloků, které má vyšší odolnost proti praskání vlivem dotvarování žlb. nosné konstrukce.

#### **2) Kontaktní zateplovací systém**

Tento systém již má požadované funkce rozdělené (typicky výplňová/nosná a tepelně-izolační). Výše zmíněná kritická místa se dají účinně vyřešit, tepelné mosty jsou minimální. Výplňové zdivo je v rozumné tloušťce (200-250 mm), materiál je využitý - lze použít obyčejné tvarovky. Z tepelných izolací je použita minerální vlna, jelikož je difuzně otevřená a požárně odolná. Jako vnější povrchová úprava je vhodná silikátová omítka, která má malý difuzní odpor. Pozornost je třeba věnovat neprodyšným obkladům (např. keramickým), které by celou skladbu difuzně uzavřely a hrozila by kondenzace vlhkosti uvnitř skladby. Za nevýhodu lze považovat to, že je systém více pracný a méně mechanicky odolný. Z materiálového hlediska je pro daný objekt nejvhodnější výplňové zdivo z vápenopískových bloků, které se vyznačují malou tloušťkou, mechanickou odolností a dobrou tepelně-akumulační a zvukově-izolační schopností.



### **3) Provětrávaná fasáda**

Výhodou provětrávané fasády oproti kontaktnímu zateplovacímu systému je, že vzduchová mezera mezi izolantem a fasádní deskou zajišťuje odvětrání - odvod vlhkosti ze zdiva a zamezuje tvorbě plísní. Dále je možno bezproblémů aplikovat keramický obklad, jelikož se skladba neuzavře, ale bude stále odvětraná. Zdivo zůstává díky odvětrání stále suché, tepelná izolace je chráněna před povětranostními vlivy a díky tomu se životnost konstrukce prodlužuje. Provětrávaná fasáda také velmi dobře tlumí okolní hluk a je mechanicky odolná. Menším záporem může být relativně větší pracnost a větší tloušťka skladby díky provětrávané mezeře. Z materiálového hlediska je pro daný objekt nejvhodnější výplňové zdivo z vápenopískových bloků, které se vyznačují malou tloušťkou, mechanickou odolností a dobrou tepelně-akumulační a zvukově-izolační schopností.

### **4) Lehký obvodový plášť**

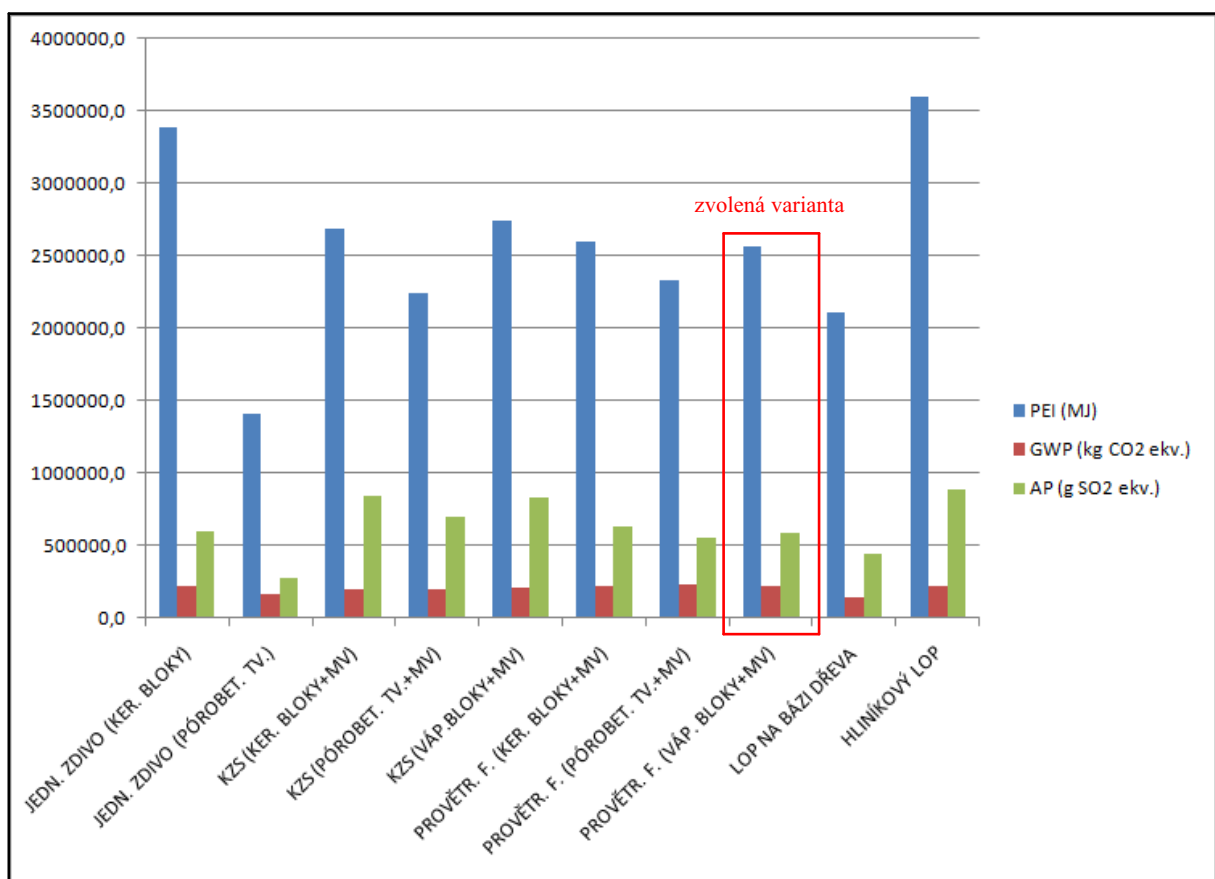
Výhodou tohoto systému je rychlost výstavby, kdy jsou jednotlivé panely (platí pro hliníkový plášť) hotové již z výroby a na stavbě se pouze skládají, dále menší hmotnost a omezení mokrých procesů oproti zděným plášťům. Problémem může být zajištění vzduchotěsnosti - styky panelů, případně OSB desek u dřevěného pláště se musí důkladně přelepit vzduchotěsnicí páskou. Protože má daný objekt celkem členitou fasádu, není systém lehkých obvodových plášťů příliš vhodný - je to podobné jako s prefabrikovaným konstrukčním systémem, jelikož by se muselo vyrábět mnoho atypických prvků a řešení styků by bylo obtížné. Z materiálového hlediska by byl vhodnější hliníkový plášť, kvůli požární odolnosti a větší životnosti než má plášť dřevěný.

### **5) Environmentální porovnání OP**

U navržených plášťů byl ještě posouzen jejich vliv na životní prostředí. Hodnoceny byly celkem 3 parametry - spotřeba primární energie PEI (MJ), potenciál globálního oteplování GWP (kg CO<sub>2,ekv.</sub>) a potenciál acidifikace prostředí AP (g SO<sub>2,ekv.</sub>). Hodnoty těchto tří parametrů pro jednotlivé materiály skladeb byly získány softwarem Envimat [18]. Hodnocení je podrobněji popsáno ve výpočtové části.

č.	OBVODOVÉ PLÁŠTĚ	d (mm)	pl. hm. (kg/m <sup>2</sup> )	PEI (MJ/m <sup>2</sup> )	GWP (kg CO <sub>2</sub> ekv./m <sup>2</sup> )	AP (g SO <sub>2</sub> ekv./m <sup>2</sup> )	množství (m <sup>2</sup> )	PEI (MJ)	GWP (kg CO <sub>2</sub> ekv.)	AP (g SO <sub>2</sub> ekv.)
1A	JEDNOVRSTVÉ VÝPLŇOVÉ ZDIVO Z KERAMICKÝCH BLOKŮ S POLYSTYRENOVOU VÝPLŇÍ	493	338,3	1512,65	100,47	266,69	2238,0	3385318,1	224851,2	596863,0
1B	JEDNOVRSTVÉ VÝPLŇOVÉ ZDIVO Z PÓROBETONOVÝCH TVÁRNIC	603	215,1	630,66	73,41	125,99	2238,0	1411426,7	164292,9	281972,6
2A	VÝPLŇOVÉ ZDIVO Z KERAMICKÝCH BLOKŮ + KZS Z MINERÁLNÍ VLNY	493	269,5	1201,97	87,62	377,68	2238,0	2689999,4	196101,6	845247,3
2B	VÝPLŇOVÉ ZDIVO Z PÓROBETONOVÝCH TVÁRNIC + KZS Z MINERÁLNÍ VLNY	463	196,9	1000,99	86,93	310,42	2238,0	2240206,7	194548,3	694721,3
2C	VÝPLŇOVÉ ZDIVO Z VÁPENOPÍSKOVÝCH BLOKŮ + KZS Z MINERÁLNÍ VLNY	473	440	1225	92	373	2238,0	2741185,3	205713,1	834662,6
3A	VÝPLŇOVÉ ZDIVO Z KERAMICKÝCH BLOKŮ + PROVĚTRÁVANÁ FASÁDA Z MINERÁLNÍ VLNY	550	284,9	1163,07	98,97	282,98	2238,0	2602953,7	221505,1	633313,5
3B	VÝPLŇOVÉ ZDIVO Z PÓROBETONOVÝCH TVÁRNIC + PROVĚTRÁVANÁ FASÁDA Z MINERÁLNÍ VLNY	520	216	1043	103	249	2238,0	2333922,4	230095,3	557610,9
3C	VÝPLŇOVÉ ZDIVO Z VÁPENOPÍSKOVÝCH BLOKŮ+ PROVĚTRÁVANÁ FASÁDA Z MINERÁLNÍ VLNY	530	454	1146	101	262	2238,0	2563758,8	226044,8	585317,0
4A	LOP NA BÁZI DŘEVA	440,5	114,3	945,44	64,46	200,49	2238,0	2115903,6	144258,2	448700,2
4B	HLINÍKOVÝ LOP	378,5	80,9	1608,60	97,26	397,07	2238,0	3600041,2	217663,4	888647,4

**Tab. 7 - Environmentální parametry obvodových plášťů [18]**



**Graf 1 - Environmentální parametry obvodových plášťů [18]**

#### 4.4 Vyhodnocení a výběr vhodné varianty OP

Použití jednovrstvého zdiva není pro daný polyfunkční dům vhodné, jelikož má objekt mnoho členitých míst (předsazené konstrukce, ustupující střecha atd.) a kvalitní zateplení těchto míst by bylo velmi obtížné. Z hlediska vlivu na životní prostředí vychází jako druhé nejhorší jednovrstvé zdivo s polystyrenovou výplní dutin, protože výpal keramiky a výroba polystyrenu jsou energeticky náročné. Oproti tomu jednovrstvé zdivo z pórobetonových tvárnic vychází environmentálně nejlépe ze všech variant, ale není vhodné z hlediska náchylnosti k praskání a výše zmíněných důvodů.

Použití kontaktního zateplovacího systému by bylo pro daný objekt možné, ale nevýhodou je, že při použití keramického obkladu by se skladba konstrukce uzavřela a hrozilo by riziko kondenzace vodní páry uvnitř skladby. Environmentálně vychází podobně varianty s keramickými a vápenopískovými bloky, trochu lépe vychází varianta z pórobetonových tvárnic.

Jako nejvhodnější se jeví použít provětrávanou fasádu s výplňovým zdivem z vápenopískových bloků. Celkově má koncept provětrávané fasády mnoho výhod (zmíněno v předchozí kapitole) a umožňuje použití keramického obkladu bez rizika kondenzace vodní páry uvnitř konstrukce, což je pro daný objekt vhodné, jelikož je na vizualizaci počítáno právě s tímto obložením a dosáhne se požadovaného architektonického vzhledu budovy. Materiálově jsou nejvhodnější vápenopískové bloky díky malé tloušťce, mechanické odolnosti a využití materiálu. Environmentálně vychází provětrávaná fasáda podobně jako kontaktní zateplovací systém. Vybraná varianta provětrávané fasády má celkově střední vliv na životní prostředí ze všech variant.

Použití lehkého obvodového pláště není vhodné opět z důvodů členitosti objektu. Dřevěný LOP je sice environmentálně příznivý, ale není vhodný kvůli požární bezpečnosti, protože je objekt vyšší než 12 m. Hliníkový LOP je zase z environmentálního hlediska nejhorší kvůli velmi energeticky náročné výrobě hliníku.

Pro polyfunkční dům je tedy vybrán obvodový plášť ve formě provětrávané fasády s vyzdívkami z vápenopískových bloků. Objekt má tedy vybraný konstrukční systém a obvodový plášť. V další kapitole budou navrženy zbývající skladby konstrukcí.

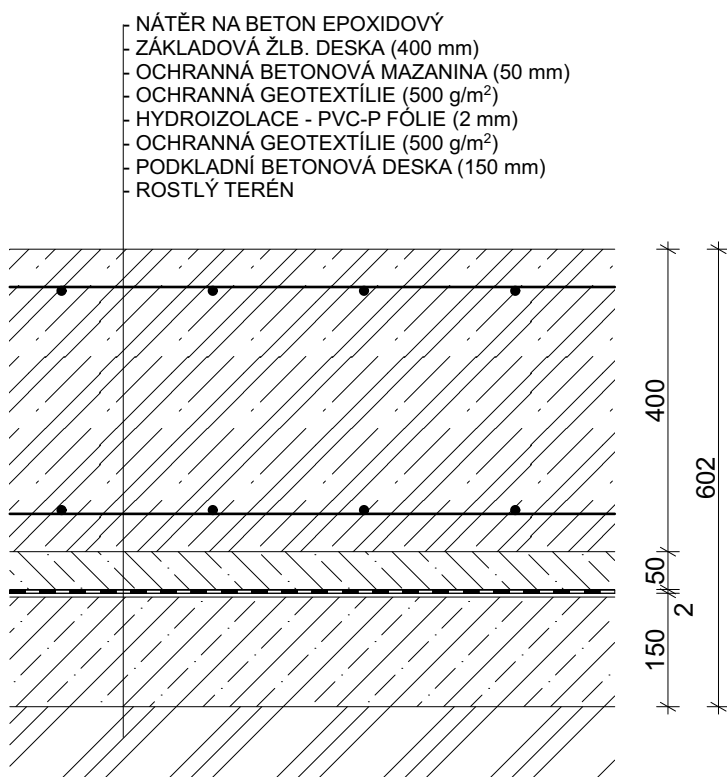
# 5. NÁVRH OSTATNÍCH SKLADEB KONSTRUKCÍ BUDOVY

Po výběru obvodového pláště zbývá ještě navrhnout skladby ostatních konstrukcí budovy. Jedná se o skladby podlah, střech, stěn a výplní otvorů.

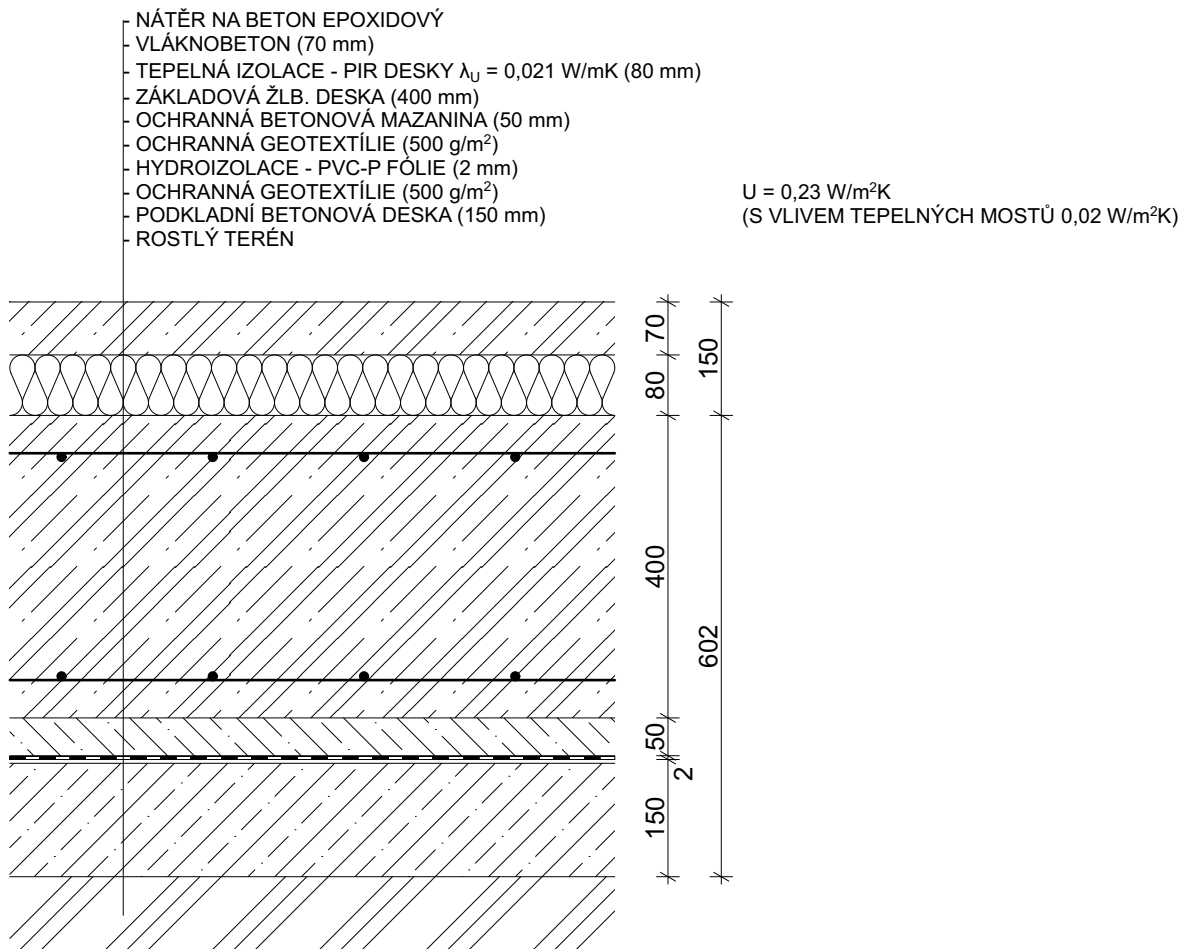
## 5.1. Skladby podlah

### a) Podlahy 1.PP (garáže)

Podlahu garáží 1.PP přímo tvoří žlb. základová deska tl. 400 mm. Jako hydroizolace je použita jednovrstvá PVC-P fólie tl. 2 mm, pod kterou je provedena ještě podkladní betonová deska tl. 150 mm. Fólie je oboustranně chráněna geotextílií a ochrannou betonovou mazaninou tl. 50 mm. V zateplené části suterénu (schodišťová jádra, technická místnost) je na základovou desku přidána tepelná izolace z PIR desek tl. 80 mm a vláknobetonová vrstva tl. 70 mm. Finálně jsou povrchy opatřeny epoxidovým nátěrem.



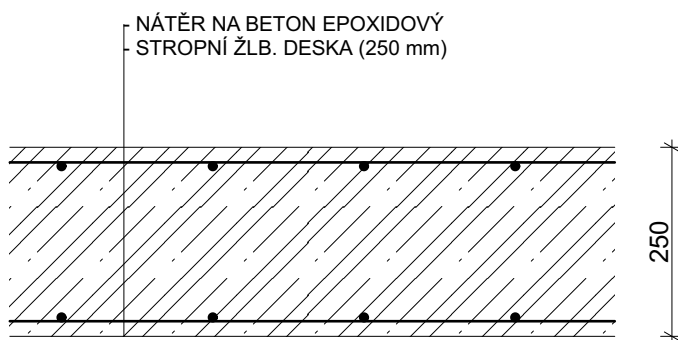
Obr. 26 Podlaha 1.PP - garáže (1:10)



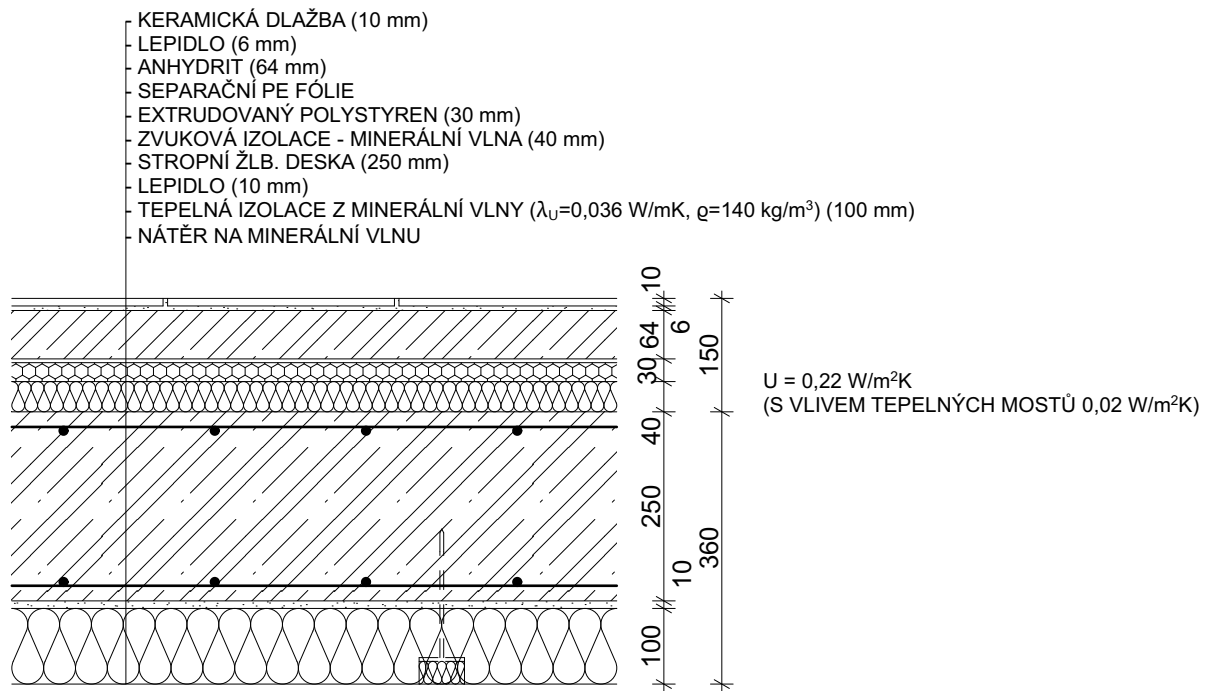
**Obr. 27 Podlaha 1.PP - zateplená část (1:10)**

b) Podlahy 1.NP (garáže/komerční prostory)

Podlahu garáží 1.NP tvoří samotná žlb. stropní deska tl. 250 mm. Podlaha komerčních prostor je plovoucí celkové tloušťky 150 mm, skládá se z: nášlapné vrstvy - keramická dlažba tl. 10 mm + lepidla tl. 5 mm, anhydritu tl. 64 mm, separační PE fólie, extrudovaného polystyrenu tl. 30 mm a zvukové izolace z minerální vlny tl. 40 mm. Kvůli umístění nad nevytápěným suterénem je podlaha zespodu zateplena minerální vlnou tl. 100 mm.



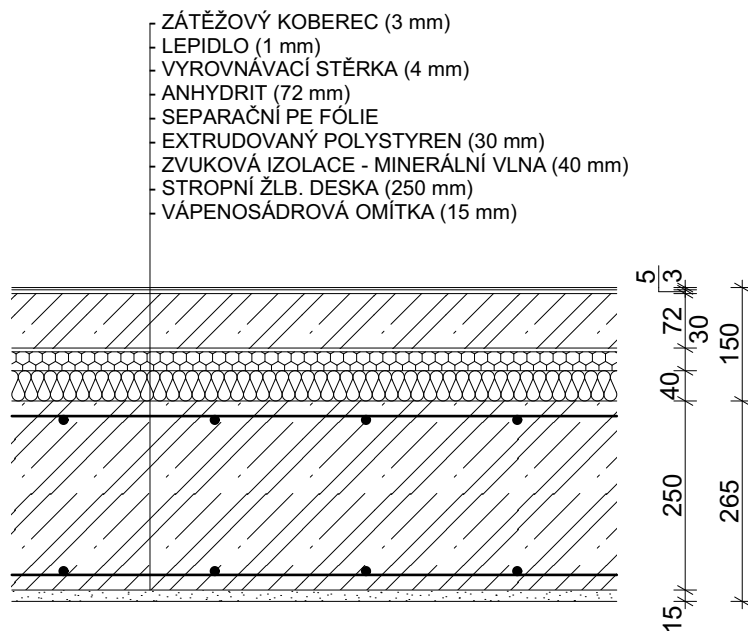
**Obr. 28 Podlaha 1.NP - garáže (1:10)**



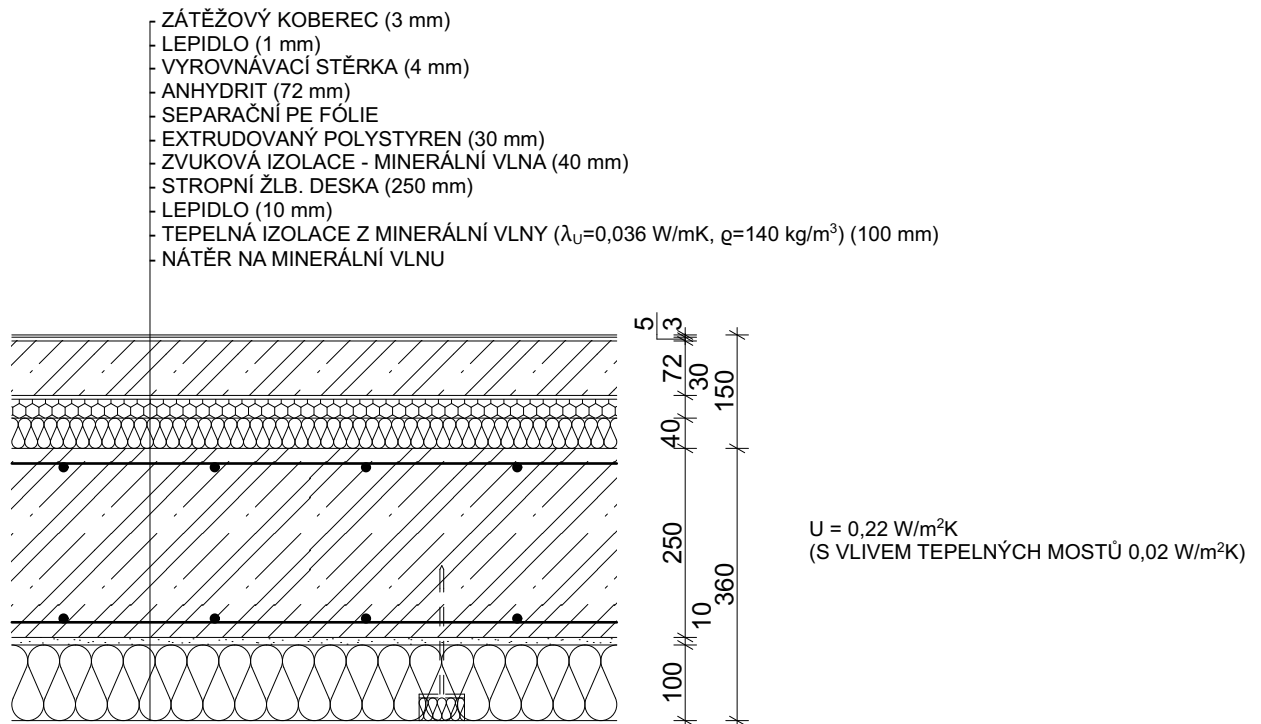
**Obr. 29 Podlaha 1.NP - komerční prostory (1:10)**

c) Podlahy 2.NP (kancelářské prostory)

Podlaha kancelářských prostor je plovoucí celkové tloušťky 150 mm, skládá se z: nášlapné vrstvy - zátěžový koberec tl. 3 mm + lepidlo tl. 1 mm, vyrovnávací stěrky tl. 4 mm, anhydritu tl. 72 mm, separační PE fólie, extrudovaného polystyrenu tl. 30 mm a zvukové izolace z minerální vlny tl. 40 mm. Kvůli umístění části kanceláří nad nevytápěnými garážemi 1.NP je podlaha zespodu zateplena minerální vlnou tl. 100 mm.



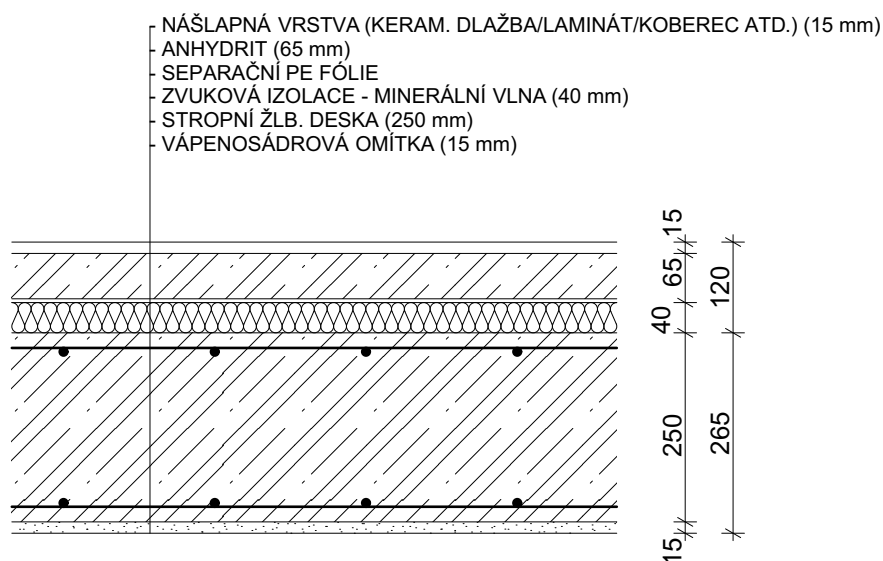
**Obr. 30 Podlaha 2.NP - kancelářské prostory nad komerčními prostory (1:10)**



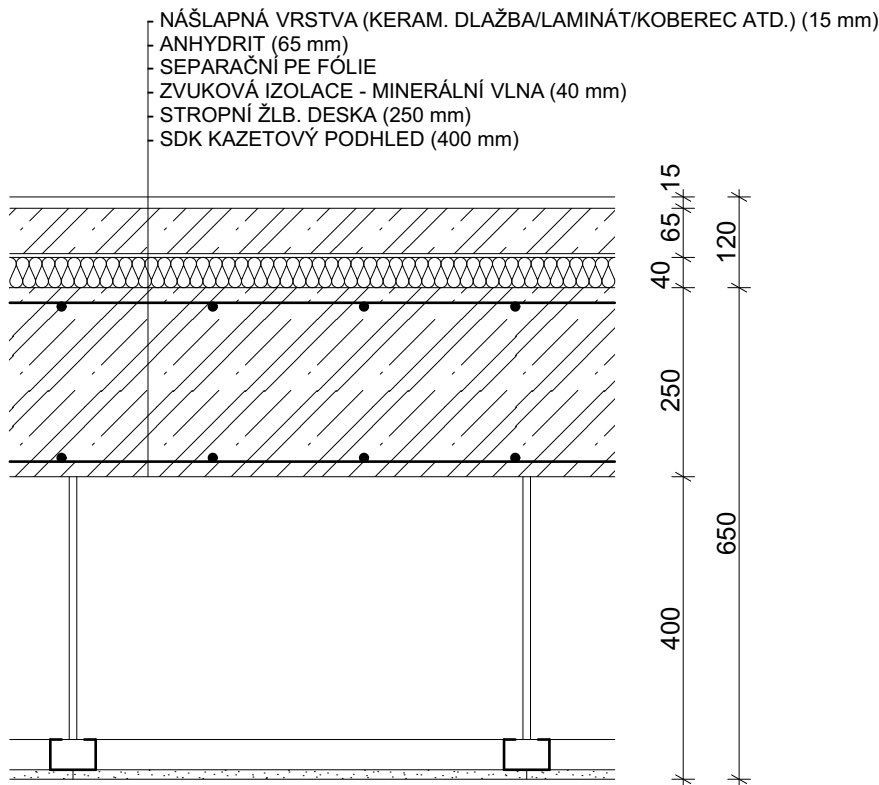
**Obr. 31 Podlaha 2.NP - kancelářské prostory nad garážemi 1.NP (1:10)**

d) Podlahy 3-8.NP (bytové prostory)

Podlaha bytových prostor je plovoucí celkové tloušťky 120 mm, skládá se z: nášlapné vrstvy - keramická dlažba/laminát/koberec atd. tl. 15 mm, anhydritu tl. 65 mm, separační PE fólie a zvukové izolace z minerální vlny tl. 40 mm. Skladba podlahy bytů 3.NP má zesponu umístěný sádkokartonový kazetový podhled celkové tl. 400 mm.



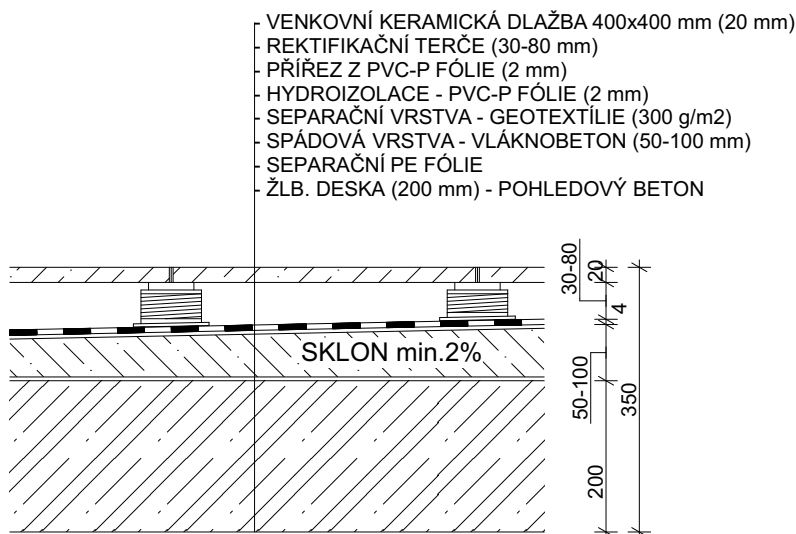
**Obr. 32 Podlaha 4-8.NP - bytové prostory (1:10)**



**Obr. 33 Podlaha 3.NP - bytové prostory nad kancelářemi(1:10)**

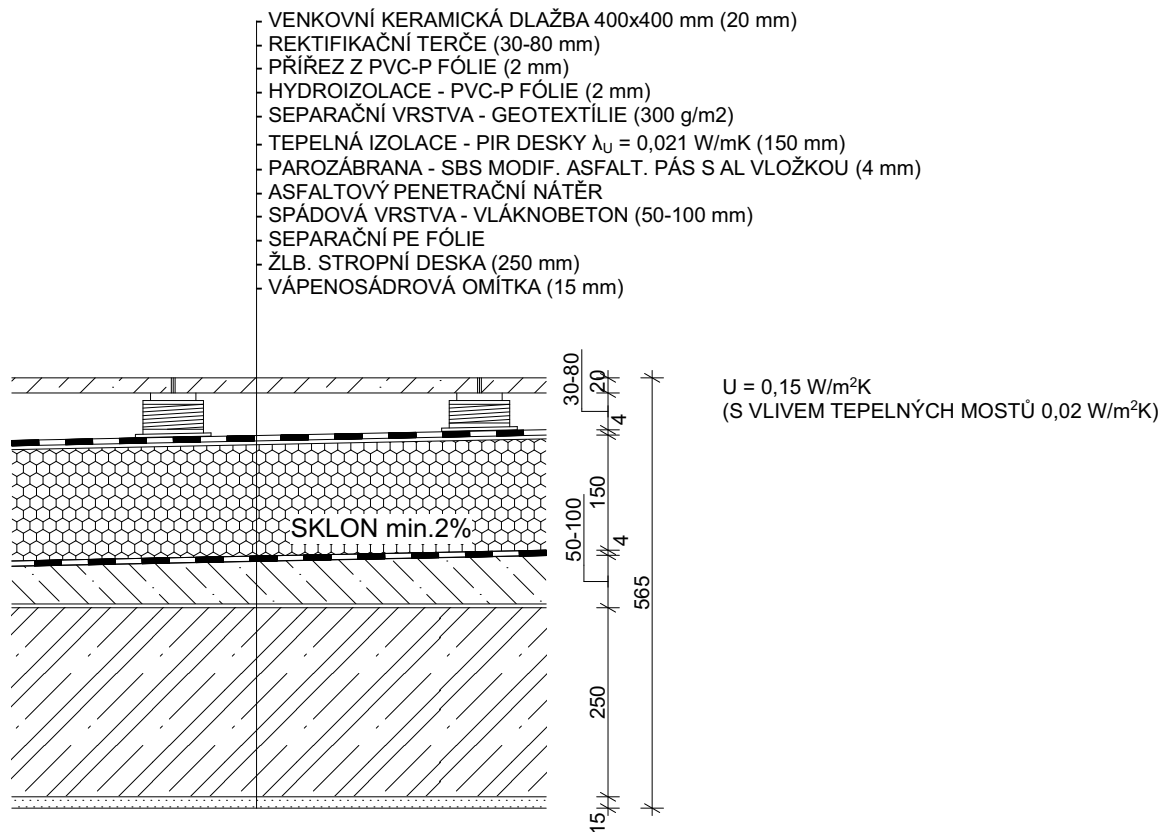
e) Podlahy předsazených konstrukcí

Podlahy předsazených konstrukcí jsou tvořeny tenkou nášlapnou keramickou dlažbou tl. 20 mm, umístěnou na rektifikačních terčích, hydroizolací z PVC-P fólie tl. 2 mm a spádovou vrstvou z vláknobetonu tl. 50-80 mm. Nosnou konstrukci tvoří žlb. deska tl. 200 mm s pohledovou úpravou. V místech kde je potřeba skladbu zateplit je navržena tepelná izolace z PIR desek v tl. 150 mm s parozábranou z SBS modifikovaných asfaltových pásů tl. 4 mm.



**Obr. 34 Podlaha předsazených konstrukcí (1:10)**

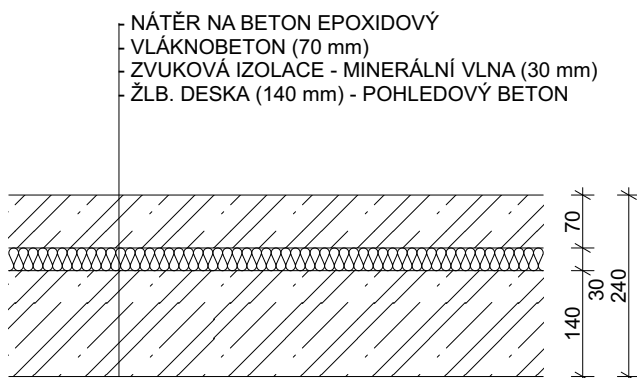




**Obr. 35 Podlaha předsazených konstrukcí - zateplená (1:10)**

f) Podlahy podest schodišť

Podlahy podest jsou navrženy jako plovoucí z důvodu zamezení průniku kročejového hluku do ostatních konstrukcí, jelikož jsou podesty monoliticky propojeny se stěnami schodišťového prostoru. Skládají se z vláknobetonu tl. 70 mm a zvukové izolace z minerální vlny tl. 30 mm, celková tloušťka je 100 mm. Nosnou konstrukci podesty tvoří žlb. deska tl. 140 mm s pohledovou úpravou. Povrch podest a schodišťových ramen je opatřen epoxidovým nátěrem.

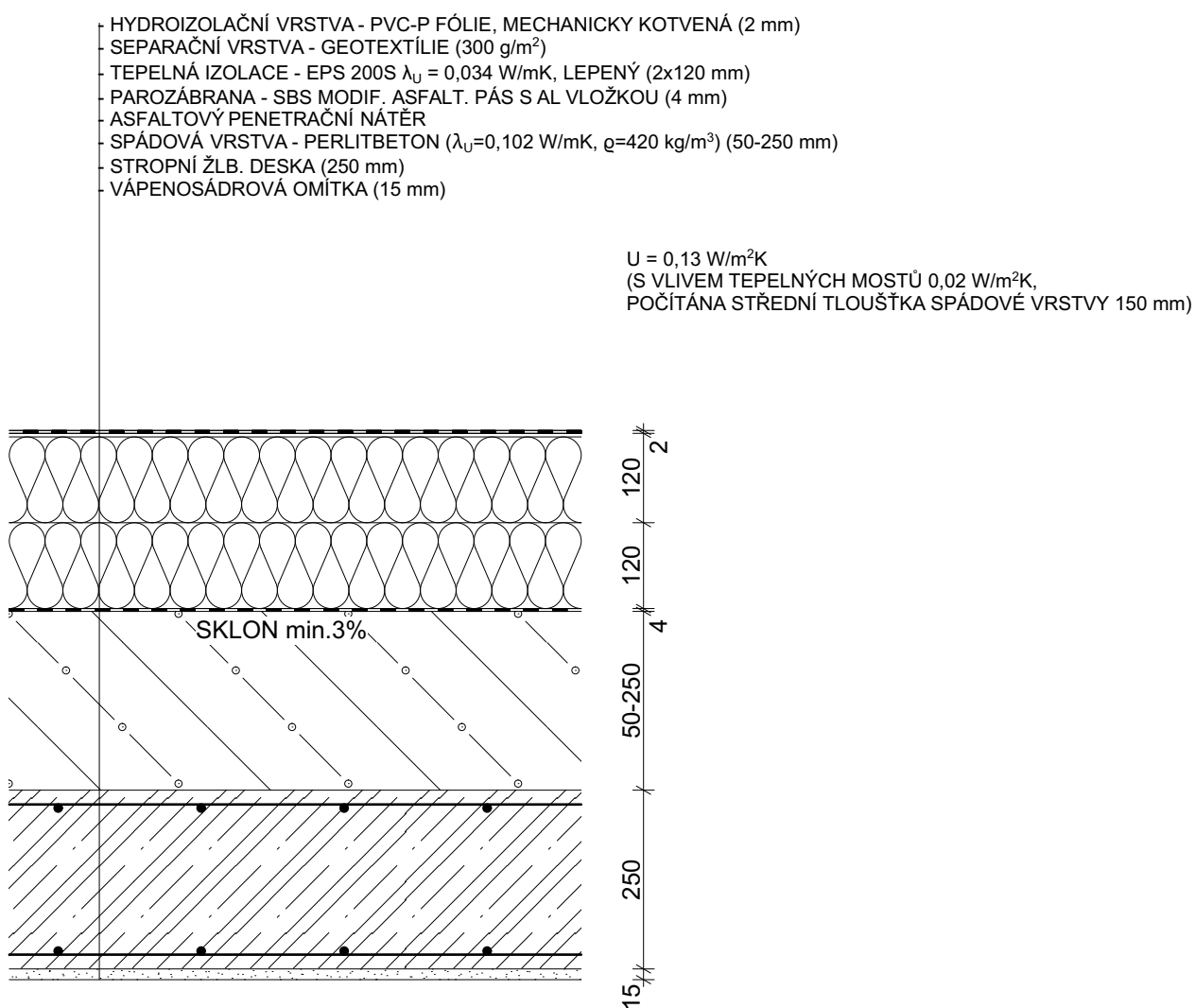


**Obr. 36 Podlaha podesty schodiště (1:10)**

## 5.2. Skladby střech

### a) Střecha nad obytnými prostory

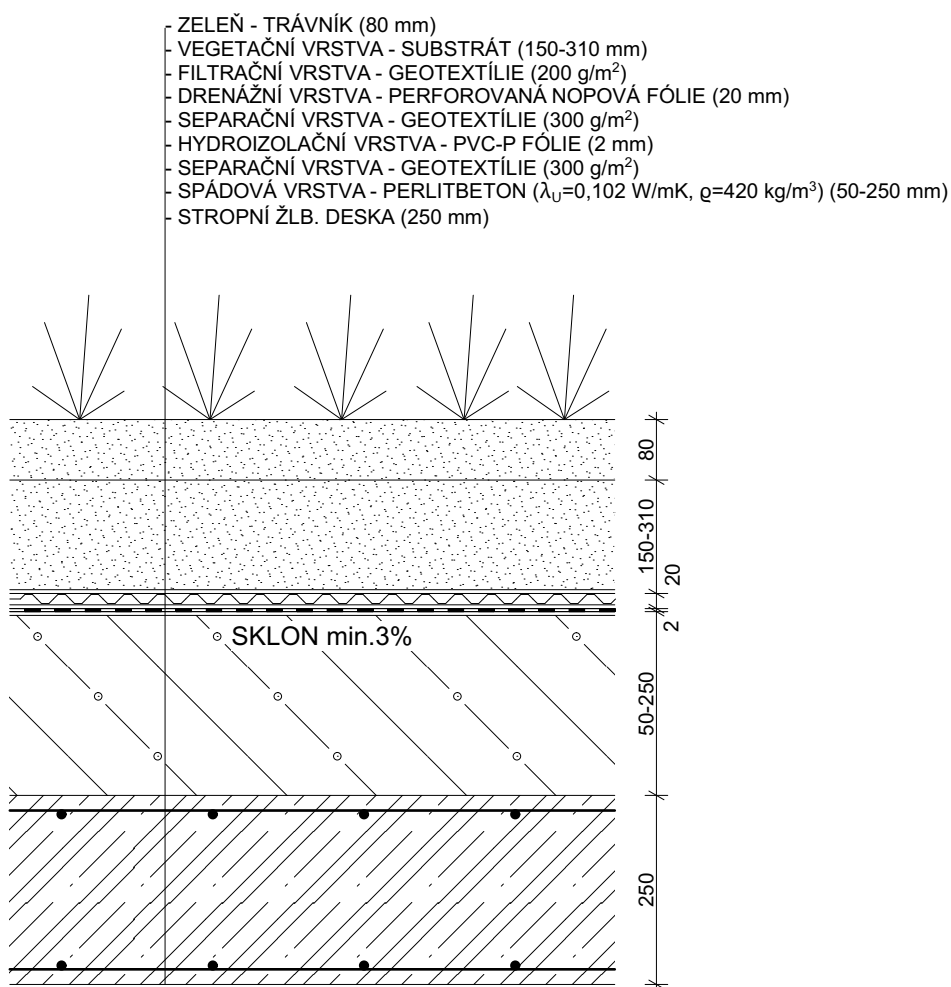
Střecha nad obytnými prostory je navržena jako plochá jednoplášťová nepochozí s klasickým pořadím vrstev. Skládá se z hydroizolační vrstvy - mechanicky kotvené PVC-P fólie tl. 2 mm, separační geotextílie, tepelné izolace z EPS 200S tl. 240 mm, parozábrany z SBS modifikovaných asfaltových pásů tl. 4 mm a spádové vrstvy z perlitbetonu tl. 50-250 mm.



Obr. 37 Střecha nad obytnými prostory (1:10)

## b) Střecha nad garážemi 1.NP

Střecha nad garážemi 1.NP je navržena jako plochá jednoplášťová pochozí zelená extenzivní. Skládá se z vegetační vrstvy - trávnickový porost tl. 80 mm a substrát tl. 150-310 mm, filtrační geotextílie, drenážní nopové fólie tl. 20 mm, separační geotextílie, hydroizolace z PVC-P fólie tl. 2 mm, separační geotextílie a spádové vrstvy z perlitbetonu tl. 50-250 mm.

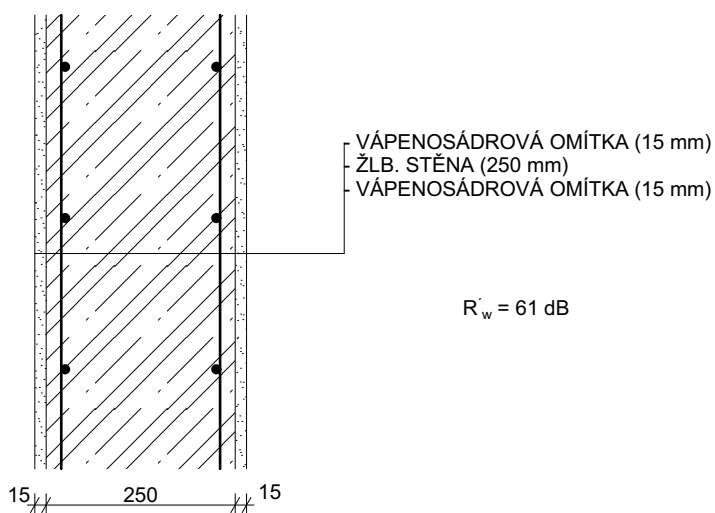


**Obr. 38 Zelená střecha nad garážemi 1.NP (1:10)**

### 5.3. Skladby stěn

#### a) Mezibytové stěny

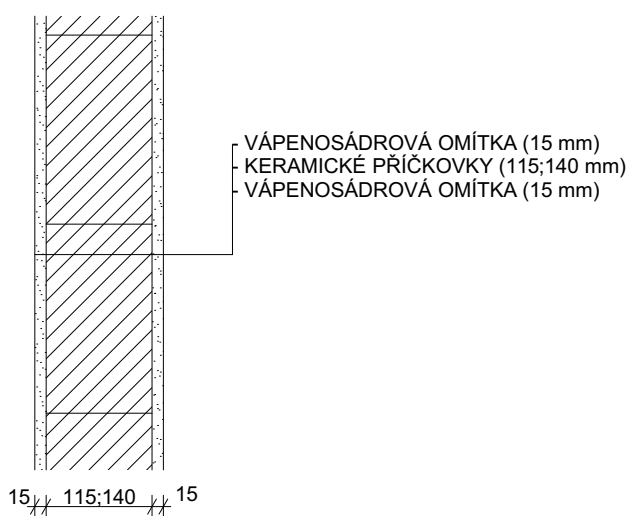
Mezibytové stěny jsou navrženy již jako součást konstrukčního systému jako žlb. monolitické tl. 250 mm, opatřené oboustranně vápenosádrovou omítkou tl. 15 mm.



**Obr. 39** Mezibytová stěna (1:10)

#### b) Příčky

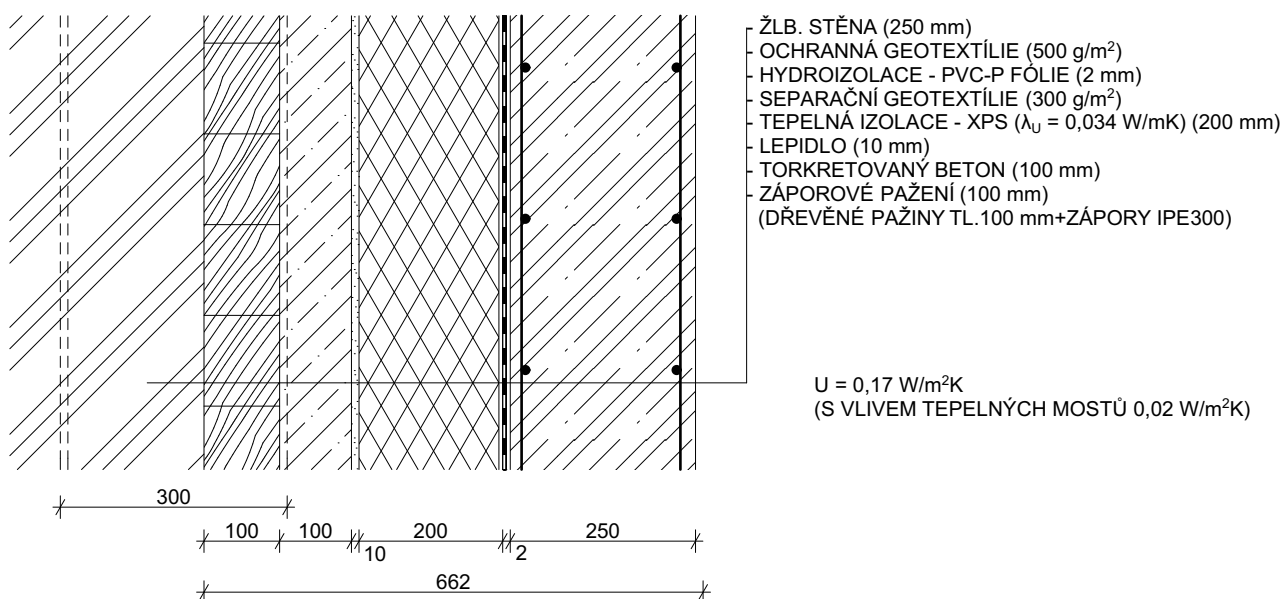
Příčky v celém objektu jsou navrženy z keramických příčkových tl. 115 příp. 140 mm, opatřené oboustranně vápenosádrovou omítkou tl. 15 mm.



**Obr. 40** Příčka (1:10)

### c) Suterénní stěny

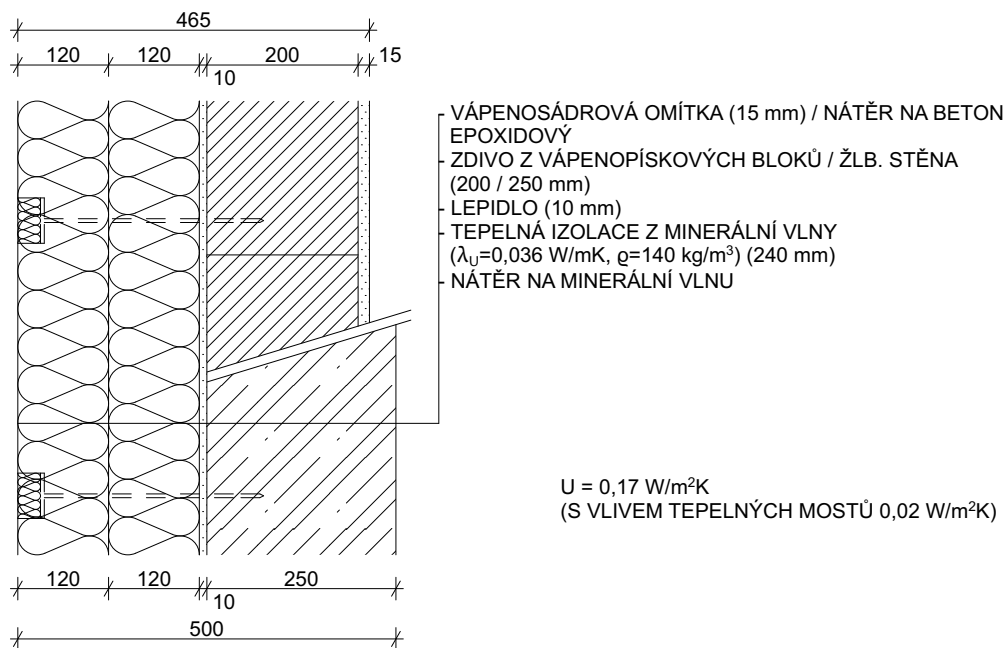
Suterénní stěny jsou navrženy jako žlb. monolitické tl. 250 mm. Jelikož není možné použití svahované stavební jámy, je navrženo záporové pažení se záporami z ocel. profilů IPE300 a dřevěnými pažinami tl. 100 mm. Na pažení je proveden torkretovaný beton tl. 100 mm, který tvoří podklad pro nalepení tepelné izolace z extrudovaného polystyrenu tl. 200 mm. Dále je navržena jednovrstvá hydroizolace z PVC-P fólie tl. 2 mm, oboustranně opatřené ochrannou separační geotextílií.



**Obr. 41 Suterénní stěna (1:10)**

### d) Stěny mezi vytápěným a nevytápěným prostorem

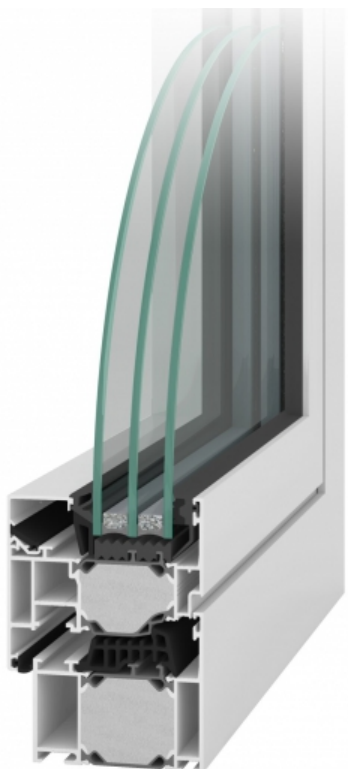
Stěny mezi vytápěným a nevytápěným prostorem jsou dle umístění buď přímo nosné (žlb. monolitické tl. 250 mm) nebo výplňové se zdívem z vápenopískových bloků tl. 200 mm. Jako zateplení stěn je navržen kontaktní zateplovací systém s minerální vlnou tl. 240 mm.



**Obr. 42** Stěna mezi vytápěným a nevytápěným prostorem (1:10)

#### 5.4. Výplně otvorů

Výplně otvorů (okna, prosklené dveře) jsou navrženy jako hliníková s trojsklem s tepelně-technickými parametry  $U_w=0,72$  W/m<sup>2</sup>K,  $U_f=0,95$  W/m<sup>2</sup>K,  $U_g=0,50$  W/m<sup>2</sup>K,  $g=0,5$ . Zvuková neprůzvučnost je  $R_w = 34$  dB.



**Obr. 43** Hliníkové okno EXCLUSIV HI 77 [19]

## 6. MĚRNÁ POTŘEBA TEPLA NA VYTÁPĚNÍ BUDOVY

Měrná potřeba tepla na vytápění daného objektu je vypočítána pomocí programu Excel [20]. Celkový výstup z programu je uveden ve výpočtové části.

### 6.1. Výpočet

1) Vstupní údaje

a) počet osob

podlaží	prostory	počet osob
1.NP	komerční prostor 1 (personál)	5
	komerční prostor 1 (zákazníci - odhad 0,2 osoby/m <sup>2</sup> ; plocha 185,57 m <sup>2</sup> )	37
	komerční prostor 2 (personál)	1
	komerční prostor 2 (zákazníci - odhad 0,2 osoby/m <sup>2</sup> ; plocha 15,28 m <sup>2</sup> )	3
	komerční prostor 3 (personál)	1
	komerční prostor 3 (zákazníci - odhad 0,2 osoby/m <sup>2</sup> ; plocha 11,54 m <sup>2</sup> )	2
2.NP	kanceláře (zaměstnanci)	44
	kanceláře (úklid)	3
3.NP	3x byt 3+KK (1 byt = 4 osoby)	12
	3x byt 2+KK (1 byt = 3 osoby)	9
	1x byt 2+1 (1 byt = 3 osoby)	3
4.NP	3x byt 3+KK (1 byt = 4 osoby)	12
	3x byt 2+KK (1 byt = 3 osoby)	9
	1x byt 2+1 (1 byt = 3 osoby)	3
5.NP	3x byt 3+KK (1 byt = 4 osoby)	12
	3x byt 2+KK (1 byt = 3 osoby)	9
	1x byt 2+1 (1 byt = 3 osoby)	3
6.NP	3x byt 3+KK (1 byt = 4 osoby)	12
	3x byt 2+KK (1 byt = 3 osoby)	9
	1x byt 2+1 (1 byt = 3 osoby)	3
7.NP	3x byt 3+KK (1 byt = 4 osoby)	12
8.NP	1x byt 3+KK (1 byt = 4 osoby)	4
	<b>celkem</b>	<b>208</b>

Tab. 8 - Stanovení počtu osob

b) přítomnost osob

prostory	počet osob	přítomnost (hod/den)
komerční	49	10
kancelářské	47	8
bytové	112	16
	vážený průměr (hod/den)	12,8
	procento času ((12,8/24)*100)	53,3%

**Tab. 9 - Stanovení přítomnosti osob**

c) požadovaná vnitřní teplota

V celé vytápěné zóně budovy je zjednodušeně uvažována vnitřní teplota 20 °C.

d) objem vytápěné zóny

podlaží	plocha - z vnějších rozměrů (m <sup>2</sup> )	výška (m)	objem (m <sup>3</sup> )
1.PP	97,15	3,3	320,6
1.NP	479,19	3,63	1739,5
2.NP	629,89	3,63	2286,5
3-6.NP	579,73	12,25	7101,7
7.NP	340,42	2,97	1011,0
8.NP	185,15	3,34	618,4
	objem celkem (m <sup>3</sup> )		13077,7

**Tab. 10 - Stanovení objemu vytápěné zóny**

e) podlahová plocha vytápěné zóny

podlaží	plocha - z tabulky místností (m <sup>2</sup> )
1.PP	62,8
1.NP	422,9
2.NP	514,1
3-6.NP	1952,6
7.NP	285,9
8.NP	152,6
	plocha celkem (m <sup>2</sup> )
	3390,9

**Tab. 11 - Stanovení podlahové plochy vytápěné zóny**



f) tepelné zisky

prostory	počet osob	tepelný zisk/osobu (W)	tepelné zisky od osob (W)
komerční	49	150	7350
kancelářské	47	140	6580
bytové	112	140	15680
	celkem (W)		29610

Tab. 12 - Tepelné zisky od osob [21]

prostory	vybavení	ks	tepelný zisk/1 ks (W)	tepelné zisky od vybavení (W)
komerční (3 kom. pr.)	odhad (200 W/kom.pr.)			600
kancelářské	PC	44	65	2860
	monitor	44	70	3080
	tiskárna	5	320	1600
	kopírka	2	1100	2200
bytové (32 bytů)	odhad (100 W/byt)			3200
	celkem (W)			13540

Tab. 13 - Tepelné zisky od vybavení [22]

tepelný zisk od osob (W)	29610
tepelný zisk od vybavení (W)	13540
tepelný zisk celkový (W)	43150

Tab. 14 - Tepelné zisky celkové

Tepelný zisk na 1 osobu se započtením tepelného zisku od vnitřního vybavení vychází  $43150/208 = 207 \text{ W/os.}$

g) neprůsvitné konstrukce

fasáda	plocha celková (m <sup>2</sup> )	plocha výplní otvorů (m <sup>2</sup> )	plocha neprůsvitné fasády (m <sup>2</sup> )
severní	742,4	270,2	472,2
západní	841,65	372,1	469,6
jižní	713,5	135,2	578,3
východní	790,92	73,0	717,9
	celkem (m <sup>2</sup> )		2238,0

Tab. 15 - Plocha neprůsvitné fasády

## h) výplně otvorů

severní fasáda				
průsvitné výplně				
ozn.	šířka (m)	výška (m)	počet (ks)	plocha (m <sup>2</sup> )
okno1	4,54	1,5	6	40,9
okno2	4	1,5	14	84,0
okno3	0,9	2,3	4	8,3
okno4	2,2	1,5	2	6,6
okno5	4	2,1	4	33,6
okno6	4	2,93	3	35,2
okno7	2,05	0,5	10	10,3
okno8	2,65	6,56	2	34,8
neprůsvitné výplně				
dveře1	2,7	3,08	1	8,3
dveře2	1	2,1	4	8,4
celkem (m <sup>2</sup> )				270,2

západní fasáda				
průsvitné výplně				
ozn.	šířka (m)	výška (m)	počet (ks)	plocha (m <sup>2</sup> )
okno9	5,24	1,5	6	47,2
okno10	4	1,5	2	12,0
okno11	1,1	1,5	8	13,2
okno12	0,9	2,3	32	66,2
okno13	2,66	1,5	12	47,9
okno14	2	1,5	12	36,0
okno15	4	2,1	2	16,8
okno16	4	2,7	2	21,6
okno17	6,7	2,1	3	42,2
okno18	6,7	2,7	3	54,3
okno19	0,7	2,1	10	14,7
celkem (m <sup>2</sup> )				372,1

jižní fasáda				
průsvitné výplně				
ozn.	šířka (m)	výška (m)	počet (ks)	plocha (m <sup>2</sup> )
okno20	4	1,5	2	12,0
okno21	2	1,5	6	18,0
okno22	0,9	2,3	20	41,4
okno23	1,1	1,5	20	33,0
okno24	0,9	2,6	5	11,7
okno25	1,1	1,8	5	9,9
okno26	1	2,3	4	9,2
celkem (m <sup>2</sup> )				135,2

východní fasáda				
průsvitné výplně				
ozn.	šířka (m)	výška (m)	počet (ks)	plocha (m <sup>2</sup> )
okno27	2,2	1,8	2	7,9
okno28	0,9	2,6	5	11,7
okno29	1,1	1,8	1	2,0
okno30	2,4	0,6	1	1,4
okno31	1,7	0,6	1	1,0
okno32	1	0,6	29	17,4
okno33	0,7	2,1	10	14,7
neprůsvitné výplně				
dveře3	1	2,1	8	16,8
celkem (m <sup>2</sup> )				73,0

**Tab. 16 - Plochy výplní otvorů jednotlivých fasád**

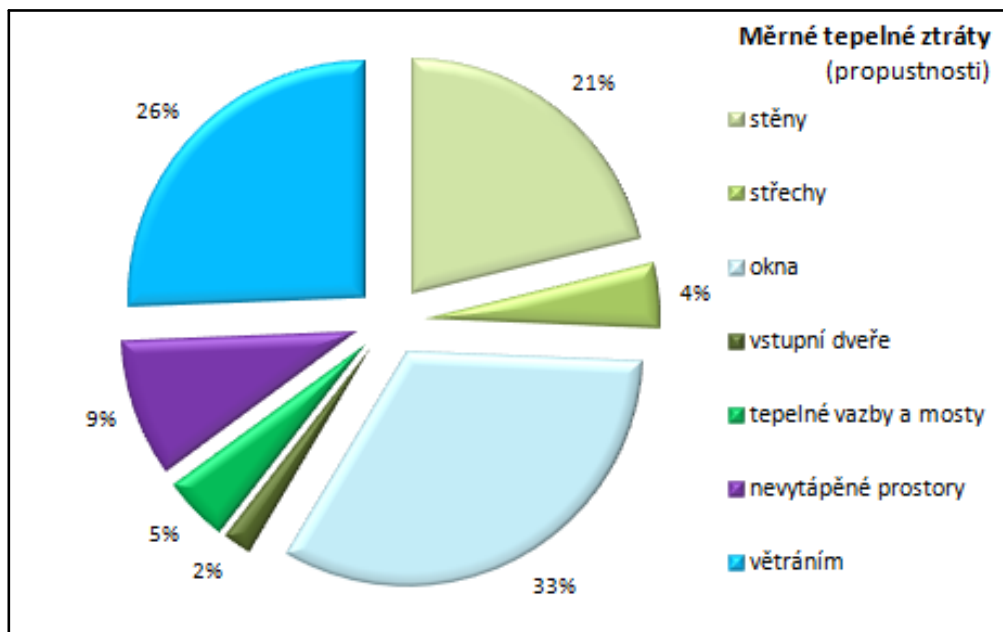
2) Měrná potřeba tepla na vytápění [20]

$$E_A \quad 4,3 \quad \text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$$

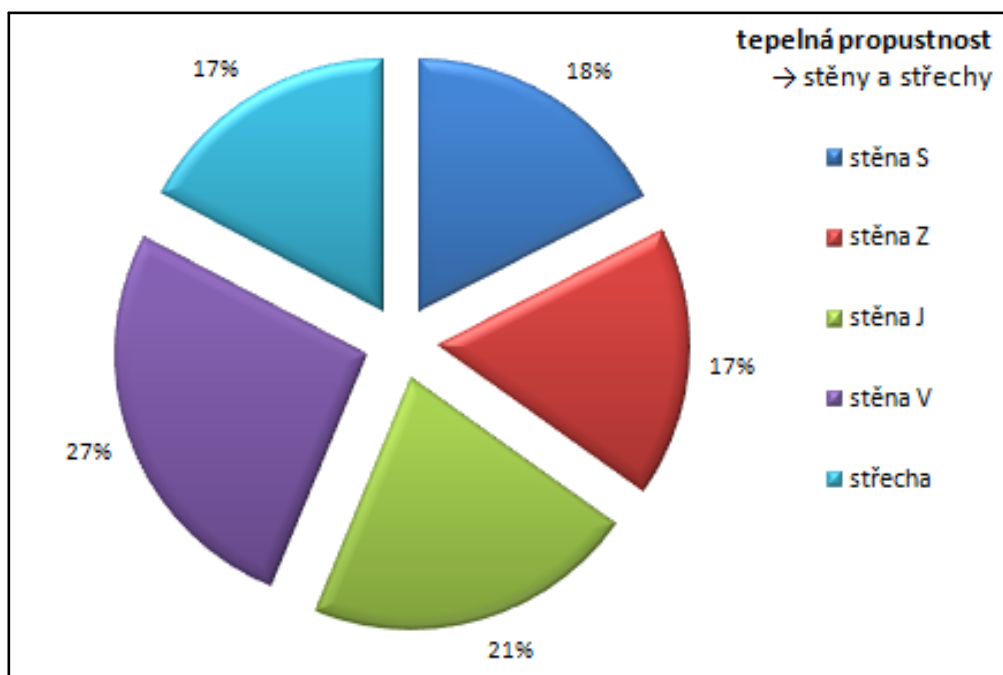
3) Průměrný součinitel prostupu tepla [20]

$$U_{em} \quad 0,30 \quad \text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

#### 4) Tepelné ztráty



Graf 2 - Měrné tepelné ztráty objektu [20]



Graf 3 - Tepelné ztráty stěn a střech objektu [20]

## 6.2. Vyhodnocení výsledků

Měrná potřeba tepla na vytápění budovy vychází 4,3 kWh/m<sup>2</sup>a, což splňuje požadavek pasivního standardu, který je max. 15 kWh/m<sup>2</sup>a.

Průměrný součinitel prostupu tepla obálkou budovy vychází 0,3 W/m<sup>2</sup>K, což je limitující hodnota pro dosažení pasivního standardu, která platí pro každý objemový faktor tvaru budovy (A/V). Objemový faktor tvaru budovy vychází dle programu 0,29.

Dle výsledků těchto parametrů budova dosahuje pasivního standardu, ale je také potřeba splnit další požadavky uvedené v kapitole č.2.

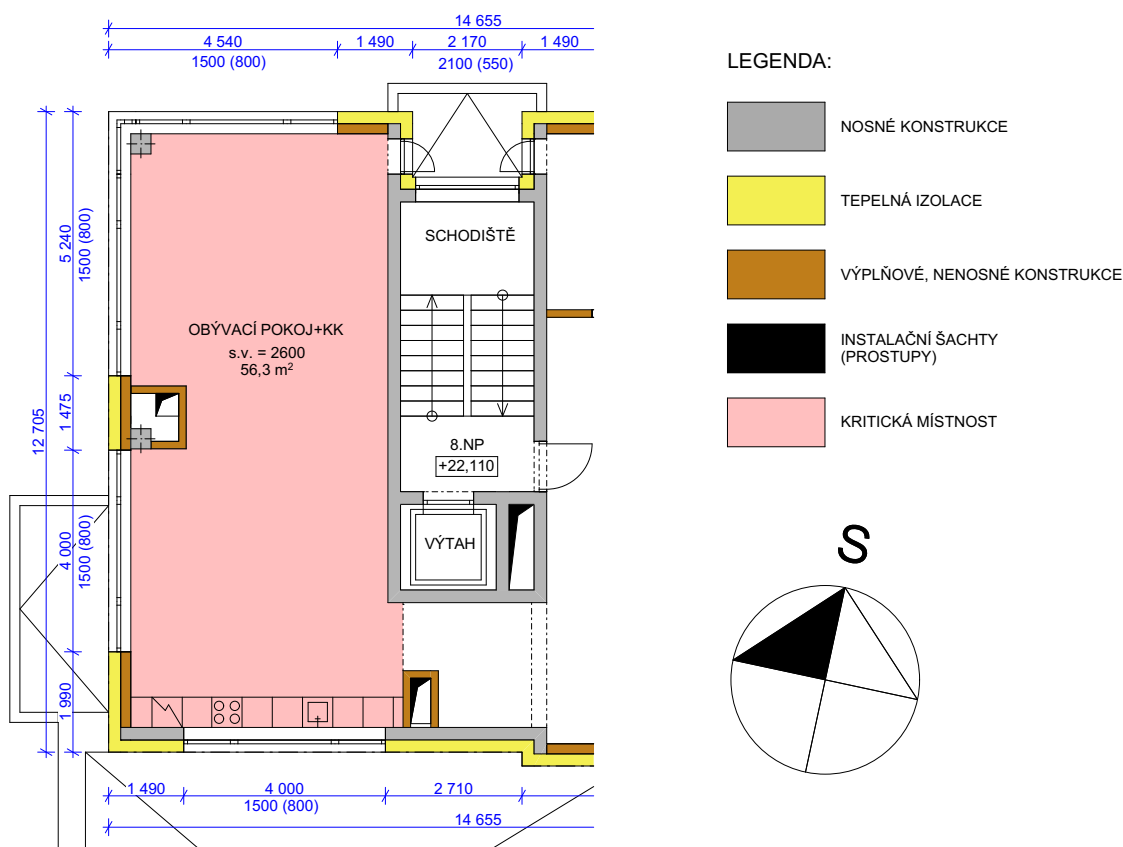
Z porovnání tepelných ztrát lze říci, že tepelná ztráta prostupem konstrukcemi objektu tvoří cca 3/4 celkových tepelných ztrát. Na tepelnou ztrátu větráním připadá cca 1/4 celkových tepelných ztrát (byla uvažována průměrná účinnost rekuperace 80 %).

# 7. LETNÍ PŘEHŘÍVÁNÍ BUDOVY

Posouzení letního přehřívání budovy je vypočítáno pomocí programu Excel [23]. Celkový výstup z programu je uveden ve výpočtové části.

## 7.1. Posouzení kritické místnosti

Jako kritická místnost pro letní přehřívání je zvolen obývací pokoj+kk bytu v 8.patře budovy. Tato místnost je zvolena z důvodu velkých prosklených ploch orientovaných nejen na západ, jako u ostatních bytů, ale i na jih. Místnost je také v posledním podlaží, tudíž je ohrožena ještě přehříváním přes střešní konstrukci.



Obr. 44 Kritická místnost

1) parametry kritické místnosti:

a) obalové konstrukce:

<b>ext1: Obvodová stěna - vápenopískové bloky</b>					
Plocha konstrukce		A	26,6	m <sup>2</sup>	
Vrstva č.	Název	Tloušťka d [m]	Souč. tep. vod. λ [W/(m·K)]	Měr. tep. kap. c <sub>p</sub> [J/(kg·K)]	Obj. hmotnost ρ [kg/m <sup>3</sup> ]
1	VPS OMÍTKA	0,015	0,49	1000	1200
2	VÁPENOPÍSKOVÉ TVÁRNICE	0,2	0,83	960	1800
3	LEPIDLO	0,005	0,57	1200	1550
4	TEP. IZOLACE - MINERÁLNÍ VLNA	0,24	0,035	800	40
5	POJISTNÁ HYDROIZOLACE	0,0002	0,39	1700	460
6	PROVĚTRÁVANÁ VZDUCH. MEZERA	0,04	0,294	1010	1,2
7	CEMENTOVĚLÁKNITÁ DESKA	0,015	0,24	1580	1300
8	LEPIDLO	0,005	0,57	1200	1550
9	CIHELNÉ PÁSKY	0,01	1,01	840	2000
10					
Odpor při přestupu tepla na vnitřním povrchu		R <sub>si</sub>	0,13	m <sup>2</sup> ·K/W	
Odpor při přestupu tepla na vnějším povrchu		R <sub>se</sub>	0,04	m <sup>2</sup> ·K/W	
Součinitel prostupu tepla konstrukce		U	0,133	W/(m <sup>2</sup> ·K)	
<b>ext2: Obvodová stěna - železobeton</b>					
Plocha konstrukce		A	8,6	m <sup>2</sup>	
Vrstva č.	Název	Tloušťka d [m]	Souč. tep. vod. λ [W/(m·K)]	Měr. tep. kap. c <sub>p</sub> [J/(kg·K)]	Obj. hmotnost ρ [kg/m <sup>3</sup> ]
1	VPS OMÍTKA	0,015	0,49	1000	1200
2	ŽLB. STĚNA	0,25	1,58	1020	2500
3	TEP. IZOLACE - MINERÁLNÍ VLNA	0,24	0,035	800	40
4	POJISTNÁ HYDROIZOLACE	0,0002	0,39	1700	460
5	PROVĚTRÁVANÁ VZDUCH. MEZERA	0,04	0,294	1010	1,2
6	CEMENTOVĚLÁKNITÁ DESKA	0,015	0,24	1580	1300
7	LEPIDLO	0,005	0,57	1200	1550
8	CIHELNÉ PÁSKY	0,01	1,01	840	2000
9					
10					
Odpor při přestupu tepla na vnitřním povrchu		R <sub>si</sub>	0,13	m <sup>2</sup> ·K/W	
Odpor při přestupu tepla na vnějším povrchu		R <sub>se</sub>	0,04	m <sup>2</sup> ·K/W	
Součinitel prostupu tepla konstrukce		U	0,135	W/(m <sup>2</sup> ·K)	
<b>ext3: Střecha</b>					
Plocha konstrukce		A	56,3	m <sup>2</sup>	
Vrstva č.	Název	Tloušťka d [m]	Souč. tep. vod. λ [W/(m·K)]	Měr. tep. kap. c <sub>p</sub> [J/(kg·K)]	Obj. hmotnost ρ [kg/m <sup>3</sup> ]
1	VPS OMÍTKA	0,015	0,49	1000	1200
2	ŽLB. DESKA	0,25	1,58	1020	2500
3	PERLITBETON	0,15	0,102	840	420
4	PAROZÁBRANA - SBS ASFALT. PÁS	0,004	0,21	1470	1200
5	TEPELNÁ IZOLACE - EPS 200S	0,24	0,034	1270	30
6	HYDROIZOLACE - PVC-P FÓLIE	0,002	0,35	1470	1313
7					
8					
9					
10					
Odpor při přestupu tepla na vnitřním povrchu		R <sub>si</sub>	0,10	m <sup>2</sup> ·K/W	
Odpor při přestupu tepla na vnějším povrchu		R <sub>se</sub>	0,04	m <sup>2</sup> ·K/W	
Součinitel prostupu tepla konstrukce		U	0,113	W/(m <sup>2</sup> ·K)	

Tab. 17 - Obalové konstrukce kritické místnosti [23]

b) vnitřní konstrukce:

<b>adb1: Vnitřní stěny</b>					
Plocha konstrukce		A	24,2	m <sup>2</sup>	
Vrstva č.	Název	Tloušťka d [m]	Souč. tep. vod. λ [W/(m·K)]	Měr. tep. kap. c <sub>p</sub> [J/(kg·K)]	Obj. hmotnost ρ [kg/m <sup>3</sup> ]
1	VPS OMÍTKA	0,015	0,49	1000	1200
2	ŽLB. STĚNA	0,25	1,58	1020	2500
3	VPS OMÍTKA	0,015	0,49	1000	1200
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
Odpor při přestupu tepla na vnitřním povrchu		R <sub>si</sub>	0,13	m <sup>2</sup> ·K/W	
Odpor při přestupu tepla na vnějším povrchu		R <sub>se</sub>	0,04	m <sup>2</sup> ·K/W	
Součinitel prostupu tepla konstrukce		U	2,568	W/(m <sup>2</sup> ·K)	
<b>adb2: Podlaha na stropě</b>					
Plocha konstrukce		A	56,3	m <sup>2</sup>	
Vrstva č.	Název	Tloušťka d [m]	Souč. tep. vod. λ [W/(m·K)]	Měr. tep. kap. c <sub>p</sub> [J/(kg·K)]	Obj. hmotnost ρ [kg/m <sup>3</sup> ]
1	KERAMICKÁ DLAŽBA	0,01	1,01	840	2000
2	LEPIDLO	0,003	0,57	1200	1550
3	ANHYDRIT	0,065	1,2	840	2100
4	SEPARAČNÍ PE FÓLIE	0,0002	0,39	1700	460
5	ZVUK. IZOLACE - MINERÁLNÍ VLNA	0,04	0,039	840	80
6	ŽLB. DESKA	0,25	1,58	1020	2500
7	VPS OMÍTKA	0,015	0,49	1000	1200
8					
9					
10					
Odpor při přestupu tepla na vnitřním povrchu		R <sub>si</sub>	0,17	m <sup>2</sup> ·K/W	
Odpor při přestupu tepla na vnějším povrchu		R <sub>se</sub>	0,10	m <sup>2</sup> ·K/W	
Součinitel prostupu tepla konstrukce		U	0,643	W/(m <sup>2</sup> ·K)	

Tab. 18 - Vnitřní konstrukce kritické místnosti [23]

c) okna:

<b>okn1: Sever</b>				
Měrný tepelný tok		K <sub>tot</sub>	4,9	W/K
okno	Plocha A <sub>w</sub> [m <sup>2</sup> ]	Plocha zasklení A <sub>glz</sub> [m <sup>2</sup> ]	Souč. prostupu U <sub>w</sub> [W/(m <sup>2</sup> ·K)]	Energ. prop. g [-]
S1	6,81	5,79	0,72	0,5

okn3: Jih				
Měrný tepelný tok		$K_{tot}$	4,3	W/K
okno	Plocha	Plocha zasklení	Souč. prostupu	Energ. prop.
	$A_w [m^2]$	$A_{gz} [m^2]$	$U_w [W/(m^2 \cdot K)]$	$g [-]$
J1	6,00	5,10	0,72	0,5
okn4: Západ				
Měrný tepelný tok		$K_{tot}$	10,0	W/K
okno	Plocha	Plocha zasklení	Souč. prostupu	Energ. prop.
	$A_w [m^2]$	$A_{gz} [m^2]$	$U_w [W/(m^2 \cdot K)]$	$g [-]$
Z1	6,00	5,10	0,72	0,5
Z2	7,86	6,68	0,72	0,5

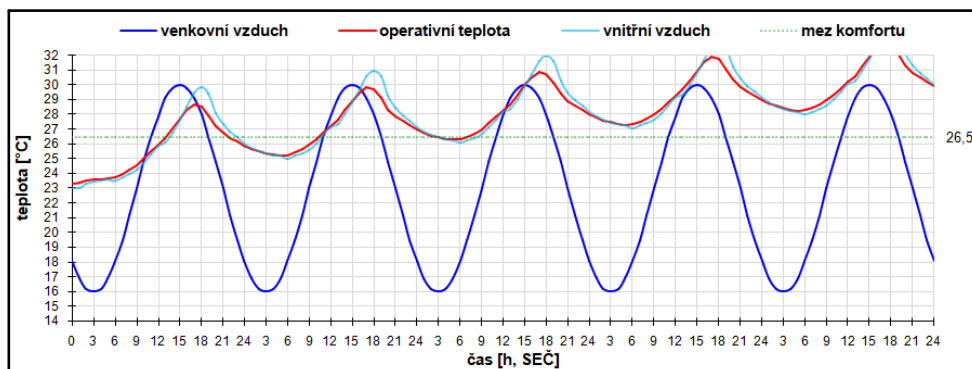
Tab. 19 - Okna kritické místnosti [23]

Dále jsou v kritické místnosti uvažovány vnitřní tepelné zisky od osob a vybavení (od 16 do 22 hod. 660 W (4 osoby=4x140 W, vybavení 100 W), od 23 do 7 hod. 330 W (2 osoby=2x140 W, vybavení 50 W) a od 8 do 15 hod. 0 W). Násobnost větrání je celý den uvažována 0,5 h<sup>-1</sup>. Počáteční teplota vnitřního vzduchu je uvažována 23 °C, což odpovídá průměrné venkovní teplotě.

2) výpočet:

den	Venkovní vzduch			Vnitřní vzduch			Operativní teplota			Překročení meze komfortu			
	$T_{amb} [°C]$			$T_{air} [°C]$			$T_{op} [°C]$			den	hodst.	doba	%
	min	prům	max	min	prům	max	min	prům	max		[h°C]	[h]	času
1	16,0	23,0	30,0	23,0	25,9	29,8	23,4	25,7	28,7	1	10	8	33%
2	16,0	23,0	30,0	25,0	27,3	31,0	25,2	27,1	29,9	2	24	14	58%
3	16,0	23,0	30,0	26,1	28,3	32,0	26,3	28,2	30,9	3	40	19	79%
4	16,0	23,0	30,0	27,1	29,3	33,0	27,3	29,2	31,9	4	64	24	100%
5	16,0	23,0	30,0	28,0	30,2	33,9	28,3	30,1	32,8	5	87	24	100%
										CELK.	225	89	74%

Tab. 20 - Vypočtené teploty v kritické místnosti v 5-ti dnech [23]



Graf 4 - Průběhy teplot v kritické místnosti v 5-ti dnech [23]



## 7.2. Vyhodnocení výsledků

Z výsledků výpočtu vyplývá, že se daná kritická místnost přehřívá. Mez komfortu 26,5 °C je překročena již první sledovaný den, ale pouze ve 33 % času. Ve 100 % času je mez komfortu překračována až čtvrtý sledovaný den. Průměrná operativní teplota je pátý den již 30,1 °C, což už je celkem vysoká hodnota pro obytný prostor. Z výsledků je patrné, že je potřeba aplikovat vhodná opatření k omezení přehřívání.

## 7.3. Návrh opatření k omezení přehřívání

Jedním z účinných opatření k omezení přehřívání místnosti je aplikace stínění pomocí venkovních žaluzií. Zde jsou uvažovány hliníkové žaluzie se sklonem 45°, ven jasné, dovnitř tmavé s činitelem stínění  $F_{sh} = 0,13$ . Žaluzie jsou umístěné na západní a jižní fasádě, stíněno je od 6 do 18 hod.

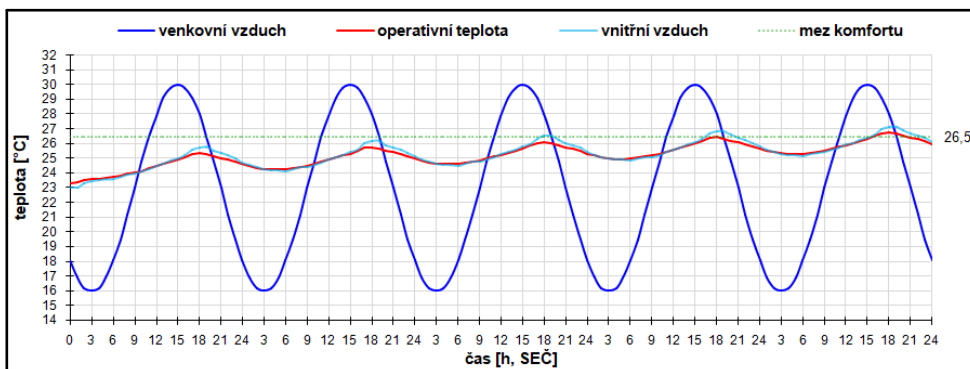


Obr. 45 Venkovní žaluzie [24]

výpočet:

den	Venkovní vzduch			Vnitřní vzduch			Operativní teplota			Překročení meze komfortu			
	min	$T_{\text{prům}}$ [°C]	max	min	$T_{\text{prům}}$ [°C]	max	min	$T_{\text{prům}}$ [°C]	max	den	hodst. [h°C]	doba [h]	% času
1	16,0	23,0	30,0	23,0	24,5	25,8	23,4	24,4	25,4	1	0	0	0%
2	16,0	23,0	30,0	24,2	25,0	26,2	24,2	24,9	25,7	2	0	0	0%
3	16,0	23,0	30,0	24,5	25,4	26,5	24,6	25,3	26,1	3	0	0	0%
4	16,0	23,0	30,0	24,8	25,7	26,9	24,9	25,6	26,4	4	0	0	0%
5	16,0	23,0	30,0	25,2	26,0	27,2	25,3	25,9	26,8	5	1	5	21%
										CELK.	1	5	4%

Tab. 21 - Vypočtené teploty v kritické místnosti v 5-ti dnech (vnějšího stínění) [23]



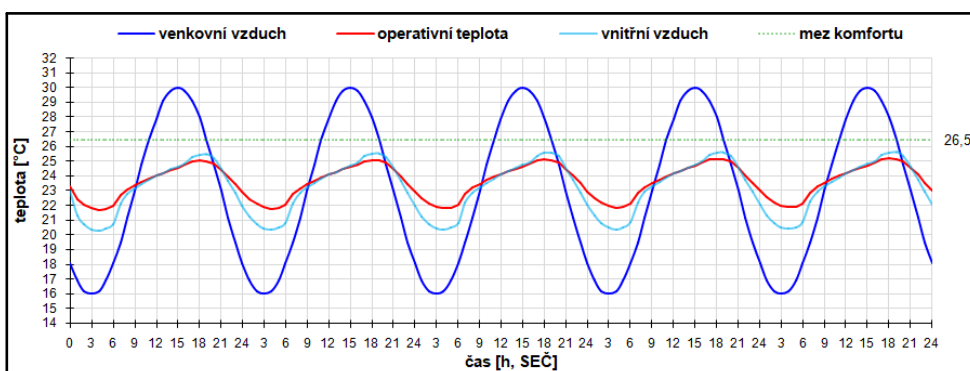
**Graf 5 - Průběhy teplot v kritické místnosti v 5-ti dnech (vnější stínění) [23]**

Z výsledků výpočtu vyplývá, že se přehřívání po aplikaci vnějšího stínění významně zlepšilo, mez komfortu je překračována až pátý sledovaný den. Dalším dostupným opatřením je noční větrání. Dále je tedy spolu s vnějším stíněním uvažováno noční větrání od 21 do 6 hod s intenzitou výměny vzduchu  $8 \text{ h}^{-1}$ .

výpočet:

den	Venkovní vzduch			Vnitřní vzduch			Operativní teplota			Překročení meze komfortu			
	min	prům	max	min	prům	max	min	prům	max	den	hodst. [h°C]	doba [h]	% času
1	16,0	23,0	30,0	20,3	23,2	25,5	21,7	23,5	25,0	1	0	0	0%
2	16,0	23,0	30,0	20,4	23,2	25,5	21,8	23,6	25,1	2	0	0	0%
3	16,0	23,0	30,0	20,4	23,2	25,6	21,8	23,6	25,1	3	0	0	0%
4	16,0	23,0	30,0	20,4	23,3	25,6	21,9	23,7	25,2	4	0	0	0%
5	16,0	23,0	30,0	20,4	23,3	25,7	21,9	23,7	25,2	5	0	0	0%
CELK.										0	0	0%	

**Tab. 22 - Vypočtené teploty v kritické místnosti v 5-ti dnech (vnější stínění +noční větrání) [23]**



**Graf 6 - Průběhy teplot v kritické místnosti v 5-ti dnech (vnější stínění +noční větrání) [23]**

Po aplikaci vnějšího stínění a nočního větrání se pohybuje průměrná operativní teplota v pátém dni na hodnotě  $23,7 \text{ °C}$ , což je přijatelná hodnota - mez komfortu není překročena. Na daný objekt je tedy aplikováno vnější stínění výplní otvorů jižní a západní fasády, kaslíky jsou integrovány do provětrávané fasády a je počítáno s nočním větráním.

## 8. KONCEPT VZDUCHOTECHNICKÉHO SYSTÉMU BUDOVY

Jelikož je budova navrhována jako pasivní dům, je nutné zřízení nuceného rovnotlakého větrání s rekuperací tepla.

V 1.PP se nachází nevytápěné prostory - sklepní kóje a garáže se zakladačovým systémem. Tyto prostory jsou větrány rovnotlance bez rekuperace tepla, pouze pomocí ventilátorů umístěných na potrubí odváděného vzduchu, které je vedeno instalačními šachtami a vyústěno nad střechou objektu. Vzduch je přiváděn krátkým potrubím z 1.NP. Distribuce vzduchu je řešena výustkami na potrubí. Potrubí je nerezové, čtyřhranné a je zavěšené pod stropem. Výměna vzduchu je uvažována  $0,5 \text{ h}^{-1}$ .

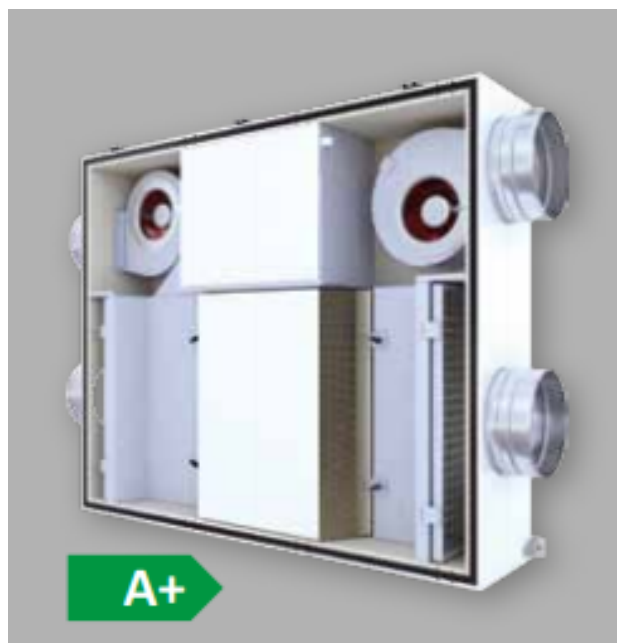
V 1.NP se nachází garáže a komerční prostory. Garáže jsou větrány obdobně jako v 1.PP, ale větrání je mírně podtlakové ( $V_{\text{odv}} = 1,15V_{\text{př}}$ ) s intenzitou výměny vzduchu  $1 \text{ h}^{-1}$ , jelikož se zde pohybují vozidla vlastní silou. Intenzita výměny vzduchu nesmí klesnout pod  $0,5 \text{ h}^{-1}$ , aby se koncentrace CO nedostala nad 50 ppm. Hlavní komerční prostor č.1 je větrán rekuperační větrací podstropní jednotkou Atrea Duplex Multi 1500 [26], vzduch je přiváděn i odváděn v samotném prostoru, z hygienického zázemí je odváděn samostatně ventilátorem. Menší komerční prostory č.2 a č.3 jsou větrány rekuperačními větracími podstropními jednotkami Atrea Duplex 370 EC5 [25], vzduch je přiváděn do komerčních prostor a odváděn přes hygienické zázemí. Venkovní vzduch je přiváděn z fasády, odpadní vzduch je odveden nad střechu objektu. Distribuce vzduchu je řešena anemostaty, výustky a talířovými ventily. Potrubí je nerezové, čtyřhranné a je zavěšené pod stropem. Množství větracího vzduchu je uvažováno dle počtu osob.

Ve 2.NP se nachází kancelářské prostory. Prostory jsou větrány centrálně rekuperační větrací podstropní jednotkou Atrea Duplex Multi 2500 [26], vzduch je přiváděn i odváděn v samotných prostorech, z hygienických zázemí je odváděn samostatně ventilátory. Venkovní vzduch je přiváděn z fasády, odpadní vzduch je odveden nad střechu objektu. Distribuce vzduchu je řešena anemostaty a talířovými ventily. Potrubí je nerezové, čtyřhranné a je zavěšené pod stropem. Množství větracího vzduchu je uvažováno dle počtu osob.

Ve 3-8.NP se nachází bytové prostory. Prostory jsou větrány decentrálně - každý byt má vlastní rekuperační větrací podstropní jednotku Atrea Duplex 170 EC5 [25], vzduch je přiváděn do obytných prostor a odváděn přes hygienické zázemí, nárazově se zvýšením průtoku vzduchu. V kuchyních je umístěna cirkulační uhlíková digestoř pro odstranění mastnoty a pachů z vaření, vzduch je poté nárazově odváděn poblíž digestoře.

Venkovní vzduch je přiváděn z fasády, odpadní vzduch je odveden nad střechu objektu. Distribuce vzduchu je řešena výustkami a talířovými ventily. Potrubí je plastové, čtyřhranné a je zavěšené pod stropem. Množství větracího vzduchu je uvažováno dle počtu osob a řízeno dle koncentrace CO<sub>2</sub>.

Množství větracího vzduchu a dimenze potrubí jsou stanoveny ve výpočtové části. Celkové zobrazení rozvodů vzduchotechniky je zobrazeno ve výkresové části.



**Obr. 46 Atrea Duplex EC5 [25]**



**Obr. 47 Atrea Duplex Multi [26]**

## 9. ZÁVĚR

Tato diplomová práce se zabývala konstrukčním návrhem polyfunkčního domu. Hlavním cílem bylo navrhnout vhodný obvodový plášť, který má zásadní podíl na tepelně-technických vlastnostech celého domu. Po detailním porovnání deseti variant obvodových plášťů byla nakonec zvolena jako nejvhodnější varianta provětrávaná fasáda s výplňovým zdivem z vápenopískových tvárnic. Tato fasáda má řadu výhod, ať už je to dobrý odvod vlhkosti ze zdiva, omezení tvorby plísní, zdravé vnitřní klima, útlum vnějšího hluku nebo vysoká životnost skladby.

Další neméně důležitou částí, která předcházela návrhu obvodového pláště bylo navrhnout vhodný konstrukční systém objektu. Ze dvou variant byl nakonec vybrán železobetonový monolitický kombinovaný systém, který má výhodu především v jednodušší realizaci, jelikož je daný objekt členitý, a ve své velké tuhosti.

Tyto dvě kapitoly doplňuje návrh ostatních skladeb konstrukcí. Poté bylo zpracováno dvacet stavebních detailů, ve kterých jsou vyřešeny nejdůležitější návaznosti stavebních konstrukcí.

Doplňující částí práce bylo také vypočítat měrnou potřebu tepla na vytápění budovy, která vyšla 4,3 kWh/m<sup>2</sup>a, při průměrném součiniteli prostupu tepla obálkou budovy 0,3 W/m<sup>2</sup>K. Tyto hodnoty splňují kritéria pasivního domu. Další doplňující částí bylo ověřit letní přehřívání, které je s dnešními vzrůstajícími teplotami v letním období stále důležitější. Z posouzení vyšlo, že při aplikaci energeticky nenáročných opatření (vnější stínění, noční větrání) bude v budově udržována přijatelná teplota do 26,5°C.

Z hlediska technických zařízení budov byl vypracován koncept vzduchotechnického systému. Byl zvolen rovnotlaký systém s rekuperací tepla, který je požadován pro budovy v pasivním standardu.

Závěrem lze říci, že se podařilo navrhnout kvalitní polyfunkční dům, splňující požadavky dnešní doby.

## 10. ZDROJE

[1] - Studie objektu (zadání práce), [online], 12/2019, zdroj dostupný z:

<https://www.archiweb.cz/b/polyfunkcni-dum-bratislavska>

[2] - Co je pasivní dům?, [online], 12/2019, zdroj dostupný z:

<https://www.pasivnidomy.cz/co-je-pasivni-dum/t2>

[3] - Tepelně-technické požadavky - ČSN 73 0540-2, [online], 12/2019, zdroj dostupný z:

<https://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/136-normove-hodnoty-soucinitele-prostupu-tepla-un-20-jednotlivych-konstrukci-dle-csn-73-0540-2-2011-tepelna-ochrana-budov-cast-2-pozadavky>

[4] - Akustické požadavky - ČSN 73 0532, [online], 12/2019, zdroj dostupný z:

<http://www.akustickecentrum.cz/legislativa/tabulka1-normy-csn-73-0532.pdf>

[5] - Ing. Stanislav Toman: Větrání garáží (1. část), [online], 12/2019, zdroj dostupný z:

<https://vetrani.tzb-info.cz/11896-vetrani-garazi-1-cast>

[6] - Ing. Vladimír Zmrhal, Ph.D., Ing. Miloš Lain: Větrání a klimatizace malých provozoven (I), [online], 12/2019, zdroj dostupný z:

<https://vetrani.tzb-info.cz/teorie-a-vypocty-vetrani-klimatizace/4515-vetrani-a-klimatizace-malych-provozoven-i>

[7] - Vnitřní výpočtové teploty dle ČSN EN 12831 a doporučené relativní vlhkosti vzduchu dle ČSN 06 0210, [online], 12/2019, zdroj dostupný z:

<https://vetrani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/28-vnitri-vypoctove-teploty-dle-csn-en-12831-a-doporucene-relativni-vlhkosti-vzduchu-dle-csn-06-0210>

[8] - Ing. Vladimír Zmrhal, Ph.D.: Požadavky na větrání obytných budov dle ČSN EN 15 665/Z1, [online], 12/2019, zdroj dostupný z:

<https://vetrani.tzb-info.cz/normy-a-pravni-predpisy-vetrani-klimatizace/8239-pozadavky-na-vetrani-obytnych-budov-dle-csn-en-15-665-z1>

[9] - Uživatelská příručka Spiroll, [online], 12/2019, zdroj dostupný z:

[https://www.prefa.cz/en/wp-content/uploads/2016/06/PREFA\\_Prirucka\\_SPIROLL\\_2017\\_WEB-1-1.pdf](https://www.prefa.cz/en/wp-content/uploads/2016/06/PREFA_Prirucka_SPIROLL_2017_WEB-1-1.pdf)

[10] - Operační program Rozvoj lidských zdrojů, E-learningové prvky pro podporu výuky odborných a technických předmětů, Číslo projektu: CZ.O4.01.3/3.2.15.2/0326: Obvodové pláště budov, [online], 12/2019, zdroj dostupný z:

<http://fast10.vsb.cz/studijni-materialy/ps3/2.html>

[11] - Cihly Porotherm, [online], 12/2019, zdroj dostupný z:

<https://www.wienerberger.cz/produkty/zdivo/cihly-porotherm/>

[12] - Tepelněizolační tvárnice Lambda YQ, [online], 12/2019, zdroj dostupný z:

<https://www.ytong.cz/tepelneizolacni-tvarnice-lambda-yq.php>

[13] - Zateplovací systémy ETICS, [online], 12/2019, zdroj dostupný z:

<https://stavba.tzb-info.cz/zateplovaci-systemy/303-zateplovaci-systemy-etics>

[14] - Odvětraná fasáda - ideální kabát budov, [online], 12/2019, zdroj dostupný z:

<https://stavba.tzb-info.cz/izolace-strechy-fasady/112866-odvetrana-fasada-idealni-kabat-budov>

[15] - Roman Šnajdr: Lehké obvodové pláště: prosklené fasády, [online], 12/2019, zdroj dostupný z:

<https://www.sipral.cz/dt/c50b7b69d1.pdf>

[16] - Ing. Roman Zahradnický: Lehké obvodové pláště – požadavky a navrhování, [online], 12/2019, zdroj dostupný z:

[https://www.imaterialy.cz/rubriky/legislativa/lehke-obvodove-plaste-pozadavky-a-navrhovani\\_42485.html](https://www.imaterialy.cz/rubriky/legislativa/lehke-obvodove-plaste-pozadavky-a-navrhovani_42485.html)

[17] - Technický list - nosný rošt DEKMETAL DKM2A, [online], 12/2019, zdroj dostupný z:

<https://dekmetal.cz/data/files/tl19-nosny-rost.pdf>

[18] - Envimat - Environmentální parametry materiálů, [online], 12/2019, zdroj dostupný z:  
<http://www.envimat.cz/materialy/>

[19] - Hliníková okna EXCLUSIV HI 77, [online], 12/2019, zdroj dostupný z:  
<https://www.okna.eu/exclusiv-hi-77>

[20] - Excel pro výpočet měrné potřeby tepla, [online], 12/2019, zdroj dostupný z:  
<http://kps.fsv.cvut.cz/index.php?lmut=cz&part=vyuka&sub=obor&type=o-b&kod=124SPB1>

[21] - Produkce tepla a vodní páry od lidí, [online], 12/2019, zdroj dostupný z:  
<https://www.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/61-produkce-tepla-a-vodni-pary-od-lidi>

[22] - Ing. Michal Duška, Ph.D., prof. Ing. František Drkal, CSc., Ing. Miloš Lain, Ph.D.:  
Tepelné zisky z vnitřních vybavení administrativních budov, [online], 12/2019, zdroj  
dostupný z:  
<https://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/2566-tepelne-zisky-z-vnitrnich-vybaveni-administrativnich-budov>

[23] - Excel pro výpočet letního přehřívání, [online], 12/2019, zdroj dostupný z:  
<http://kps.fsv.cvut.cz/index.php?lmut=cz&part=vyuka&sub=obor&type=o-b&kod=124DRS&cviceni=34>

[24] - Venkovní žaluzie Cetta 65, [online], 12/2019, zdroj dostupný z:  
<https://www.zaluzie24.eu/venkovni-zaluzie-cetta-65>

[25] - Větrací jednotky Atrea Duplex EC5, ECV5, [online], 12/2019, zdroj dostupný z:  
[https://www.atrea.cz/img/obytno/duplex\\_ec5\\_cz/duplex\\_ec5\\_cz\\_2016\\_04.pdf](https://www.atrea.cz/img/obytno/duplex_ec5_cz/duplex_ec5_cz_2016_04.pdf)

[26] - Větrací jednotky Atrea Duplex 500 až 11000Multi, [online], 12/2019, zdroj dostupný z:  
[https://www.atrea.cz/img/jednotky/duplex\\_multi\\_cz/duplex\\_500\\_11000\\_multi\\_cz\\_2018\\_03.pdf](https://www.atrea.cz/img/jednotky/duplex_multi_cz/duplex_500_11000_multi_cz_2018_03.pdf)

[27] - doc. Dr. Ing. Zbyněk Svoboda: freeware Teplo 2017 EDU, [online], 12/2019, zdroj  
dostupný z:  
<http://kps.fsv.cvut.cz/index.php?lmut=cz&part=people&id=52&sub=369>