

**ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE**

**KATEDRA TECHNOLOGIE
STAVEB**



**DIPLOMOVÁ PRÁCE
OPTIMALIZACE NÁVRHU
REKONSTRUKCE BD REZIDENCE
ROZMARÝNA**

2021

**BC. BOHUSLAV RIEGER
VEDOUČÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE
ING. JAROSLAV SYNEK, PH.D.**

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Rieger Jméno: Bohuslav Osobní číslo: 468364
 Zadávací katedra: K122 - Katedra technologie staveb
 Studijní program: Stavební inženýrství
 Studijní obor: L - Příprava, realizace a provoz staveb

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Optimalizace návrhu rekonstrukce BD Rezidence Rozmarýna
 Název diplomové práce anglicky: Optimization of the reconstruction proposal for the BD Residence Rozmarýna

Pokyny pro vypracování:
 - Kontrola původního návrhu v oblasti PENB, PBR a stavebně technologického řešení
 - Vypracování alternativního návrhu zaměřeného na uvedené oblasti
 - Porovnání a zhodnocení obou alternativ

Seznam doporučené literatury:
 - ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky
 - ČSN EN ISO 6946 Stavební prvky a stavební konstrukce - Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla - Výpočtové metody
 - ČSN 73 1901-1 Navrhování střech - Část 1: Základní ustanovení
 - SMĚRNICE ČHS 01: HYDROIZOLAČNÍ TECHNIKA - OCHRANA STAVEB A KONSTRUKCÍ PŘED NEŽÁDOUCÍM PŮSOBENÍM VODY A VLHKOSTI
 - Jarský Č., Musil F., Svoboda P., Motyčka V., Černý J., Technologie staveb II - Příprava a realizace staveb, CERM Bron 2003
 - Jarský Č., a kol.: Příprava a realizace staveb, multimediální učebnice, FSv ČVUT Praha 2004

Jméno vedoucího diplomové práce: Ing. Jaroslav Synek, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce: 24.09.2021 Termín odevzdání diplomové práce: 02.01.2022
Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

_____ Podpis vedoucího práce _____ Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutně 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“.

_____ Datum převzetí zadání

_____ Podpis studenta(ky)

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předkládanou diplomovou práci vypracoval samostatně pouze za použití pramenů a odborné literatury uvedených v seznamu citované literatury.

V Praze dne

.....

Bc. Bohuslav Rieger

Poděkování

Děkuji Ing. Jaroslavu Synkovi, Ph.D. za vedení mé diplomové práce a za věcné připomínky při konzultacích, které mi napomohly k jejímu dokončení.

Anotace

Předmětem diplomové práce je zpracování optimalizace návrhu rekonstrukce bytového domu Rezidence Rozmarýna v České Třebové. Autor se zabývá kontrolou původního návrhu z hlediska tepelné techniky, požární techniky a stavebně-technologického řešení. Hlavním cílem práce je kontrola původního návrhu ve výše uvedených oblastech a následné vypracování alternativního optimalizovaného návrhu. Důraz je kladen především na minimalizaci finančních, časových a technologických nároků, a to při zachování požadované třídy energetické náročnosti budovy. Součástí je i porovnání původního a optimalizovaného návrhu.

Klíčová slova:

- Střešní plášť
- Průkaz energetické náročnosti budovy
- Součinitel prostupu tepla
- Tepelný odpor materiálu
- Plochá střecha
- Hydroizolace
- Obálka budovy

Anotation

The subject of the thesis is the processing of the optimization of the design of the reconstruction of the apartment building of the Residence Rozmarýna in České Třebová. The author examines the original design in terms of thermal engineering, fire engineering and construction-technology solutions. The main objective of the work is to check the original proposal in the above areas and then develop an alternative optimized proposal. The main focus is on minimizing financial, time and technological demands, while maintaining the required energy performance class of the building. Comparison of original and optimized design is also included.

Klíčová slova:

- Roof deck
- Energy Performance Certificates
- Heat transfer coefficient
- Thermal resistance
- Flat roof
- Hydroisolation
- Building envelope

Obsah:

ÚVOD	11
1. TEORETICKÁ ČÁST	12
1.1. TEPELNĚ-TECHNICKÉ POŽADAVKY NA OBÁLKU BUDOV	12
1.1.1. STANOVENÍ PARAMETRŮ VNĚJŠÍHO A VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ	12
A. PARAMETRY VNĚJŠÍHO PROSTŘEDÍ	12
B. PARAMETRY VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ	12
1.1.2. SOUČINITEL TEPELNÉ VODIVOSTI	14
1.1.3. TEPELNÝ ODPOR	14
1.1.4. SOUČINITEL PROSTUPU TEPLA	15
1.1.5. MĚRNÝ TEPELNÝ TOK PROSTUPEM TEPLA	19
1.1.6. VÝPOČET SOUČINITELE PROSTUPU TEPLA PLOCHÉ STŘECHY SE ZKOSENOU TEPELNOU IZOLACÍ	19
1.1.7. ZKONDENZOVANÉ MNOŽSTVÍ PÁRY VE STŘEŠE	20
1.1.8. NEJNIŽŠÍ VNITŘNÍ POVRCHOVÁ TEPLOTA	21
1.1.9. PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY	22
KONCEPT PRŮKAZU ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI	22
UKAZATELE ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI	22
1.2. POŽÁRNÍ BEZPEČNOST STAVEB	24
1.2.1. LEGISLATIVNÍ PŘEDPISY	24
1.2.2. POŽÁRNÍ ODOLNOST KONSTRUKCÍ A JEJICH DRUH	27
1.3. TECHNOLOGIE PLOCHÝCH STŘECH	31
1.3.1. ZÁKLADNÍ POŽADAVKY PŘI NAVRHOVÁNÍ A PROVÁDĚNÍ STŘECH	31
A. MECHANICKÁ ODOLNOST A STABILITA	31
B. POŽÁRNÍ BEZPEČNOST	31
C. OCHRANA ZDRAVÍ OSOB, ZVÍŘAT, ZDRAVÝCH ŽIVOTNÍCH PODMÍNEK A ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ	31
D. OCHRANA PROTI HLUKU	32
E. BEZPEČNOST PŘI UŽÍVÁNÍ	32
F. ÚSPORA ENERGIE A TEPELNÁ OCHRANA	32
G. TRVANLIVOST STŘECH	33
H. SPOLEHLIVOST STŘECH	33
I. DALŠÍ POŽADAVKY	33
2. PRAKTICKÁ ČÁST	34
2.1. POPIS ŘEŠENÉHO OBJEKTU	34
2.1.1. KLIMATICKÉ PODMÍNKY	37
2.2. TEPELNĚ-TECHNICKÉ POSOUZENÍ KONSTRUKCÍ	38
2.2.1. STÁVAJÍCÍ KONSTRUKCE	38
A. SKLADBA OBVODOVÉ KONSTRUKCE	38
B. SKLADBA PODLAHY PŘILEHLÉ K ZEMINĚ	40
C. SKLADBA STŘEŠNÍ KONSTRUKCE	41
D. OKENNÍ A DVEŘNÍ VÝPLNĚ VE VNĚJŠÍ STĚNĚ	43
2.2.2. NAVRŽENÉ SKLADBY KONSTRUKCÍ	44

A. NOVÁ SKLADBA OBVODOVÉ KONSTRUKCE	44
B. NAVRŽENÁ SKLADBA STROPNÍCH KONSTRUKCÍ	45
C. NAVRŽENÁ SKLADBA PODLAHY PŘÍLEHLÉ K ZEMINĚ	46
D. NAVRŽENÁ SKLADBA STŘEŠNÍ KONSTRUKCE	47
E. OKENNÍ A DVEŘNÍ VÝPLNĚ VE VNĚJŠÍ STĚNĚ	50
2.2.3. VYHODNOCENÍ NAVRŽENÝCH SKLADEB KONSTRUKCÍ.....	52
2.3. POROVNÁNÍ S NORMOU A PENB	53
2.3.1. ZÁVĚR Z POROVNÁNÍ	53
2.3.2. OPTIMALIZACE PLOCHÉ STŘECHY	55
2.3.3. NORMOVÝ VÝPOČET PLOCHÉ STŘECHY	55
2.3.4. POSTUP VÝPOČTU DLE ČSN EN ISO 6946	56
A. ROZDĚLENÍ STŘEŠNÍ SKLADBY NA JEDNOTLIVÉ PRVKY	56
B. VÝPOČET VÝŠKOVÝCH PARAMETRŮ PRVKŮ	58
C. VÝPOČET TEPELNÉHO ODPORU PRVKŮ.....	60
D. VÝPOČET SOUČiniteLE PROSTUPU TEPLA	63
E. VÝSLEDNÉ HODNOTY DÍLČÍCH SOUČiniteLŮ PROSTUPU TEPLA	66
F. VÝPOČET PRŮMĚRNÉHO SOUČiniteLE PROSTUPU TEPLA KONSTRUKCÍ	67
2.3. OPTIMALIZOVANÝ NÁVRH NOvé SKLADBY PLOCHÉ STŘECHY	69
2.3.1. POSTUP VÝPOČTU DLE ČSN EN ISO 6946	71
A. ROZDĚLENÍ STŘEŠNÍ SKLADBY NA JEDNOTLIVÉ PRVKY	71
B. VÝPOČET VÝŠKOVÝCH PARAMETRŮ PRVKŮ	73
B. VÝPOČET TEPELNÉHO ODPORU PRVKŮ.....	75
C. VÝPOČET TEPELNÝCH ODPORŮ ZKOSENÉ VRSTVY TEPELNÉ IZOLACE:	76
D. VÝPOČET SOUČiniteLE PROSTUPU TEPLA	78
2.3.2. PŘESNÝ VÝPOČET SOUČiniteLE PROSTUPU TEPLA VNĚJŠÍCH OTVORŮ	84
2.3.3. POSTUP VÝPOČTU	85
A. ROZDĚLENÍ OKENNÍCH VÝPLNÍ TYPu 6 A 7 NA JEDNOTLIVÉ PRVKY	85
B. VÝPOČET SOUČiniteLE PROSTUPU TEPLA OKENNÍ VÝPLNÍ TYPu 6 A 7	86
C. ROZDĚLENÍ OKENNÍCH VÝPLNÍ TYPu 8, 9 A 11 NA JEDNOTLIVÉ PRVKY	87
D. VÝPOČET SOUČiniteLE PROSTUPU TEPLA OKENNÍ VÝPLNÍ TYPu 8,9 A 11	88
2.3.4. PŘESNÝ VÝPOČET SOUČiniteLE PROSTUPU TEPLA VNĚJŠÍ STĚNY	89
2.3.5. POSTUP VÝPOČTU	89
A. VÝPOČET TEPELNÝCH ODPORŮ JEDNOTLIVÝCH VRSTEV	89
B. VÝPOČET SOUČiniteLE PROSTUPU TEPLA KONSTRUKCE	90
2.3.6. OVĚŘENÍ VYPOČítANÝCH HODNOT SOUČiniteLŮ PROSTUPU TEPLA KONSTRUKCEMI.....	91
2.4. PŘEPOČET PLOCH VÝPLNÍ OTVORŮ	95
2.4.1. OPTIMALIZACE SKLADBY VNĚJŠÍ STĚNY	97
2.5. ZÁVĚR OPTIMALIZACE KONSTRUKCÍ	98
2.6. POŽÁRNĚ BEZPEČNOSTNÍ ŘEŠENÍ	100
2.7. KOMPLETNÍ OPTIMALIZOVANÁ SKLADBA PLOCHÉ STŘECHY	102
2.7.1. VÝPOČET A POROVNÁNÍ NÁKLADŮ NA REALIZACI PLOCHÉ STŘECHY	103
3. TECHNOLOGIE PROVEDENÍ PLOCHÉ STŘECHY	106
A.PŘEVZETÍ STAVENIŠTĚ	106

B. MATERIÁL, DOPRAVA, SKLADOVÁNÍ.....	106
PRACOVNÍCI	111
C. TECHNOLOGICKÝ POSTUP	112
3.1. BOURÁNÍ.....	112
3.2. PŘÍPRAVA POVRCHU	113
3.3. POJISTNÁ HYDROIZOLACE	113
3.4. OSAZENÍ STŘEŠNÍCH DOPLŇKŮ	114
3.5. SPÁDOVÁ KONSTRUKCE	116
3.6. TEPELNÁ IZOLACE KONSTANTNÍ	117
3.7. SEPARAČNÍ VRSTVA	118
3.8. HLAVNÍ HYDROIZOLACE	119
3.9. OCHRANNÁ VRSTVA.....	122
3.10. STABILIZAČNÍ VRSTVA	123
3.11. ZKOUŠKY JEDNOTLIVÝCH VRSTEV	123
3.12. NAKLÁDÁNÍ S ODPADY	125
3.13. EKOLOGICKÉ DOPADY	126
3.14. HARMONOGRAM PROVÁDĚNÍ PLOCHÉ STŘECHY	127
4. ZÁVĚR	128
4.1. SOUPIS POUŽITÝCH TABULEK	130
4.2. SOUPIS POUŽITÝCH OBRÁZKŮ	131
4.3. SOUPIS POUŽITÉ LITERATURY A CITACÍ.....	133
PŘÍLOHY	136
A. MICROSOFT EXCEL S PROVEDENÝMI VÝPOČTY	136
B. DOKUMENTACE DSP, PŮDORYSY, VÝKRES STŘECHY, ŘEZY	136
C. PROTOKOLY JEDNOTLIVÝCH KONSTRUKCÍ TEPLA 2011	136

Legislativa

ČSN 73 1901-1	Navrhování střech – Část 1: <i>Základní ustanovení</i>
ČSN 73 1903-3	Navrhování střech – Část 3: <i>Střechy s povlakovými hydroizolacemi</i>
ČSN 73 0540	Tepelná ochrana budov – Část 2: <i>Požadavky</i>
ČSN EN ISO 6946	Stavební prvky a stavební konstrukce – <i>Výpočtové metody</i>
ČSN 73 0802	Požární bezpečnost staveb – <i>Nevýrobní objekty</i>
ČSN P 73 0600	Hydroizolace staveb – <i>Základní ustanovení</i>
ČSN 73 0810	Požadavky na požární odolnost stavebních konstrukcí
ČSN 73 0834:2011	Požární bezpečnost staveb – <i>Změny staveb</i>

Úvod

Téma diplomové práce, tedy optimalizace konstrukcí bytové Rezidence Rozmarýna, jsem si zvolil, protože jsem se jím intenzivně zabýval v praxi. Dalším přínosem této práce je i využití vytvořeného komplexního postupu optimalizace obálek budov, který lze dále uplatnit i pro další projekty. V rámci projektu bylo mým úkolem provádět kontroly a optimalizovat konstrukce a skladby navržené projektantem. Při těchto optimalizacích je kladen důraz především na proveditelnost, funkčnost a snížení nákladů na realizaci a údržbu. Tato diplomová práce se zabývá optimalizací konstrukcí výhradně v obálce budovy, a to hlavně v oblasti ploché střechy. Obálku budovy budu posuzovat také z pohledu požární bezpečnosti staveb. Následně popíšu i postup realizace optimalizované skladby ploché střechy.

Diplomová práce je rozčleněna do dvou hlavních částí, části teoretické a části praktické. V teoretické části budou uvedeny technické požadavky na vlastnosti jednotlivých konstrukcí obálky budovy a dále i popis nového návrhu ploché střechy se základními požadavky.

Praktická část je rozčleněna na tři hlavní kapitoly. V první kapitole praktické části popisují řešenou budovu a kapitola obsahuje také výpočty tepelně-technických vlastností stávajících a navržených skladeb. Vypočtené tepelně-technické parametry následně porovnávám s požadavky norem. Po zjištění těchto parametrů jsem navrhl vhodnou optimalizaci, kterou jsem ověřil výpočty.

V druhé kapitole praktické části se zabývám požárně bezpečnostním řešením obálky budovy. Jednotlivé navržené konstrukce porovnávám s požadavky norem.

V třetí kapitole teoretické části se zaměřuji na postup provádění ploché střechy. Její součástí je mnou vytvořený technologický postup a časový harmonogram pro optimální provedení ploché střechy.

1. TEORETICKÁ ČÁST

1.1. Tepelně-technické požadavky na obálku budov

1.1.1. Stanovení parametrů vnějšího a vnitřního prostředí

A. Parametry vnějšího prostředí

Určení parametrů vnějšího prostředí v posuzované lokalitě je prvním krokem jak při návrhu jednotlivých prvků obalových konstrukcí budovy, tak i při hodnocení energetických kvalit objektu. Základními klimatickými prvky jsou z tohoto pohledu teplota a vlhkost vzduchu (4)

V rámci tepelně-technických výpočtů se používají průměrné parametry vnějšího ovzduší, extrémní hodnoty se používají pro potřeby technicko fyzikální analýzy, např. pro stanovení extrémních hodnot napětí od nesilového zatížení v obvodových konstrukcích. (4)

B. Parametry vnitřního prostředí

Výpočtová vnitřní teplota O_1 a relativní vlhkost vnitřního vzduchu F_i závisí především na účelu a užití objektu. Zatímco u bytových a občanských staveb je obvykle hlavním kritériem pro stanovení parametrů vnitřního vzduchu zajištění pohody vnitřního prostředí určovány převážně na základě provozních či technologických požadavků. V případě že parametr vnitřního prostředí jsou normativně nebo jiným závazným způsobem stanoveny, nebo ve sporných případech, je rozhodující požadavek investora. (4)

TABULKA Č. 1 – HODNOTY PARAMETRŮ VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ PRO OBYTNÉ BUDOVY. VNITŘNÍ VÝPOČTOVÉ TEPLoty DLE ČSN EN 12831 A DOPORUČENÉ RELATIVNÍ VLHKOSTI VZDUCHU DLE ČSN 06 0210 (17)

Druh vytápěné místnosti		Výpočtová vnitřní teplota t _i (°C)	Relativní vlhkost vzduchu F _i (%)
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	15	60
	Vytápěné schodiště	10	60

1.1.2. Součinitel tepelné vodivosti

Součinitel tepelné vodivosti vyjadřuje schopnost stejnorodého materiálu při dané střední teplotě vést teplo. Má označení λ a jednotkou je W/mK.

Součinitel tepelné vodivosti je přímo závislí na více faktorech, např. na vlhkosti objemové hmotnosti, střední teplotě, tloušťce materiálu. (1)

Součinitel tepelné vodivosti λ je obecně velmi důležité kritérium pro porovnání kvality tepelných izolací. Udává, jak materiál vede teplo. Čím je hodnota nižší, tím je kvalita tepelné izolace vyšší a teplo uniká přes takový materiál pomaleji. (2)

1.1.3. Tepelný odpor

Tepelný odpor vyjadřuje, jakou plochou konstrukce a při jakém rozdílu teplot na jejích površích dojde k přenosu 1 Wattu, čili k přenosu energie o velikosti 1 J za 1 sekundu. Má označení R a jednotku [m²·K/W]. Tepelný odpor (thermal resistance) je tepelněizolační vlastnost vrstvy materiálu, popř. nestejnorodé vrstvy materiálu, popř. stavební konstrukce dané tloušťky. Je-li známa hodnota součinitele tepelné vodivosti vrstvy materiálu a je-li konstantní, povrchy kolmé na směr tepelného toku jsou vzájemně rovnoběžné (planparalelní vrstva) a vrstvou tak proudí rovnoměrný tepelný tok, je tepelný odpor definován vztahem (3):

$$R = \frac{d}{\lambda}$$

Kde je

d – tloušťka vrstvy v konstrukci (m)

λ – součinitel tepelné vodivosti (W/mK)

Tepelný odpor konstrukce je roven součtu tepelných odporů jednotlivých (planparalelních) vrstev, ze kterých je konstrukce složena:

$$R = \sum R_j$$

Kde je

R_j – tepelný odpor j-té vrstvy konstrukce ($\text{m}^2\text{K/W}$)

Tepelný odpor j-té vrstvy konstrukce je stanoven ze vztahu:

$$R_j = \frac{d_j}{\lambda_j}$$

Kde je

d_j – tloušťka j-té vrstvy v konstrukci (m)

λ_j – součinitel tepelné vodivosti j-té vrstvy (W/mK)

1.1.4. Součinitel prostupu tepla

Součinitel prostupu tepla je základní tepelně-technickou veličinou, vyjadřující tepelně-izolační schopnosti stavebních konstrukcí.

Na povrchu stavební konstrukce v mezní vrstvě dochází k výměně tepla mezi konstrukcí a okolním prostředím. Tuto výměnu tepla nazýváme přestupem tepla a dochází k ní jak na vnitřním, tak i vnějším povrchu konstrukce, takže rozlišujeme součinitel přestupu tepla na vnitřním, eventuelně na vnějším povrchu. K přestupovým jevům dochází na základě proudění vzduchu na povrchu konstrukce a sáláním mezi povrchem konstrukce a okolními tělesy (stěnami, budovami apod.).

Další veličinou, která souvisí s prostupem tepla konstrukcí, je tepelný odpor při prostupu tepla R_T , který se pro obecnou konstrukci určí ze vztahu:

$$R_T = R_{si} + \sum R_j + R_{se}$$

Kde je

R_T – odpor při prostupu tepla konstrukcí ($\text{m}^2\text{K/W}$)

R_{si} – odpor při prostupu tepla na vnitřní straně konstrukce ($\text{m}^2\text{K/W}$)

R_{se} – odpor při prostupu tepla na vnější straně konstrukce (m^2K/W)

Samotný součinitel prostupu tepla se spočítá ze vztahu:

$$U = \frac{1}{R_T}$$

Kde je

U – součinitel prostupu tepla konstrukcí (W/m^2K)

R_T – odpor při prostupu tepla konstrukcí (m^2K/W)

TABULKA Č. 2 – SOUČINITELE PROSTUPU TEPLA DLE ČSN 73 0540-2:2011 TEPELNÁ OCHRANA BUDOV – ČÁST 2: POŽADAVKY (18)

Požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla pro budovy s převládající návrhovou vnitřní teplotou θ_{im} v intervalu 18 °C až 22 °C včetně

Popis konstrukce	Součinitel prostupu tepla [W/(m ² ·K)]		
	Požadované hodnoty $U_{N,20}$	Doporučené hodnoty $U_{rec,20}$	Doporučené hodnoty pro pasivní budovy $U_{pas,20}$
Stěna vnější	0,30 ¹⁾	těžká: 0,25 lehká: 0,20	0,18 až 0,12
Střecha strmá se sklonem nad 45°	0,30	0,20	0,18 až 0,12
Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45° včetně	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 ¹⁾	těžká: 0,25 lehká: 0,20	0,18 až 0,12
Podlaha a stěna vytápěného prostoru přilehlá k zemině ^{4), 6)}	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 ⁶⁾	0,85	0,60	0,45 až 0,30
Stěna mezi sousedními budovami ³⁾	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	

TABULKA Č. 3 – POKRAČOVÁNÍ TABULKY Č. 2 (18)

Popis konstrukce	Součinitel prostupu tepla [W/(m ² ·K)]		
	Požadované hodnoty U _{N,20}	Doporučené hodnoty U _{rec,20}	Doporučené hodnoty pro pasivní budovy U _{pas,20}
Výplň otvoru ve vnější stěně a strmé střeše, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří	1,5 ²⁾	1,2	0,8 až 0,6
Šikmá výplň otvoru se sklonem do 45°, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí	1,4 ⁷⁾	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 ² /m ² , kde A je celková plocha lehkého obvodového pláště (LOP), v m ² ; A _w plocha průsvitné výplně otvoru sloužící převážně k osvětlení interiéru včetně příslušných částí rámu v LOP, v m ² .	$f_w \leq 0,5$	0,3 + 1,4·f _w	0,2 + f _w 0,15 + 0,85·f _w
	$f_w > 0,5$	0,7 + 0,6·f _w	
Kovový rám výplně otvoru	-	1,8	1,0
Nekovový rám výplně otvoru ⁵⁾	-	1,3	0,9-0,7
Rám lehkého obvodového pláště	-	1,8	1,2

Poznámky

- 1) Pro jednovrstvé zdivo se nejpozději do 31.12.2012 připouští hodnota 0,38 W/(m²·K).
- 2) Nejpozději do 31.12.2012 se připouští hodnota 1,7 W/(m²·K).
- 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.
- 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.
- 5) Platí i pro rámy využívající kombinace materiálů, včetně kovových, jako jsou například dřevo-hliníkové rámy.
- 6) Odpovídá výpočtu součinitele prostupu tepla podle ČSN 73 0540-4 (tj. bez vlivu zeminy), nikoli výslednému působení podle ČSN EN ISO 13370.
- 7) Nejpozději do 31.12.2012 se připouští hodnota 1,5 W/(m²·K).

1.1.5. Měrný tepelný tok prostupem tepla

Měrný tepelný tok prostupem tepla je jednotkový tepelný tok ve směru klesajícího gradientu, a to přímým prostupem, prostupem přes nevytápěné zóny, prostupem přes konstrukce přilehlé k zemině a obklopující budovu a do přilehlé zóny vytápěné (chlazené na jinou teplotu).

Měrný tepelný tok prostupem tepla H_t je vztažen k prostupu tepla plošnou konstrukcí, lineárním tepelným mostem/tepelnou vazbou nebo bodovým tepelným mostem. Zjednodušeně se měrný tepelný tok spočítá ze vztahu (5):

$$H_t = A_j \times U_j$$

Kde je

H_t – měrný tepelný tok prostupem tepla (W/K)

A_j – plocha konstrukce (m²)

U_j – součinitel prostupu tepla konstrukce (W/m²K)

1.1.6. Výpočet součinitele prostupu tepla ploché střechy se zkosenou tepelnou izolací

Pokud je v konstrukci střechy přítomna vrstva s proměnnou tloušťkou izolace a změny v tloušťce ovlivní hodnotu součinitele prostupu tepla, pak se součinitel prostupu tepla mění po ploše konstrukce. Proměnný součinitel prostupu tepla je možno nahradit jedinou hodnotou získanou integrací proměnné hodnoty přes celou plochu konstrukce.

Změny v tloušťce tepelně-izolačních vrstev je potřeba ve výpočtu součinitele prostupu tepla zohlednit. ČSN EN ISO 6946 uvádí v příloze C výpočtovou metodu pro zkosené vrstvy složené z rovinných klínovitých ploch a postup výpočtu. (6)

1.1.7. Zkondenzované množství páry ve střeše

Při návrhu podkrovních prostor je mimořádně důležité zvolit vhodnou skladbu z hlediska vlhkostního režimu. Pokud se toto nepodaří úspěšně zvládnout, střecha je postižena trvalou poruchou, kterou obvykle nelze odstranit jinak než výměnou celé konstrukce nebo zásadní rekonstrukcí. (7)

Základním předpokladem je také neporušená parozábrana na spodní části střešní konstrukce. V souladu s ČSN 73 0540 Tepelná ochrana budov by měl být střešní plášť navržen rovněž tak, aby v něm nedocházelo ke kondenzaci vodní páry. Tento požadavek je však splněn pouze za toho předpokladu, že každém místě střešního pláště je po celý rok částečný tlak vodních par nižší než tlak nasycených vodních par při dané teplotě. Empirickým předpokladem je řazení vrstev střešního pláště tak, aby se při jeho vnitřním povrchu nacházely vrstvy s nejvyšším difúzním odporem a směrem k vnějšímu povrchu se difúzní odpor snižoval. Praktické uplatnění této zásady je však velmi problematické, zvláště u jednoplášťových střech (s výjimkou střech s opačným pořadím vrstev).

Proto ČSN 73 0540 Tepelná ochrana budov za určitých předpokladů určité množství kondenzace vodních par ve střešním plášti připouští. Připouští-li se však kondenzace ve střešním plášti, je nutné zajistit, aby při zpětné přeměně kondenzátu do plynného skupenství měly vzniklé vodní páry možnost se ze střešního pláště odpařit do vnějšího ovzduší. (8)

Dle ČSN 73 0540 (2011) musí platit

$$M_c < M_{cv}$$

M_c ...je roční množství zkondenzované vodní páry (kg/(m².a))

M_{cv} ...je roční množství vypařitelné vodní páry (kg/(m².a))

Současně však platí pro jednoplášťové střechy, že M_c je menší nebo rovno 0,1 (kg/(m².a)). Pro ostatní střechy, že M_c je menší nebo rovno 0,5 (kg/(m².a)).

Tento požadavek platí pro všechny konstrukce (tedy i střechy) u novostaveb. U rekonstrukcí jednoplášťových střech je pouze doporučený. (9)

1.1.8. Nejnižší vnitřní povrchová teplota

Nejnižší vnitřní povrchová teplota hodnotí rizika vniku plísní a hnilob na vnitřním povrchu konstrukce. Klesnutím vnitřní povrchové teploty pod teplotu rosného bodu, jsou splněny podmínky pro výskyt kondenzace vodní páry na vnitřním povrchu konstrukce. Tento jev nastává především v zimním období, kdy je venkovní teplota nejnižší.

Normové požadavky na hodnoty nejnižší vnitřní povrchové teploty stanoví ČSN 73 0540–2. Jedná se o veličinu, která je na rozdíl od vnitřní povrchové teploty vlastností konstrukce a nezávisí na působících teplotách. Jsou zvlášť stanoveny pro neprůsvitné konstrukce (stěny, stropy, střechy) a zvlášť pro průhledové konstrukce (okna, dveře, osvětlovací části zasklených obvodových plášťů).

Za hranici vyloučení vzniku plísní je pokládána relativní vlhkost 80 %. Pokud je vlhkost dlouhodobě vyšší, riziko vniku plísní se zvyšuje, pokud je naopak nižší, tak je vznik plísní prakticky vyloučen. Kritická povrchová relativní vlhkost pro vyloučení povrchové kondenzace je 100 % - při nižších vlhkostech ke kondenzaci vodní páry na povrchu konstrukce nedochází. (10)

1.1.9. Průkaz energetické náročnosti budovy

Koncept průkazu energetické náročnosti

Zaveden je pojem „referenční budova“. Referenční budova je výpočtově definovaná budova téhož druhu, stejného geometrického tvaru a velikosti včetně prosklených ploch a částí, stejné orientace ke světovým stranám, stínění okolní zástavbou a přírodními překážkami, stejného vnitřního uspořádání, se stejným typickým užíváním, se stejnými uvažovanými klimatickými údaji jako hodnocená budova, avšak s referenčními hodnotami vlastností budovy, jejích konstrukcí a technických systémů budovy.

Referenční budova a hodnocená budova se porovnávají. Dosahuje-li hodnocená budova lepších parametrů než budova referenční, spadá do kategorie hodnocení "C", popřípadě "B" a "A". Naopak, horší parametry hodnocené budovy oproti referenční znamenají kategorii "D", popřípadě "E, F" a "G".

Vzor průkazu je uveden v příloze č. 4 k Vyhlášky 78/2013 Sb. o energetické náročnosti budov. Nedílnou součástí je i grafická část, kde jsou všechny vypočtené údaje souhrnně zobrazeny, viz příloha obrázek 2 a 3. (11)

Ukazatele energetické náročnosti

Energetická náročnost je definována následujícími ukazateli:

- Celková primární energie za rok
- Neobnovitelná primární energie za rok
- Celková dodaná energie za rok
- Dílčí dodané energie pro technické systémy
- Průměrný součinitel prostupu tepla
- Součinitele prostupu tepla jednotlivých konstrukcí na systémové hranici
- Účinnost technických systémů

PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

vydáný podle zákona č. 486/2000 Sb., o hospodáření energií, a vyhlášky č. xxx/2012 Sb., o energetické náročnosti budov

Ulice, číslo: _____

PSČ, místo: _____

Typ budovy: _____

Plocha obálky budovy: _____ m²

Objemový faktor tvaru A/V: _____ m³/m³

Celková energeticky vztažená plocha: _____ m²

FOTO

ENERGETICKÁ NÁROČNOST BUDOVY

Celková dodaná energie (Energie na vstupu do budovy)		Neobnovitelná primární energie (Vliv provozu budovy na životní prostředí)	
Měrné hodnoty kWh/(m ² ·rok)			
A Mimořádně úsporná	Dop.	A	Dop.
B Velmi úsporná	XXX	B	XXX
C Úsporná	_____	C	_____
D Méně úsporná	_____	D	_____
E Neúsporná	_____	E	_____
F Velmi neúsporná	_____	F	_____
G Mimořádně neúsporná	_____	G	_____
Hodnoty pro celou budovu MWh/rok	XX,X		XX,X

OBRÁZEK Č. 1 – PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI STAVBY (11)


DOPORUČENÁ OPATŘENÍ

Opatření pro	Stanovena
Vnější stěny:	<input checked="" type="checkbox"/>
Okna a dveře:	<input checked="" type="checkbox"/>
Střechu:	<input checked="" type="checkbox"/>
Podlahu:	<input type="checkbox"/>
Vytápění:	<input checked="" type="checkbox"/>
Chlazení/klimatizaci:	<input type="checkbox"/>
Větrání:	<input checked="" type="checkbox"/>
Přípravu teplé vody:	<input type="checkbox"/>
Osvětlení:	<input checked="" type="checkbox"/>
Jiné:	<input type="checkbox"/>

Popis opatření je v protokolu průkazu a vyřazením jejich dopadu na energetickou náročnost je stanovenoříšnou doporučením

PODÍL ENERGOZDROJŮ NA DODANÉ ENERGII

Hodnoty pro celou budovu
MWh/rok



■ Energetika ze sítě - XX,X
■ Slunce a vn. prostředí - XX,X
■ Zemi ply - XX,X

UKAZATELE ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

	Obálka budovy U _{ext} W/m ² ·K	Dílčí dodané energie					Osvětlení
		Vytápění	Chlazení	Větrání	Úprava vlhkosti	Teplá voda	
		Měrné hodnoty kWh/(m ² ·rok)					
A Mimořádně úsporná	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.
B Velmi úsporná	_____	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.
C Úsporná	XXX	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.
D Méně úsporná	_____	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.
E Neúsporná	_____	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.
F Velmi neúsporná	_____	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.
G Mimořádně neúsporná	_____	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.
Hodnoty pro celou budovu MWh/rok	XX,X	XX,X	XX,X	XX,X	XX,X	XX,X	XX,X

Zpracovatel: _____ Osvědčení č.: _____

Kontakt: _____ Vyhотовeno dne: _____

Podpis: _____

OBRÁZEK Č. 2 – UKAZATELE ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI (11)

1.2. Požární bezpečnost staveb

1.2.1. Legislativní předpisy

Normové požadavky zahrnují celou problematiku požární bezpečnosti stavebních objektů a jejich realizace zasahuje do celého stavebního díla. Kromě požárního rizika se na návrhu požárních opatření podílí i požární odolnost stavebních konstrukcí. Požární odolnost nosných a dělících prvků může být v rámci prováděných zkoušek určena pomocí rozdílného mechanického působení, které jsou předmětem dalšího výkladu.

Hořlavost stavebních hmot:

V normách řady ČSN 73 08.. a v dalších navazujících dokumentech jsou splněny výrobky s třídami reakce na oheň podle následujících vztahů:

Třída reakce na oheň

Třída A1:

Výrobky třídy A1 nebudou přispívat k požáru v žádném jeho stádiu, z toho důvodu jsou automaticky považována za vyhovující všem požadavkům pro nižší třídy.

Třída A2:

Výrobky sice vyhovují kritériím EN 13823 jako pro třídu B, ale navíc nebudou za podmínek plně rozvinutého požáru významně přispívat ke kalorickému zatížení a tím i k dalšímu růstu požáru.

Třída B:

Jako u třídy C ale s přísnějšími požadavky.

Třída C:

Jako u třídy D, ale navíc při tepelném působení jednotlivého hořícího předmětu vykazují omezené rozšíření plamene.

Třída D:

Výrobky vyhovují kritériím pro třídu E a jsou schopné odolávat působení malého plamene po delší časový interval bez jeho významného rozšíření, kromě toho jsou též schopny odolávat působení tepla od jednotlivého hořícího předmětu za podstatného zpoždění a omezení uvolňování tepla.

Třída E:

Výrobky schopné odolávat působení malého plamene po krátký časový interval bez významného rozšíření plamene.

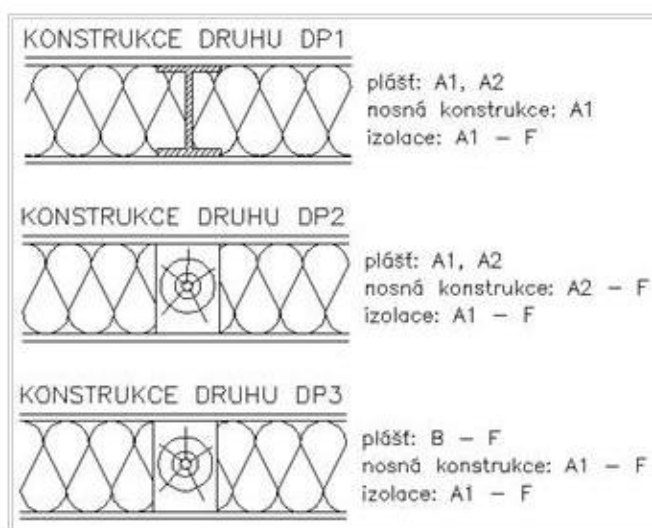
Třída F:

Výrobky, které nelze zařadit do žádné z předchozích kategorií.

Třídění konstrukčních částí

Jelikož konstrukce budov nemusejí a zpravidla nebývají tvořeny jedním materiálem, nelze je hodnotit třídou reakce na oheň.

Proto konstrukce dělíme do tří druhů DP1, DP2 a DP3. Při zatřídování konstrukcí do jednotlivých druhů se přihlíží k tomu, zda konstrukce při požáru přispívá k intenzitě požáru a zda její nosná část je či není z hořlavých materiálů.



OBRÁZEK Č. 3 – PŘÍKLADY KONSTRUKCÍ DRUHŮ DP1 AŽ DP3 (19)

Druh DP1 (do r. 2005 D1) – v požadované době požární odolnosti konstrukce NEPŘÍSPÍVÁ k nárůstu intenzity požáru při hoření a její nosná část NENÍ tvořena hořlavými hmotami, tedy NENÍ ohrožena stabilita a únosnost.

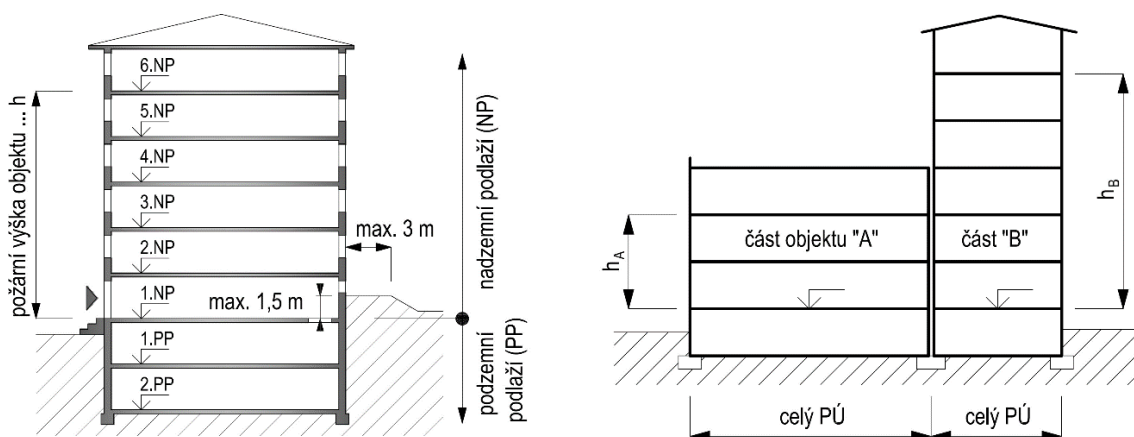
Druh DP2 (do r. 2005 D2) – v požadované době požární odolnosti konstrukce NEPŘÍSPÍVÁ k nárůstu intenzity požáru při hoření avšak její nosná část JE tvořena hořlavými hmotami, tedy JE ohrožena stabilita a únosnost.

Druh DP3 (do r. 2005 D3) – v požadované době požární odolnosti konstrukce PŘÍSPÍVÁ k nárůstu intenzity požáru při hoření a její nosná část JE tvořena hořlavými hmotami, tedy JE ohrožena stabilita a únosnost. (12)

Požární výška objektu

Požární výška objektu je důležitým vstupním údajem, od kterého se dále odvíjí požadavky na požární bezpečnost budovy a bývá často předmětem chybné interpretace. Za požární výšku tak často bývá nesprávně například uvažována výška od upraveného terénu či naopak výška po atiku či hřeben střechy.

Konstrukční systém omezuje požární výška. Požární výšku bereme od čisté podlahy 1. NP po čistou poslední užitného nadzemního podlaží.



OBRÁZEK Č. 4 – POŽÁRNÍ VÝŠKA OBJEKTU (20)

Nehořlavý konstrukční systém musí mít krom výjimek všechny nosné a požárně dělící konstrukce pouze druhu DP1. Budovy s nehořlavým konstrukčním systémem nejsou výškově omezeny.

Smíšený konstrukční systém má všechny svislé nosné a požárně dělící konstrukce druhu DP1. Vodorovné konstrukce smí být druhu DP2. Budova se smíšeným konstrukčním systémem lze postavit do požární výšky 22,5 m (tomu odpovídá výška maximálně 8 nadzemních podlaží).

Hořlavý konstrukční systém nespĺňuje podmínky pro výše zmíněné konstrukční systémy. Budovu s hořlavým konstrukčním systémem lze postavit do výšky 12 m (tomu odpovídá 5 nadzemních podlaží). (14)

1.2.2. Požární odolnost konstrukcí a jejich druh

Požární odolnost u stavby se 3 a více nadzemními podlažími musí být navržena nejméně 30 min, nestanoví-li české technické normy požární odolnost vyšší. U požárně dělící a nosné stavební konstrukce posledního nadzemního podlaží a požárního úseku bez požárního rizika se požadavek na požární odolnost stanoví podle českých technických norem. (zákon 23/2008sb)

Požární bezpečnost stavebního objektu je charakterizována stupněm požární bezpečnosti jednotlivých požárních úseků, na které je stavební objekt rozdělen. Stupeň požární bezpečnosti vyjadřuje souhrn technických požadavků na stavební konstrukce. Jeho hodnotu najdeme ve zprávě požárně bezpečnostního řešení stavby.

Požadovaná požární odolnost konstrukcí nám udává dobu v minutách požadovanou pro konstrukční část, který stanovíme podle stupně požární bezpečnosti úseku.

Pro posuzování požární odolnosti konstrukcí i při posuzování požadavků na požární odolnost konstrukcí uvedených v tabulce 12 se postupuje podle ČSN 73 0810.

Požární odolnost konstrukcí

- Obvodné stěny z hlediska mezních stavů se hodnotí jako REW nebo EW z vnitřní strany a na REI nebo EI z vnější strany.
- Nosná střešní konstrukce se hodnotí podle mezního stavu R.
- Střešní plášť se posuzuje z horní a ze spodní strany, mezní stavy EI platí pro konstrukce obsahující hořlavé hmoty, které mohou šířit požár, pro ostatní případy je mezní stav E.
- Prostupy konstrukcí se hodnotí na mezní stav EI pro eliminaci požárních mostů.

Vystavení střechy vnějšímu požáru

Z hlediska chování střechy, resp. střešního pláště při vystavení vnějšímu požáru, má plastová hydroizolační fólie důležitý vliv. Odolnost na účinky vnějšího požáru střešních skladeb se zkouší opět v akreditované zkušebně při působení simulovaného vnějšího požáru, tj. požáru vně budovy a protokol o požární klasifikaci se vydává podle ČSN EN 13501-5. Zde jsou zavedeny celkem čtyři různé zkušební metody při působení vnějšího požáru, označené jako metoda 1 až 4, tj. t1, t2, t3, t4. Norma ČSN EN 13501-5 dále stanovuje klasifikační třídy B až F. Do české legislativy jsou normami řady ČSN 7308xx převzaty dvě metody, tj. t1 a t3 s požadavkem splnění klasifikační třídy B.

V ČR tedy vznikají z hlediska odolnosti proti vnějšímu požáru požadavky na klasifikaci Broof (t1) nebo Broof (t3). Tyto klasifikace se týkají celé zkoušené skladby, nikoli pouze samotné hydroizolační plastové fólie. Ta tvoří pouze jednu část systému.

Podstatou zkoušky t3 je současné zatížení střešní skladby hořícími hraničkami z dřevovláknitých desek namočených v n-heptanu, sálavým teplem a větrem. Výsledkem zkoušení je opět „Protokol o zkouškách střechy vystavené působení vnějšímu požáru“. Pokud skladby střechy splní klasifikační kritéria, lze vydat „Protokol o klasifikaci střech vystavených působení vnějšího požáru“, který testovanou skladbu střešního pláště klasifikuje jako Broof (t3).

Norma ČSN 73 0810 v Tabulce A.10 také uvádí výrobky pro střešní krytiny, u nichž lze bez zkoušení předpokládat, že jsou „spolehlivě fungující“ v případě vnějšího požáru, tj. vyhovují klasifikaci Broof (t1) i Broof (t3) bez zkoušení. V případě plochých střech se jedná především o střechy se stabilizační vrstvou z praného říčního kameniva tl. min. 50 mm nebo hmotnosti 80 kg/m², které tedy automaticky splňují klasifikaci Broof (t1) i Broof (t3). (13)

TABULKA Č. 4 – POŽÁRNÍ ODOLNOST STAVEBNÍCH KONSTRUKCÍ A JEJICH DRUHŮ DLE ČSN 73 0802 ED.2 (13)

Poněmka	Stavební konstrukce	Stupeň požární bezpečnosti požárního úseku						
		I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.
		Požární odolnost stavební konstrukce a její druh (viz 7.2.4) ³⁾						
1	Požární stěny a požární stropy, viz 8.2 a 8.3, a) v podzemních podlažích b) v nadzemních podlažích c) v posledním nadzemním podlaží d) mezi objekty	30 DP1 15* 15* 30 DP1	45 DP1 30* 15* 45 DP1	60 DP1 45* 30* 60 DP1	90 DP1 60* 30* 90 DP1	120 DP1 90* 45* 120 DP1	180 DP1 120 DP1 60 DP1 180 DP1	180 DP1 180 DP1 90 DP1 180 DP1
2	Požární uzávěry otvorů v požárních stěnách a požárních střepech, viz 8.5.1, a) v podzemních podlažích a ve všech podlažích mezi objekty b) v nadzemních podlažích c) v posledním nadzemním podlaží	15 DP1 15 DP3 15 DP3	30 DP1 15 DP3 15 DP3	30 DP1 30 DP3 15 DP3	45 DP1 30 DP3 30 DP3	60 DP1 45 DP2 30 DP3	90 DP1 60 DP1 45 DP2	90 DP1 90 DP1 60 DP1
3	Obvodové stěny, viz 8.4.1 a 8.4.10, a) zajišťující stabilitu objektu nebo jeho části 1) v podzemních podlažích 2) v nadzemních podlažích 3) v posledním nadzemním podlaží b) nezajišťující stabilitu objektu nebo jeho části (bez ohledu na podlaží)	30 DP1 15* 15* ¹⁾ 15* ²⁾	45 DP1 30* 15* 15*	60 DP1 45* 30* 30*	90 DP1 60* 30* 30*	120 DP1 90* 45* 45*	180 DP1 120 DP1 60 DP1 60 DP1	180 DP1 180 DP1 90 DP1 90 DP1
4	Nosné konstrukce střech, viz 8.7.2	15 ¹⁾	15	30	30	45	60 DP1	90 DP1
5	Nosné konstrukce uvnitř požárního úseku, které zajišťují stabilitu objektu, viz 8.7.1 a 8.7.2, a) v podzemních podlažích b) v nadzemních podlažích c) v posledním nadzemním podlaží	30 DP1 15 15 ¹⁾	45 DP1 30 15	60 DP1 45 30	90 DP1 60 30	120 DP1 90 45	180 DP1 120 DP1 60 DP1	180 DP1 180 DP1 90 DP1
6	Nosné konstrukce vně objektu, které zajišťují stabilitu objektu (bez ohledu na podlaží), viz 8.7.3	15 ¹⁾	15	15	30	30 DP1	45 DP1	60 DP1
7	Nosné konstrukce uvnitř požárního úseku, které nezajišťují stabilitu objektu, viz 8.7.5	15 ¹⁾	15	30	30	45	45 DP1	60 DP1

TABULKA Č. 5 – POKRAČOVÁNÍ TABULKY Č. 4 (13)

Položka	Stavební konstrukce	Stupeň požární bezpečnosti požárního úseku							
		I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	
		Požární odolnost stavební konstrukce a její druh (viz 7.2.4) ³⁾							
8	Nenosné konstrukce uvnitř požárního úseku, viz 8.8.1	–	–	–	DP3	DP3	DP2	DP1	
9	Konstrukce schodišť uvnitř požárního úseku, které nejsou součástí chráněných únikových cest, viz 8.9	–	15 DP3	15 DP3	15 DP1	30 DP1	45 DP1	45 DP1	
10	Výtahové a instalační šachty, viz 8.10 až 8.13, a) šachty evakuačních a požárních výtahů a šachty ostatní (např. instalační), jejichž výška přesahuje 45 m 1) požárně dělicí konstrukce 2) požární uzávěry otvorů v požárně dělicích konstrukcích b) šachty ostatní (výtahové, instalační apod.), jejichž výška je 45 m a menší 1) požárně dělicí konstrukce 2) požární uzávěry otvorů v požárně dělicích konstrukcích	podle položky 1							
		podle položky 2							
		30 DP2	30 DP2	30 DP1	30 DP1	45 DP1	60 DP1	90 DP1	
		15 DP2	15 DP2	15 DP1	15 DP1	30 DP1	30 DP1	45 DP1	
11	Střešní pláště, viz 8.15	–	–	15	15	30	30 DP1	45 DP1	
12	Jednopodlažní objekty, viz 8.1.1, a) požární stěny b) požární uzávěry otvorů v požárních stěnách c) svislé požární pásy v obvodových stěnách mezi objekty a obvodové stěny, pokud mají být bez požárně otevřených ploch	staticky nezávislé							
		30 DP1	45 DP1	60 DP1	90 DP1	–	–	–	
		15 DP1	30 DP1	30 DP1	45 DP1	–	–	–	
		15 DP1	30 DP1	30 DP1	45 DP1	–	–	–	
¹⁾ Musí být splněny v těch případech, kde se počítá se snižujícím součinitelem α_2 až α_4 ; v ostatních případech se jejich splnění pouze doporučuje podle 8.1.2. Pokud není dosaženo u položky 3a3) a položky 4 požární odolnosti 15 minut, posuzují se tyto konstrukce jako zcela požárně otevřené plochy (požadavek se týká položky 4 jen v případě, že nosná konstrukce střechy je současně střešním pláštěm). ²⁾ Pouze se doporučují, pokud není dosaženo u položky 3b) požární odolnosti 15 minut, posuzují se tyto konstrukce jako zcela požárně otevřené plochy. ³⁾ Konstrukce označené křížkem (*) viz 8.1.3.									

1.3. Technologie plochých střech

1.3.1. Základní požadavky při navrhování a provádění střech

A. Mechanická odolnost a stabilita

Uplatní se při návrhu a posouzení dimenzí nosných konstrukcí a nosných vrstev, při posouzení stability vrstev a prvků střech, při volbě parametrů použitých materiálů apod.

Pro výpočet zatížení větrem se používá ČSN EN 1991-1-4 *Eurokód 1:*

Zatížení konstrukcí - Část 1-4: Obecná zatížení - Zatížení větrem. Pro výpočet zatížení sněhem se používá EN 1991-1-3 *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-3: Obecná zatížení - Zatížení sněhem.*

B. Požární bezpečnost

Z hlediska požární bezpečnosti se u střešních konstrukcí stanovuje především požární odolnost a chování při vnějším požáru, tj. možnost použití konstrukcí do požárně nebezpečného prostoru. Obě kritéria se stanovují individuálně pro každou střešní konstrukci. Pro některé druhy provozů se předepisuje typ konstrukce. (16)

Konstrukce střech v požárně nebezpečném prostoru

Pokud se střecha nachází v požárně nebezpečném prostoru (definice dle ČSN 73 0802 – Požární bezpečnost staveb – nevýrobní objekty a ČSN 73 0804 – Požární bezpečnost staveb – výrobní objekty), musí mít klasifikaci BROOF(t3) dle ČSN EN 13 501-5 pro požadovaný sklon. (16)

C. Ochrana zdraví osob, zvířat, zdravých životních podmínek a životního prostředí

Uplatní se především při uvádění materiálů určených pro konstrukce střech na trh. Při navrhování parkovišť na střechách je třeba řešit rizika úkapů ropných produktů. (16)

D. Ochrana proti hluku

Uplatní se především stanovením vzduchové a kročejové neprůzvučnosti u provozních střech a požadavky na vzduchovou neprůzvučnost střech objektů v územích nadměrně zatížených hlukem. (16)

E. Bezpečnost při užívání

Projeví se při návrhu řešení přístupu na střechu, při navrhování zábradlí a ochranných zídek na provozních střechách, při volbě povrchových úprav provozních částí střech a při návrhu bezpečnostních prvků pro montáž, kontrolu a údržbu (oka, úvazy apod.).

Pro navrhování ochrany před bleskem platí ČSN EN 62 305. V přistávacích koridorech letišť se obvykle vyžaduje prokázání, že povrch střechy neoslňuje (osvědčení vydává Úřad pro civilní letectví ČR). (16)

F. Úspora energie a tepelná ochrana

Skladbu střechy a detaily je nevyhnutné vždy navrhovat tak, aby bylo dosaženo požadovaného stavu vnitřního prostředí a současně příznivého tepelně-vlhkostního režimu střechy při daných parametrech vnitřního a vnějšího prostředí v souladu s ustanoveními platných technických norem (především ČSN 73 0540).

Uplatní se požadavky ČSN 73 0540 Tepelná ochrana budov - Část 2 Požadavky. (16)

Norma požaduje splnění následujících parametrů:

- hodnota součinitele prostupu tepla
- šíření vlhkosti konstrukcí
 - zkondenzovaná vodní pára uvnitř konstrukce
 - roční bilance kondenzace a vypařování vodní páry uvnitř konstrukce
 - nepřekročení rovnovážné hmotnostní vlhkosti 18 % pro zabudované dřevo nebo materiál na bázi dřeva

- teplota vnitřního povrchu a teplotní faktor konstrukce
- vyloučení netěsností konstrukce a trvale vzduchotěsné napojení konstrukcí mezi sebou

G. Trvanlivost střech

Trvanlivost střechy stanovuje investor. Nosná konstrukce střechy má mít obvykle stejnou trvanlivost jako nosná konstrukce stavby. Trvanlivost ostatních vrstev a prvků střechy má být v souladu se zamýšlenými cykly obnovy nebo cykly změn některých vlastností těchto vrstev a prvků (s nejnižší trvanlivostí je třeba počítat zejména u prvků střech, jejichž funkce je závislá na nátěru či trvanlivosti tmelených spojů). (16)

Vrstvy a prvky střechy, které mají být obnovovány v průběhu užívání, musí být přístupné anebo musejí mít takovou trvanlivost jako konstrukce, které je zakrývají. (16)

H. Spolehlivost střech

Spolehlivost střech musí odpovídat charakteru chráněných prostor a stavby. (16)

I. Další požadavky

U některých druhů staveb se mohou vyskytnout požadavky na volbu materiálů a technologických postupů vyvolané druhem provozu ve stavbách, například na volbu takových materiálů a technologií, které nevyžadují práci s otevřeným plamenem. (16)

2. PRAKTICKÁ ČÁST

2.1. Popis řešeného objektu

V praktické části diplomové práce se zabývám rekonstrukcí panelového domu v okrese Ústí nad Orlicí. Samotná budova je vystavěna tradiční betonovou technologií využívanou v sedmdesátých a osmdesátých letech minulého století. Tato typová soustava se označuje T06B KD. Panely této soustavy mají typizovaný rozpon 3,6 m a světlou výškou 2,6 m.

Tento typ panelového domu je jedním z nejčastěji se objevujících u nás. Typickými prvky jsou zapuštěné lodžie s předsazenou podlahou a také pásové členění fasády. Řešená budova dříve sloužila potřebám státních drah jako ubytovací zařízení pro jejich zaměstnance. Tomu odpovídá i lehce atypicky řešená dispozice.

Objekt je umístěn v mírně svažitém terénu a obklopují ho zpevněné plochy a chodníky. Hlavní komunikace se nacházejí po všech stranách budovy. Pro vertikální přepravu slouží dvě vstupní betonová schodiště obložená deskovým kamenným obkladem, která jsou doplněna oboustranným ocelovým zábradlím. Výtahové šachty tvoří ocelová nosná konstrukce s výplní drátosklem. K hlavní komunikaci v budově slouží široké chodby, ze kterých se vstupuje do jednotlivých bytů a umožňují průchod i k druhému schodišti.

Budova má devět nadzemních podlaží a je nepodsklepena. 1. nadzemní podlaží umožňuje vstup do budovy a přístup k jednotlivým schodištím, výtahům, sklepům a do prostoru kočárkárny.

V jednotlivých bytech o dispozici 1+kk, 2+kk a 3+kk se nachází stará bytová jádra, která budou kompletně demontována i s podlahovou konstrukcí.



OBRÁZEK Č. 5 – PŮVODNÍ STAV BUDOVA



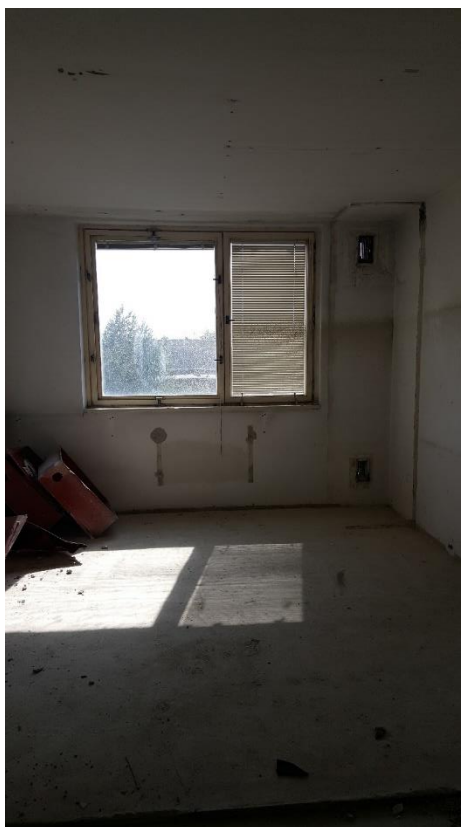
OBRÁZEK Č. 6 – PŮVODNÍ STAV BUDOVA



OBRÁZEK Č. 8 – PŮVODNÍ STAV CHODBA



OBRÁZEK Č. 9 – PŮVODNÍ STAV CHODBA



OBRÁZEK Č. 7 – PŮVODNÍ STAV POKOJ

2.1.1. Klimatické podmínky

Pro jednotlivé výpočty je nutné získat okrajové podmínky pro potřeby tepelně-technických výpočtů. Objekt se nachází v Pardubickém kraji v okrese Ústí nad Orlicí.

Standartní okrajové podmínky:

Vnější prostředí:

Lokalita: Pardubický kraj, okres Ústí nad Orlicí

Návrhová venkovní teplota:

$$T_e -15,0 \text{ °C}$$

Návrhová relativní vlhkost vnějšího vzduchu:

$$\varphi_e 84,0 \%$$

Návrhový parciální tlak vodní páry:

$$P_e 139 \text{ Pa}$$

Vnitřní prostředí:

Obývací místnost:

Návrhová vnitřní teplota:

$$T_i 20,0 \text{ °C}$$

Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu:

$$\varphi_i 50,0 \%$$

2.2. Tepelně-technické posouzení konstrukcí

2.2.1. Stávající konstrukce

A. Skladba obvodové konstrukce

Obvodový plášť je tvořen jednovrstvými struskokeramzitbetonovými panely o tloušťce 300 mm. Stávající venkovní i vnější omítka má průměrnou tloušťku 10 mm. Na některých místech jsou panely lehce porušené, a je tedy potřeba je vyspravit.

Pro budoucí realizaci oken je nutné dočistit vybourané otvory. Na vnější straně okenních otvorů se nachází sokl sloužící k napojení oken, který je nutné odstranit. Pro srovnání je vhodné dobetonovat parapet do požadované roviny. Betonáž provedeme na očištěnou a penetrovanou stávající konstrukci.



OBRÁZEK Č. 10 – DETAIL OBVODOVÉ KONSTRUKCE

TABULKA Č. 6 – TEPELNĚ-TECHNICKÉ POSOUZENÍ STÁVAJÍCÍ OBVODOVÉ KONSTRUKCE

Název	Tloušťka (mm)	Součinitel tepelné vodivosti λ (W/mK)	Součinitel prostupu tepla U (W/m ² K)
Vnější omítka	10	1,0395	5,567
Struskokeramzitbetonový panel	300	0,588	1,470
Vnitřní omítka	10	0,9135	5,526
Celkový součinitel prostupu tepla			1,424

Požadovaná hodnota Un (W/m ² K) dle ČSN 730540-2:2011		Vypočtená hodnota U (W/m ² K)
Stěna vnější	0,30	1,424
Vypočtená hodnota nevyhovuje dnešním požadavkům		

B. Skladba podlahy přilehlé k zemině

Stávající stav nepočítal s možným využitím 1. nadzemního podlažím pro bytové jednotky, proto je nutné vytvořit na stávající konstrukci novou skladbu podlahy tak, aby splnila dnešní normy za předpokladu dodržení světlé výšky místností.



OBRÁZEK Č. 11 – PŮVODNÍ PODLAHA PŘILEHLÁ K ZEMINĚ

TABULKA Č. 7 – TEPELNĚ-TECHNICKÉ POSOUZENÍ STÁVAJÍCÍ OBVODOVÉ KONSTRUKCE

Název	Tloušťka (mm)	Součinitel tepelné vodivosti λ (W/mK)	Součinitel prostupu tepla U (W/m ² K)
Železobeton	250	1,659	3,118
-	-	-	-
Celkový součinitel prostupu tepla			3,118

Požadovaná hodnota U_n (W/m ² K) dle ČSN 730540-2:2011		Vypočtená hodnota U (W/m ² K)
Stěna vnější	0,30	3,118
Vypočtená hodnota nevyhovuje dnešním požadavkům		

C. Skladba střešní konstrukce

Skladba střešní konstrukce je položena na železobetonovém panelu o tloušťce 200 mm a skládá se z vrstvy heraklitu o tloušťce 40 mm, spádové vrstvy z kačírku frakce 16-32 mm o průměrné tloušťce vrstvy 150 mm, heraklitu o tloušťce 40 mm, polystyrenu o tloušťce 50 mm, dále se skládá z lepenky s hliníkovou folií, z lepenky s ochranným posypem, z extrudovaného polystyrenu o tloušťce 80 mm, z ochranné geotextílie a vrchního kačírku o tloušťce 40 mm pro přetížení konstrukce.

U této konstrukce bylo zjištěno, že z důvodu netěsností bylo přidáno několik dalších vrstev lepenky. Ve skladbě bylo i několik dalších závažných poruch především kolem střešních vpustí, kde se drželo velké množství neodtékající vody. Ve střední části střechy se vytvářely kaluže, jelikož spádová vrstva netěsnila a nedokázala tak vodu odvést do střešních vpustí.



OBRÁZEK Č. 12 – DETAIL STÁVAJÍCÍ STŘEŠNÍ SKLADBY



OBRÁZEK Č. 13 – NAPOJENÍ STŘEŠNÍ SKLADBY NA STÁVAJÍCÍ ATIKU



OBRÁZEK Č. 14 – STÁVAJÍCÍ STŘEŠNÍ VPUŠŤ



OBRÁZEK Č. 15 – STÁVAJÍCÍ STŘEŠNÍ SKLADBA

TABULKA Č. 8 – TEPELNĚ-TECHNICKÉ POSOUZENÍ STÁVAJÍCÍ STŘEŠNÍ KONSTRUKCE

Název	Tloušťka (mm)	Součinitel tepelné vodivosti λ (W/mK)	Součinitel prostupu tepla U (W/m ² K)
Kačírek	40	0,0683	1,323
Extrudovaný polystyren	80	0,0357	0,415
Polystyren	50	0,0536	0,907
Heraklit	40	0,0788	1,476
Spádová vrstva kačírek	150	0,0683	0,423
Heraklit	40	0,0788	1,476
Celkový součinitel prostupu tepla			0,136

Požadovaná hodnota U_n (W/m ² K) dle ČSN 730540-2:2011		Vypočtená hodnota U (W/m ² K)
Stěna vnější	0,24	0,136
Vypočtená hodnota vyhovuje dnešním požadavkům		

D. Okenní a dveřní výplně ve vnější stěně

Stávající okenní výplně jsou dřevěné s izolačním dvojsklem. Dveře do bytů jsou původní dřevěné s ocelovým rámem. Všechny výplně otvorů budou vyměněny za nové.



OBRÁZEK Č. 16 – STÁVAJÍCÍ VÝPLNĚ OTVORŮ

TABULKA Č. 9 – TEPELNĚ-TECHNICKÉ POSOUZENÍ STÁVAJÍCÍCH VÝPLNÍ OTVORŮ VE VNĚJŠÍ STĚNĚ

Název	Tloušťka (mm)	Součinitel tepelné vodivosti λ (W/mK)	Součinitel prostupu tepla U (W/m ² K)
Okenní výplně	-	Není definováno	-
Dveřní výplně	-	Není definováno	-
Celkový součinitel prostupu tepla			-

Požadovaná hodnota U_n (W/m ² K) dle ČSN 730540-2:2011		Vypočtená hodnota U (W/m ² K)
Výplně otvorů vnější stěny	1,50	-
Není možné porovnat		

2.2.2. Navržené skladby konstrukcí

A. Nová skladba obvodové konstrukce

Stávající struskokeramzitbetonové panely budou očištěny od stávajících povrchových úprav z vnitřní i vnější strany. Pro zlepšení tepelně-technických vlastností bude na stávající konstrukci přidán kontaktní zateplovací systém s tepelnou izolací z minerální vaty o tloušťce 200 mm. Desky budou kotveny do nosné konstrukce pomocí mechanických kotev a chemických terčů.

Podzemní část obvodového zdiva do výšky 300–400 mm bude opatřena kontaktním zateplením z extrudovaného polystyrenu. Na povrch soklové části bude vytvořena dekorativní mozaika. Sokly nad povrchem lodžii a vstupních schodišť budou opatřeny extrudovaným polystyrenem.

Vnější povrch bude opatřen štěrkovou skořepinou vyztuženou armovací mřížkou. Požadovaná třída reakce na oheň obvodové konstrukce je A1 a A2.

TABULKA Č. 10 – TEPELNĚ-TECHNICKÉ POSOUZENÍ NAVRŽENÉ OBVODOVÉ KONSTRUKCE

Název	Tloušťka (mm)	Součinitel tepelné vodivosti λ (W/mK)	Součinitel prostupu tepla U (W/m ² K)
Modifikovaná silikátová omítka	2	0,84	5,8
Cementová stěrka ETICS	10	0,5	3,367
Minerální desky z čedičové vlny	200	0,037	0,178
Lepící hmota pro ETICS	10	0,735	0,653
Jádrová omítka	10	0,87	3,512
Struskokeramzitbetonový panel	300	0,78	2,941
Vnitřní omítka	10	1,0	3,757
Celkový součinitel prostupu tepla			0,154

Požadovaná hodnota U_n (W/m ² K) dle ČSN 730540-2:2011		Vypočtená hodnota U (W/m ² K)
Stěna vnější	0,30	0,154
Vypočtená hodnota vyhovuje dnešním požadavkům		

B. Navržená skladba stropních konstrukcí

Stropní konstrukce budovy zůstává beze změn, dojde pouze k lokálním výpravám. Na nosnou konstrukci je navržena nová skladba z důvodu špatného stavu stávající podlahy. Původní skladbu je nutno vybourat a následně podkladní povrch vyspravit a dočistit nerovnosti kvůli pokládce dalších vrstev. Následně bude podklad natřen penetrací. Dále bude aplikován samonivelační potěr pro finální vyrovnání podkladu.

Roznášecí vrstvu tvoří anhydritový potěr C25 o tloušťce 40–45 mm. Součástí bude obvodová dilatace kvůli zajištění optimálního dotvarování. Z důvodu použití anhydritového potěru je nutné počítat s delší dobou vysychání, a to přibližně 7 dní na 10 mm tloušťky. Jelikož budou podlahy realizovány v zimním období, bude vysychání trvat déle, a je tedy nutné využít v objektu zdroje tepla. Po vyschnutí položíme na anhydritovou roznášecí vrstvu ochranou PE folii.

Pro zajištění akustických vlastností budou ve skladbě polystyrenové desky pro snížení kročejového hluku o tloušťce 20 mm. Povrchová úprava ve společných prostorách a předsíních bytů bude z keramické dlažby lepené na tmel. V koupelnách bude aplikována jednosložková stěrková izolace, na které bude umístěna dlažba lepená do tmelu. Ostatní místnosti mají nášlapnou vrstvu z plovoucí vinylové podlahy spojené na zámek k systémové podložce. Nášlapná vrstva lodžii je z keramické dlažby lepené na tmel s hydroizolační folií a drenážní separační podložkou.

Nebylo provedeno tepelně-technické posouzení.

C. Navržená skladba podlahy přilehlé k zemině

Po položení nového vedení instalací v instalačních kanálech v 1. podlaží bude plocha srovnána hutněným štěrkopískovým podsypem. Následně bude položena vrstva podkladního betonu C20/25 se svařovanou výztužnou sítí o tloušťce 100 mm. Tato vrstva se natře asfaltovou penetrací a nataví se na ni hydroizolační modifikovaný asfaltový pás s výztuží ze skelné vaty o plošné hmotnosti 200 g/m². Je nutno položit jednu vrstvu pásu o minimální tloušťce 4 mm. Povrch asfaltového modifikovaného pásu bude opatřen separačním posypem. Tyto pásy se napojí na stávající odkryté a očištěné hydroizolační pásy.

TABULKA Č. 11 – TEPELNĚ-TECHNICKÉ POSOUZENÍ NAVRŽENÉ PODLAHY PŘÍLEHLÉ K ZEMINĚ

Název	Tloušťka (mm)	Součinitel tepelné vodivosti (W/mK)	Součinitel prostupu tepla (W/m ² K)
Keramická dlažba	16	1,060	5,403
Samonivelační hmota	5	1,218	5,744
Betonová mazanina C20/25	50	1,365	4,740
Isover EPS 150	140	0,0368	2,310
ŽB deska s hydroizolací	250	1,659	0,147
Celkový součinitel prostupu tepla			0,239

Požadovaná hodnota Un (W/m ² K) dle ČSN 730540-2:2011		Vypočtená hodnota
Stěna vnější	0,45	0,239
Vypočtená hodnota vyhovuje dnešním požadavkům		

D. Navržená skladba střešní konstrukce

Po vybourání stávajících vrstev střešního souvrství budou položeny nové vrstvy střešní skladby. Jelikož bude realizace probíhat v zimním období, bude konstrukce během realizace provizorně chráněna proti zatékání a povětrnostním vlivům. Při odtěžování hrozí riziko porušení konstrukcí v posledním podlaží vlivem odlehčení konstrukce, proto se musí stěny v tomto podlaží omítat až po dokončení nové střešní konstrukce. Je třeba vytyčit polohu prostupů pro vedení instalací vhodných k budoucím využití stávajících prostupů v konstrukci.

Stávající nosná konstrukce zůstane zachována, opraví se pouze poruchy a za pomoci cementového potěru se povrch vyrovná. Na srovnaný a očištěný povrch nanese se asfaltovou emulzi pro zlepšení přilnavosti podkladní vrstvy. Následně bude položena parotěsnicí a vzduchotěsnicí vrstva z natavitelného SBS modifikovaného asfaltového pásu s vložkou z hliníkové folie a povrchem ze separačního posypu. Tato vrstva bude sloužit jako pojistná hydroizolace, její minimální tloušťka bude 4 mm.

Další vrstvy slouží k tepelné izolaci. První vrstva je z panelů Kingspan. Požadovaný součinitel prostupu tepla pro panely Kingspan je 0,025 W/mK. Tyto panely musí mít pevnost v tlaku minimálně 120 kPa, aby odolaly 10 % stlačení. Na panelech Kingspan budou za pomoci PU lepidla s deklarací pro střešní systémy připevněny desky z pěnového samozhášlivého stabilizovaného polystyrenu, které slouží k vyspádování střešní skladby. Desky musí mít pevnost v tlaku minimálně 150 kPa, aby odolali při 10 % stlačení. Součinitel tepelné vodivosti polystyrenových desek je požadován 0,031 W/mK, vhodným materiálem je proto EPS Grey 150 o tloušťce 300 mm.

Další vrstvu tvoří hydroizolační samolepicí asfaltový SBS modifikovaný pás, který je na vnějším líci opatřený spalitelnou folií a vyztužený skelnou tkaninou. Je nutné pás kotvit k podkladu.

Hlavní hydroizolací bude SBS modifikovaný asfaltový pás vyztužený kompozitní vložkou z polystyrenové rohože a skelné tkaniny o povrchové úpravě

z ochranného posypu. Vhodným materiálem je například ELASTEK 40 COMBI. Z důvodu návrhu velké tloušťky souvrství je nutné jednotlivé vrstvy kotvit. Návrh sklonu střešního pláště jsou 3 %, bude tak zajištěn odtok vody z konstrukce a vyloučen vznik lokálních kaluží. Sklon budou zajišťovat spádové klíny z EPS.

Střešní vpusti jsou navrženy dvoustupňové s integrovanými bitumenovými manžetami. Vpusti budou vybaveny topným tělesem pro zabránění zamrznání. Topný kabel bude veden ochranou plastovou trubicí pod tepelnou izolací.

V kratších štítových stěnách budou instalovány bezpečnostní přepady ze střechy o rozměrech 150x150 mm z PVC s integrovanou bitumenovou manžetou.

Vzhledem ke změně tloušťky střešního souvrství je nezbytné navýšit atiku. Stávající oplechování bude demontováno. Instalována bude nová ocelová konstrukce atiky. Opláštění bude sestávat z panelů Cetriz o tloušťce 16 mm. Novou konstrukci atiky je nutné izolovat proti možnému zatékání do konstrukce.

Pro dosažení dostatečné izolace proti stékající a odstříkující vodě vytáhneme hydroizolaci minimálně 300 mm po stěně atiky nad úroveň vrchní vrstvy střešní konstrukce. Použije se izolant EPS. Vytažená hydroizolace bude klempířsky olemována. V průběhu životnosti je nutné dodržet doporučené cykly kontrol, proto je navržen bezpečnostní záchytný systém.

TABULKA Č. 12 – TEPelnĚ-TECHNICKÉ POSOUZENÍ NAVRŽENÉ SKLADBY STŘEŠNÍ KONSTRUKCE

Název	Tloušťka (mm)	Součinitel tepelné vodivosti (W/mK)	Součinitel prostupu tepla (W/m ² K)
Kamenivo frakce 16-32 mm	50	0,683	4,689
SBS modifikovaný asf. pás	8	0,221	5,673
EPS Grey 150	300	0,034	0,110
Spádové klíny EPS 150	min. 30-300	0,037	1,047
Desky Kingspan	160	0,026	0,161
SBS modifikovaný asf. pás	4	0,221	6,323
ŽB střešní panel	200	1,26	3,348
Celkový součinitel prostupu tepla			0,062

Požadovaná hodnota Un (W/m ² K) dle ČSN 730540-2:2011		Vypočtená hodnota
Stěna vnější	0,24	0,062
Vypočtená hodnota vyhovuje dnešním požadavkům		

E. Okenní a dveřní výplně ve vnější stěně

Pro vstup jsou navrženy plastové dvoukřídlé dveře s prosklením a jsou namontovány do prosklené stěny, obě křídla jsou navržena otočná s kováním a panikovou klikou. Zasklení dveří je navrženo z izolačního trojskla s hodnotou činitele prostupu tepla $U_d \leq 0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Nové výplně otvorů ve vnější stěně budou navrženy plastové se zasklením z izolačního trojskla a s 5ti-komorovým plastovým rámem s hodnotou součinitele prostupu tepla $U_{w01} \leq 0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$. Otvory mají navrženou celkovou laboratorní neprůzvučnost $R_w = 32 \text{ dB}$. Okna jsou navržena otevíravá a sklápěcí. Okna budou dodána s komprimační paropropustnou páskou z vnější strany a s parotěsnicí páskou z vnitřní strany.

Zateplení ostění a nadpraží bude zajištěno přetažením tepelné izolace o 30 mm přes hranu okenního rámu.

Poklopy v 9. podlaží sloužící pro výlez na střechu budou ocelové s požární odolností EI-S200 30DP1 (kouřotěsné). Poklop bude doplněn deskami tepelné izolace z minerální vaty o tloušťce 100 mm s požadovaným součinitelem prostupu tepla $0,035 \text{ W/mK}$. Pro vstup do revizních šachet budou osazeny poklopy s požární odolností EI30DP1.

TABULKA Č. 13 – TEPelnĚ-TECHNICKÉ POSOUZENÍ NAVRŽENÝCH VÝPLNÍ OTVORŮ VE VNĚJŠÍ STĚNĚ

Název navržené konstrukce	Součinitel prostupu tepla rámu U_f (W/m ² K)	Součinitel prostupu tepla zasklením U_g (W/m ² K)	Celkový součinitel prostupu tepla U_w (W/m ² K)
Výplně typ 6 a 7	1,20	0,60	0,90
Výplně typ 8, 9 a 11	1,20	0,60	0,90

Požadovaná hodnota U_n (W/m ² K) dle ČSN 730540-2:2011		Vypočtená hodnota U (W/m ² K)
Výplně otvorů vnější stěny	1,50	0,90
Vypočtená hodnota vyhovuje dnešním požadavkům		

2.2.3. Vyhodnocení navržených skladeb konstrukcí

Jednotlivé navržené konstrukce a skladby jsou zhodnoceny dle ČSN 730540-2:2011. V následující tabulce jsou vypočtené hodnoty porovnány s požadavky normy.

TABULKA Č. 14 - VYHODNOCENÍ TEPELNĚ-TECHNICKÝCH VLASTNOSTÍ NAVRŽENÝCH KONSTRUKCÍ

Název navržené konstrukce	Součinitel prostupu tepla U_n (W/m ² K)	Požadované hodnoty součinitele prostupu tepla $U_{N,20}$ (W/m ² K)	Vyhodnocení
Vnější stěna	0,154	0,300	vyhovuje
Podlaha přilehlá k zemině	0,239	0,45	vyhovuje
Plochá střecha	0,062	0,24	vyhovuje
Výplně otvorů ve vnější stěně O1	0,900	1,5	vyhovuje

Dle normy ČSN 73 0540-2:2011 jednotlivé konstrukce obálky budovy vyhovují i s dostatečnou rezervou. Střešní konstrukce má na tolik velkou rezervu, že je možné provést optimalizaci.

Optimalizaci lze provést, pokud budou dodrženy hodnoty požadované v průkazu energetické náročnosti budovy (dále jen „PENB“). PENB je součástí projektové dokumentace k objektu.

Jednotlivé skladby byly přepočítány v programu TEPLO 2011 pro ověření vlhkosti v jednotlivých konstrukcích. Protokoly jsou přílohou C této práce.

2.3. Porovnání s normou a PENB

Pro řešení optimalizace návrhu je nutné zkontrolovat průkaz energetické náročnosti budovy. Po kontrole stávajícího PENB bylo zjištěno, že byla předimenzována střešní konstrukce a částečně i skladba obvodové konstrukce, a to z důvodu požadavku na dodržení třídy „B“ energetické náročnosti budovy.

K předimenzování došlo pomocí 3 různých tepelných izolací (panely Kingspan, EPS 150 a EPS Grey 150). Ty měly zlepšit vypočtenou hodnotu součinitele prostupu tepla. Tento návrh pomohl k zařazení do třídy „B“ energetické náročnosti budovy s velmi malou rezervou.

Úkolem mé optimalizace bylo tedy najít konstrukce obálky budovy v PENB, u kterých je možné přepočítat a upravit hodnotu U_j . Zaměřím se na konstrukce obálky budovy z PENB, konkrétně na „Vnější stěnu“, „Plochou střechu“ a „Výplně otvorů ve vnější stěně O1“.

Díky této optimalizaci tak může dojít ke značným úsporám jak v oblasti materiálu, tak v oblasti práce. Dále by po optimalizaci střešní skladby a snížení její tloušťky mohla být vynechána nová ocelová konstrukce atiky, která měla být připevněna ke stávající.

2.3.1. Závěr z porovnání

Hlavními důvody optimalizace střešního souvrství a obvodové konstrukce jsou:

- a) Zjednodušení skladby a zlepšení a optimalizace jejich tepelně-technických vlastností
- b) Snížení tloušťky skladby – Při návrhu tloušťky 700 mm může dojít při 10% bodovém stlačení k poklesu skladby až o 70 mm. Tento pokles by mohl poškodit jednotlivé vrstvy skladby, zejména pak hydroizolaci.
- c) Zlevnění střešního souvrství – Zlevnění je umožněno díky redukci množství tepelné izolace a práce.

- d) Úspory vyplývající z vynechání navýšení stávající atiky o novou ocelovou konstrukci
- e) Úspory vyplývající z optimalizace dalších konstrukcí obálky budovy (například snížení tloušťky skladby vnější stěny)

2.3.2. Optimalizace ploché střechy

Pro optimalizaci střešního souvrství ploché střechy je nutné vypočítat skutečnou hodnotu součinitele prostupu tepla. Jelikož je v konstrukci navržena spádová vrstva tepelné izolace EPS 150, je tudíž nutné provést výpočet dle ČSN EN ISO 6947 Stavební prvky a stavební konstrukce – Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla – *Výpočtové metody* Přílohy E.

Tento výpočet slouží k přesnému určení součinitele prostupu tepla konstrukcí se zkosenými hranami.

2.3.3. Normový výpočet Ploché střechy

Součástí dokumentace je výkres navržené střechy. Výkres a skladby navržené střechy jsem si prostudoval a připravil postup výpočtu.

Základní předpoklady

- Střešní konstrukce je symetrická dle středové osy, je tedy možné uskutečnit výpočet pouze pro polovinu střechy
- Nejnižším bodem střechy je střešní vpust u dojezdů výtahové šachty, k tomuto bodu bude vztažen počátek výpočtu a bude se označovat číslem obrazce 0.

Pro výpočet je třeba znát

- Typ prvků
- Plochu prvků
- Kolmou vzdálenost k nejnižšímu bodu, ke kterému je vztažen výpočet
- Spád skladby
- Tloušťky jednotlivých vrstev skladby
- Odpor při prostupech tepla R_j pro jednotlivé vrstvy ($\text{m}^2\text{K/W}$)
- Součinitele tepelné vodivosti λ (W/mK)
- Vnitřní tepelný odpor při prostupu tepla R_{si} ($\text{m}^2\text{K/W}$)
- Vnější tepelný odpor při prostupu tepla R_{se} ($\text{m}^2\text{K/W}$)

2.3.4. Postup výpočtu dle ČSN EN ISO 6946

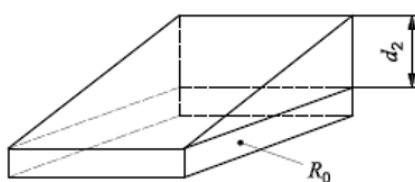
A. Rozdělení střešní skladby na jednotlivé prvky

Konstrukci si rozdělím na jednotlivé prvky, které musí odpovídat základním prvkům popsaných v normovém výpočtu pro zkosené ploché střechy.

Prvky:

- Zkosené plochy s obdélníkovou podstavou

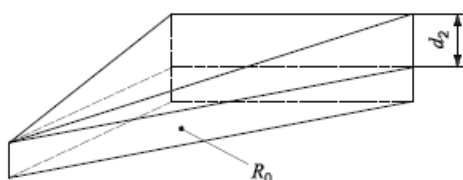
V mém výpočtu jsou v tabulce označeny typem prvku 1.



OBRÁZEK Č. 17 – PRVEK 1 (21)

- Zkosené plochy s trojúhelníkovou podstavou nejtenčí ve vrcholu

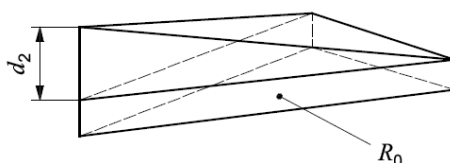
V mém výpočtu jsou v tabulce označeny typem prvku 2.



OBRÁZEK Č. 18 – PRVEK 2 (21)

- Zkosené plochy s trojúhelníkovou podstavou nejtlustší ve vrcholu

Při rozdělení střešní skladby se tento typ prvku na ploché střeše nevyskytuje, tudíž nebude ve výpočtu využit.



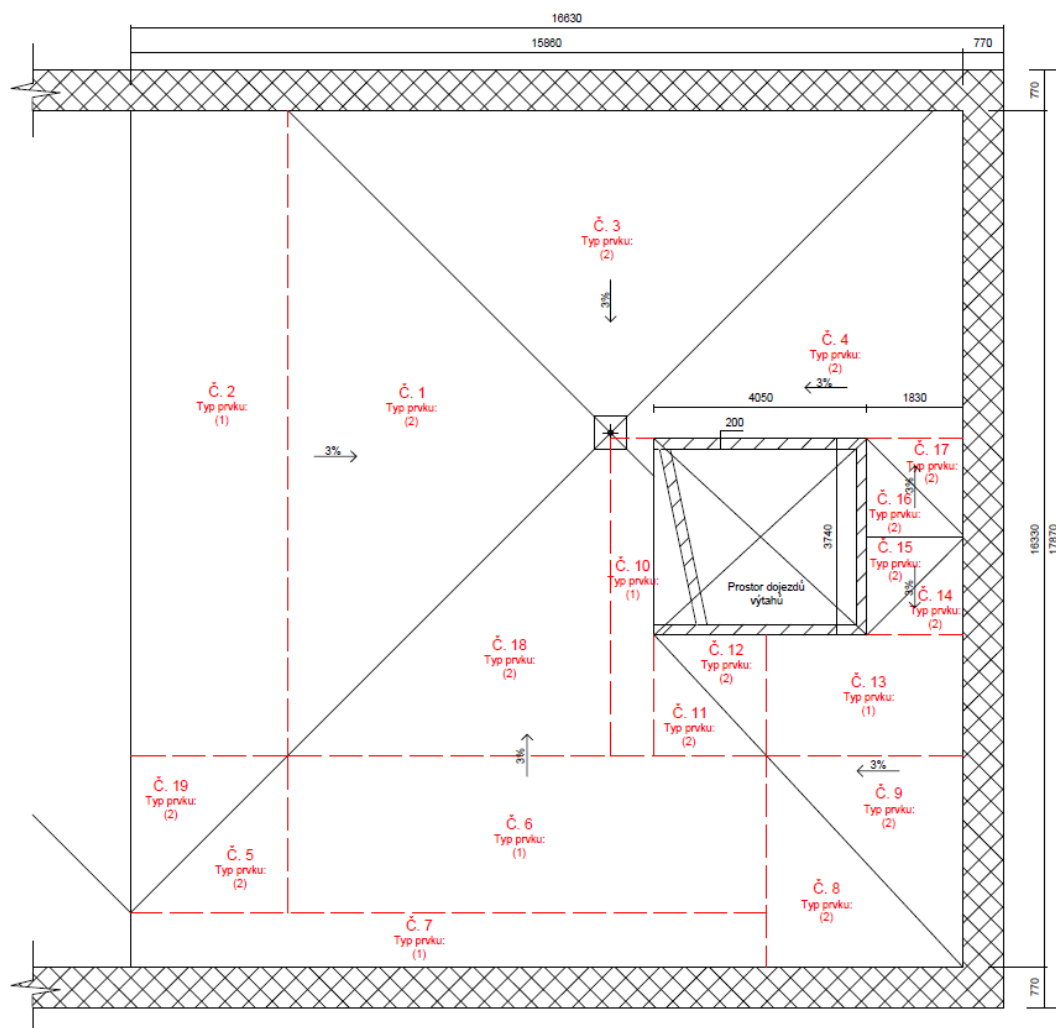
OBRÁZEK Č. 19 – PRVEK 3 (21)

Popis jednotlivých obrázků 17, 18, 19.

d_2 – maximální tloušťka zkosené vrstvy (m)

R_0 – návrhový tepelný odpor konstantních vrstev ploché střechy při přestupu tepla na obou stranách kompletních prvků (m^2K/W)

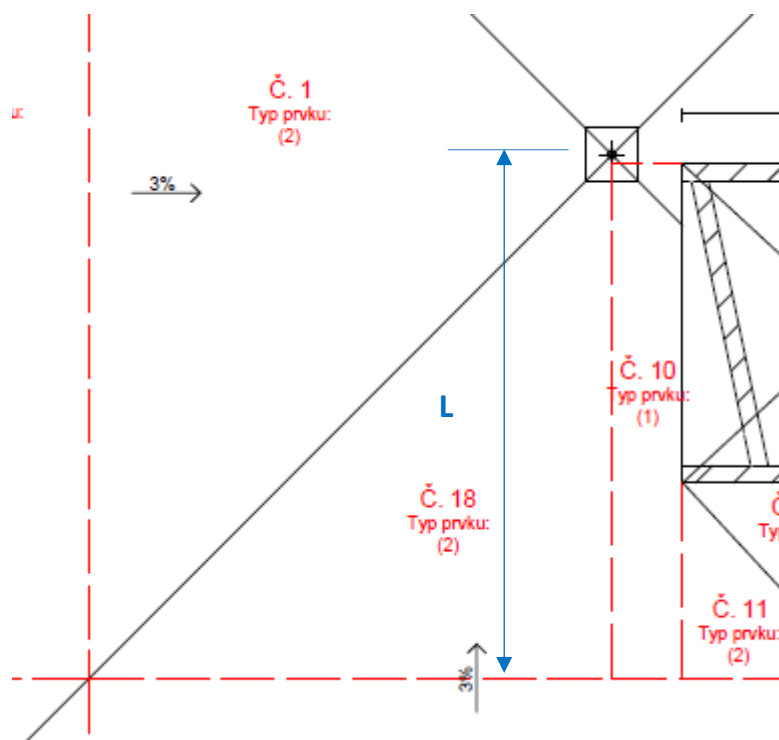
Při rozdělování konstrukce byly využity pouze prvky typu 1 a 2.



OBRÁZEK Č. 20 – ROZDĚLENÍ PLOCHÉ STŘECHY NA JEDNOTLIVÉ PRVKY

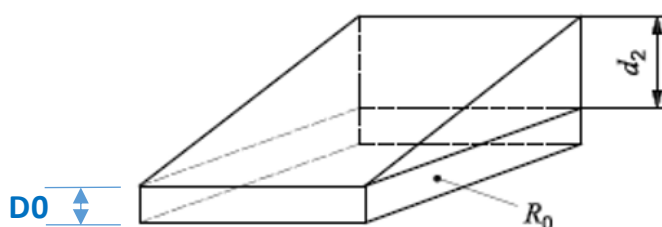
B. Výpočet výškových parametrů prvků

Pro každý prvek vypočítám plochu podstavy a změřím kolmou vzdálenost od nejvzdálenějšího bodu prvku ke středu střešní vpusti.



OBRÁZEK Č. 21 – ODMĚŘENÍ VZDÁLENOSTI PRVKŮ OD VPUSTI

Pro výpočet převýšení d_2 jednotlivých prvků musíme znát spád střešní konstrukce. Ten je v našem případě 3 %. Pokud známe tyto hodnoty, můžeme provést výpočet převýšení daného prvku. Parametr d_0 je nulový pro prvky přímo navazující na počátek výpočtu. Ostatní prvky mají d_0 určené výškou předchozího prvku, na který navazují.



OBRÁZEK Č. 22 – VÝPOČET PŘEVÝŠENÍ d_2 (21)

Obecný výpočet převýšení d_2 :

$$d_2 = d_0 + (L \times s)$$

d_2 – převýšení prvku (m)

d_0 – počáteční výška prvku od střešní vpusti (m)

L – kolmá vzdálenost od nejvzdálenějšího bodu na obrazci ke středu střešní vpusti

s – spád ploché konstrukce

Kompletní zadání parametrů jsem vložil do mnou vytvořené tabulky v Microsoft Excel, kde byl následně proveden výpočet pro jednotlivé prvky.

TABULKA Č. 15 – VÝPOČET PŘEVÝŠENÍ d_2

Číslo obrazce	Plocha (m ²)	Typ obrazce	d2 (m)	L (m)	d0 (m)
0	0,39	0	0,000		0,03
1	36,23	2	0,174	5,815	0
2	34,35	1	0,084	2,803	0,174
3	35,34	2	0,174	5,815	0,000
4	19,40	2	0,174	5,815	0,000
5	3,93	2	0,081	2,700	0,174
6	25,91	1	0,081	2,700	0,178
7	13,76	1	0,031	1,040	0,259
8	6,98	2	0,115	3,842	0,178
9	6,98	2	0,109	3,635	0,178
10	4,91	1	0,178	5,919	0,000
11	2,60	2	0,072	2,388	0,071
12	2,60	2	0,069	2,284	0,071
13	8,68	1	0,109	3,634	0,139
14	1,28	2	0,053	1,765	0,152
15	1,28	2	0,056	1,869	0,152
16	1,28	2	0,056	1,869	0,091
17	1,28	2	0,053	1,765	0,091
18	18,33	2	0,178	5,919	0,000
19	3,93	2	0,084	2,803	0,174
Suma	229,44				
SUMA	229,44				

C. Výpočet tepelného odporu prvků

V dalším kroku vypočítám tepelné odpory jednotlivých prvků. Výpočet bude rozdělen na dvě části. V první spočítám odpory prostupu tepla pro konstantní vrstvy tepelné izolace, zde mohu využít standartní výpočet. V druhé části vypočítám odpory prostupu tepla pro skosenou vrstvu tepelné izolace. Tento výpočet je složitější.

Výpočet tepelných odporů konstantních vrstev tepelné izolace:

$$R_j = \frac{d_j}{\lambda_j}$$

Kde je

R_j – tepelný odpor vrstvy ($\text{m}^2\text{K}/\text{W}$)

d_j – tloušťka vrstvy (m)

λ_j – návrhová tepelná vodivost vrstvy (W/mK), pro dosažení návrhového součinitele tepelné vodivosti, navýšíme hodnotu o 5%

TABULKA Č. 16 – VÝPOČET ODPORU TEPLA KONSTANTNÍCH VRSTEV

Vrstva	d_i (m)	λ_i (W/mK)	$\lambda_i d_i$ (W/mK)	R_i ($\text{m}^2\text{K}/\text{W}$)
KINGSPAN	0,160	0,021	0,022	7,256
EPS GREY 150S	0,300	0,031	0,033	9,217
Tloušťka	0,46			

Součtem jednotlivých tepelných odporů vrstev a připočtením R_{si} a R_{se} získáme hodnotu $R_{podklad}$.

$R_{podklad}$ – návrhový tepelný odpor konstantních vrstev ploché střechy navýšený o odpory při přestupu tepla na obou stranách kompletních prvků

R_{si} – tepelný odpor prostupu tepla vnitřní konstrukce ($\text{m}^2\text{K}/\text{W}$)

R_{se} – tepelný odpor prostupu tepla vnější konstrukce ($\text{m}^2\text{K}/\text{W}$)

Výpočet tepelných odporů zkosené vrstvy tepelné izolace:

Pro výpočet zkosené vrstvy budeme potřebovat tepelný odpor nejvyšší a nejnižší části.

$$R_1 = \frac{d_1}{\lambda_1}$$

$$R_2 = \frac{d_2}{\lambda_2}$$

Kde je

d_1 – střední tloušťka zkoseného prvku (m)

d_2 – maximální tloušťka zkoseného prvku (m)

R_1 – střední tepelný odpor zkoseného prvku ($\text{m}^2\text{K}/\text{W}$)

R_2 – maximální tepelný odpor zkoseného prvku ($\text{m}^2\text{K}/\text{W}$)

λ_j – návrhová tepelná vodivost vrstvy (W/mK), pro dosažení návrhového součinitele tepelné vodivosti navýšíme hodnotu o 5 %

Jednotlivé tepelné odpory jsem vypočítal v programu Microsoft Excel, kde byla využita původní tabulka s výpočtem převýšení.

TABULKA Č. 17 VÝPOČET TEPELNÝCH ODPORŮ

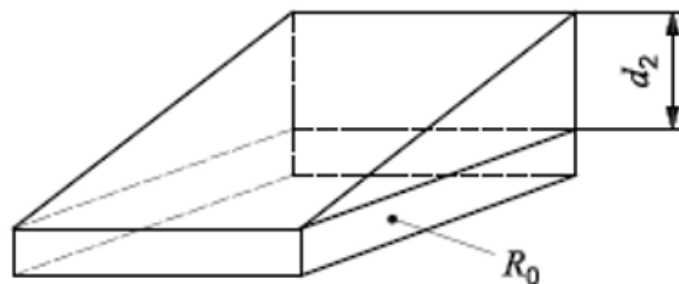
Číslo obrazce	Plocha (m ²)	Typ obrazce	d2 (m)	L (m)	d0 (m)	Rpodklad (m ² K/W)	R2 (m ² K/W)	R0 (m ² K/W)
0	0,39	0	0,000		0,03	16,61	0,00	0,82
1	36,23	2	0,174	5,815	0	16,61	4,75	0,00
2	34,35	1	0,084	2,803	0,174	16,61	2,29	4,75
3	35,34	2	0,174	5,815	0,000	16,61	4,75	0,00
4	19,40	2	0,174	5,815	0,000	16,61	4,75	0,00
5	3,93	2	0,081	2,700	0,174	16,61	2,20	4,75
6	25,91	1	0,081	2,700	0,178	16,61	2,20	4,83
7	13,76	1	0,031	1,040	0,259	16,61	0,85	7,04
8	6,98	2	0,115	3,842	0,178	16,61	3,14	4,83
9	6,98	2	0,109	3,635	0,178	16,61	2,97	4,83
10	4,91	1	0,178	5,919	0,000	16,61	4,83	0,00
11	2,60	2	0,072	2,388	0,071	16,61	1,95	1,92
12	2,60	2	0,069	2,284	0,071	16,61	1,86	1,92
13	8,68	1	0,109	3,634	0,139	16,61	2,97	3,79
14	1,28	2	0,053	1,765	0,152	16,61	1,44	4,13
15	1,28	2	0,056	1,869	0,152	16,61	1,53	4,13
16	1,28	2	0,056	1,869	0,091	16,61	1,53	2,49
17	1,28	2	0,053	1,765	0,091	16,61	1,44	2,49
18	18,33	2	0,178	5,919	0,000	16,61	4,83	0,00
19	3,93	2	0,084	2,803	0,174	16,61	2,29	4,75
Suma	229,44							
SUMA	229,44							

D. Výpočet součinitele prostupu tepla

V dalších krocích musím spočítat pro jednotlivé prvky součinitel prostupu tepla. Obecně se součinitel prostupu tepla definuje jako integrál po celé ploše daného prvku.

- Zkosené plochy s obdélníkovou podstavou:

V mém výpočtu je v tabulce označen typem prvku 1.



OBRÁZEK Č. 23 – PRVEK 1 (21)

Obecný výpočet:

$$U = \frac{1}{R_2} \times \ln\left(1 + \frac{R_2}{R_0}\right)$$

Kde je

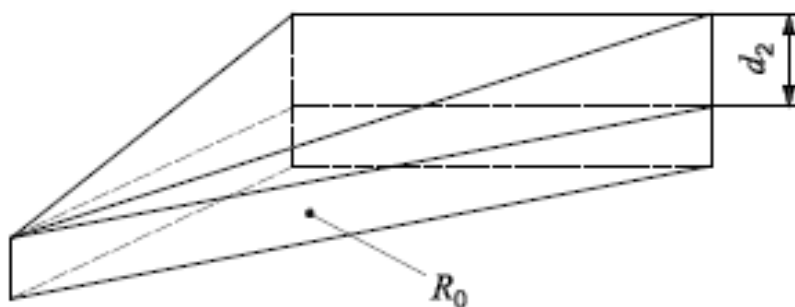
U – součinitel prostupu tepla ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$)

R_0 – návrhový tepelný odpor na počátku obrazce ($\text{m}^2\text{K}/\text{W}$)

R_2 – návrhový tepelný odpor zkosené části obrazce ($\text{m}^2\text{K}/\text{W}$)

- Zkosené plochy s trojúhelníkovou podstavou nejtlustší ve vrcholu:

V mém výpočtu jsou v tabulce označeny typem prvku 2.



OBRÁZEK Č. 24 – PRVEK 2 (21)

Obecný výpočet:

$$U = \frac{2}{R_2} \left[1 - \frac{R_0}{R_2} \times \ln \left(1 + \frac{R_2}{R_0} \right) \right]$$

Kde je

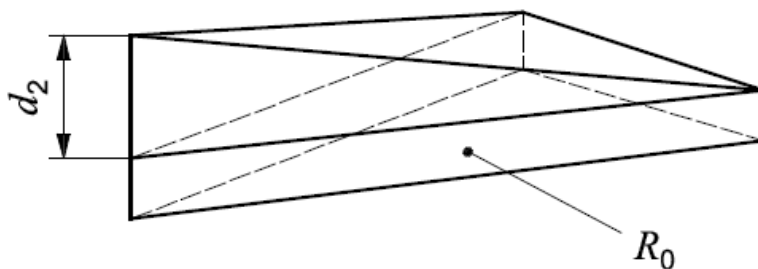
U – součinitel prostupu tepla ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$),

R_0 – návrhový tepelný odpor na počátku obrazce ($\text{m}^2\text{K}/\text{W}$)

R_2 – návrhový tepelný odpor zkosené části obrazce ($\text{m}^2\text{K}/\text{W}$)

- Zkosené plochy s trojúhelníkovou podstavou nejtlustší ve vrcholu:

Při rozdělení střešní skladby se tento typ prvku na ploché střeše nevyskytuje, tudíž nebude ve výpočtu využit. Je zde popsán pouze jako součást dodatečné informace.



OBRÁZEK Č. 25 – PRVEK 3 (21)

Obecný výpočet:

$$U = \frac{2}{R_2} \times \left[\left(1 + \frac{R_0}{R_2} \right) \times \ln \left(1 + \frac{R_2}{R_0} \right) - 1 \right]$$

Kde je

U – součinitel prostupu tepla (W/m²K)

R₀ – návrhový tepelný odpor na počátku obrazce (m²K/W)

R₂ – návrhový tepelný odpor zkosené části obrazce (m²K/W)

E. Výsledné hodnoty dílčích součinitelů prostupu tepla

Výpočet dílčích prvků je proveden v tabulce Microsoft Excel, která je součástí příloh A této práce. Z výpočtu vychází, že součinitel prostupu tepla dílčích prvků se pohybuje v rozmezí 0,04 – 0,06 W/m²K.

TABULKA Č. 18 – VYPOČTENÉ DÍLČÍ SOUČINITELE PROSTUPU TEPLA

Číslo obrazce	Plocha (m ²)	Typ obrazce	d2 (m)	L (m)	d0 (m)	Rpodklad (m ² K/W)	R2 (m ² K/W)	R0 (m ² K/W)	U (W/m ² K)
0	0,39	0	0,000		0,03	16,61	0,00	0,82	0,06
1	36,23	2	0,174	5,815	0	16,61	4,75	0,00	0,06
2	34,35	1	0,084	2,803	0,174	16,61	2,29	4,75	0,04
3	35,34	2	0,174	5,815	0,000	16,61	4,75	0,00	0,06
4	19,40	2	0,174	5,815	0,000	16,61	4,75	0,00	0,06
5	3,93	2	0,081	2,700	0,174	16,61	2,20	4,75	0,05
6	25,91	1	0,081	2,700	0,178	16,61	2,20	4,83	0,04
7	13,76	1	0,031	1,040	0,259	16,61	0,85	7,04	0,04
8	6,98	2	0,115	3,842	0,178	16,61	3,14	4,83	0,04
9	6,98	2	0,109	3,635	0,178	16,61	2,97	4,83	0,04
10	4,91	1	0,178	5,919	0,000	16,61	4,83	0,00	0,05
11	2,60	2	0,072	2,388	0,071	16,61	1,95	1,92	0,05
12	2,60	2	0,069	2,284	0,071	16,61	1,86	1,92	0,05
13	8,68	1	0,109	3,634	0,139	16,61	2,97	3,79	0,05
14	1,28	2	0,053	1,765	0,152	16,61	1,44	4,13	0,05
15	1,28	2	0,056	1,869	0,152	16,61	1,53	4,13	0,05
16	1,28	2	0,056	1,869	0,091	16,61	1,53	2,49	0,05
17	1,28	2	0,053	1,765	0,091	16,61	1,44	2,49	0,05
18	18,33	2	0,178	5,919	0,000	16,61	4,83	0,00	0,06
19	3,93	2	0,084	2,803	0,174	16,61	2,29	4,75	0,05
Suma	229,44								

F. Výpočet průměrného součinitele prostupu tepla konstrukcí

Abych získal hodnotu pro kompletní skladbu, vypočítám celkový součinitel prostupu tepla celé plochy střechy konstrukce. V našem případě, kdy je řešená plochá střecha symetrická, stačí výpočet pro polovinu plochy.

Obecný výpočet:

$$U = \frac{\sum U_j \times A_j}{\sum A_j}$$

Kde je

U – průměrný součinitel tepla

U_j – součinitel prostupu tepla pro jednotlivé obrazce

A_j – plocha jednotlivých obrazců

TABULKA Č. 19 – VÝSLEDNÝ CELKOVÝ SOUČINITEL PROSTUPU TEPLA PLOCHÉ STŘECHY

Číslo obrazce	Plocha (m ²)	Typ obrazce	d2 (m)	L (m)	d0 (m)	Rpodklad (m ² K/W)	R2 (m ² K/W)	R0 (m ² K/W)	U (W/m ² K)	U.A (W/m ² K)	dmax (m)	
0	0,39	0	0,000		0,03	16,61	0,00	0,82	0,06	0,02	0,490	
1	36,23	2	0,174	5,815	0	16,61	4,75	0,00	0,06	2,00	0,634	
2	34,35	1	0,084	2,803	0,174	16,61	2,29	4,75	0,04	1,53	0,719	
3	35,34	2	0,174	5,815	0,000	16,61	4,75	0,00	0,06	1,95	0,634	
4	19,40	2	0,174	5,815	0,000	16,61	4,75	0,00	0,06	1,07	0,634	
5	3,93	2	0,081	2,700	0,174	16,61	2,20	4,75	0,05	0,18	0,715	
6	25,91	1	0,081	2,700	0,178	16,61	2,20	4,83	0,04	1,15	0,719	
7	13,76	1	0,031	1,040	0,259	16,61	0,85	7,04	0,04	0,57	0,750	
8	6,98	2	0,115	3,842	0,178	16,61	3,14	4,83	0,04	0,31	0,753	
9	6,98	2	0,109	3,635	0,178	16,61	2,97	4,83	0,04	0,31	0,747	
10	4,91	1	0,178	5,919	0,000	16,61	4,83	0,00	0,05	0,26	0,638	
11	2,60	2	0,072	2,388	0,071	16,61	1,95	1,92	0,05	0,14	0,602	
12	2,60	2	0,069	2,284	0,071	16,61	1,86	1,92	0,05	0,14	0,599	
13	8,68	1	0,109	3,634	0,139	16,61	2,97	3,79	0,05	0,40	0,708	
14	1,28	2	0,053	1,765	0,152	16,61	1,44	4,13	0,05	0,06	0,665	
15	1,28	2	0,056	1,869	0,152	16,61	1,53	4,13	0,05	0,06	0,668	
16	1,28	2	0,056	1,869	0,091	16,61	1,53	2,49	0,05	0,07	0,607	
17	1,28	2	0,053	1,765	0,091	16,61	1,44	2,49	0,05	0,07	0,604	
18	18,33	2	0,178	5,919	0,000	16,61	4,83	0,00	0,06	1,01	0,638	
19	3,93	2	0,084	2,803	0,174	16,61	2,29	4,75	0,05	0,18	0,719	
Suma	229,44											
SUMA	229,44								Vypočtená hodnota U ploché střechy (W/m ² *K)	0,050	11,46	0,753

Výsledná hodnota průměrného součinitele prostupu tepla navržené konstrukce je 0,050 W/m²K.

TABULKA Č. 20 - POROVNÁNÍ HODNOT SOUČINITELŮ PROSTUPU TEPLA

Hodnota součinitele prostupu tepla U (W/m ² K), v průkazu PENB	Vypočtená hodnota U (W/m ² K)
0,080	0,050

Z výpočtu je patrné, že navržená hodnota, která byla 0,08 W/m²K, je po provedení podrobného výpočtu dle ČSN EN ISO 6946 ještě nižší. Proto je nutné střešní konstrukci optimalizovat, jelikož je tento návrh nevhodný a rovněž obtížně proveditelný.

Samotná tloušťka vrstev tepelných izolací odpovídá vypočtené hodnotě $d_{max} = 0,753$ m. Při realizaci skladby o této tloušťce by bylo nutné navýšit stávající atiku o ocelovou konstrukci, což je patrné z návrhu v projektové dokumentaci.

1.3. Optimalizovaný návrh nové skladby ploché střechy

V novém návrhu využiji poznatky z provedeného výpočtu, kde jsem zjistil, že je možné snížit skladbu spádové izolace a tím snížit i její tloušťku. Tato úprava by sama nestačila, proto z návrhu vypustíme také tepelně izolační panely Kingspan. To sníží tloušťku střešní skladby o dalších 160 mm.

Všechny tyto úpravy musím ověřit výpočtem součinitele prostupu tepla. Ten následně vložím do průkazu energetické náročnosti budovy místo původní hodnoty. Je důležité, aby mé úpravy neovlivnili třídu energetické náročnosti. Ukazatel, pomocí kterého budeme provádět kontrolu, je měrná ztráta prostupem tepla H_t . Úpravou se nám změní součinitel prostupu tepla, a to nám změní měrnou tepelnou ztrátu konstrukce v průkazu.

Je důležité, aby celkový součet tepelné ztráty pro konstrukce v průkazu energetické náročnosti byl menší nebo roven stávající hodnotě. Pokud by se hodnota zvýšila, nebyla by nadále zaručena třída energetické náročnosti budovy.

Jelikož jsem již vytvořil naprogramovanou tabulku v Microsoft Excel s potřebnými výpočty, bude samotný výpočet značně rychlejší. V případě nepříznivých výsledků můžeme jednotlivé vrstvy skladby libovolně měnit a výsledek se nám automaticky vypočítá.

V tabulce, jež je přílohou A této práce, se nám výpočet automaticky propíše do vytvořeného průkazu energetické náročnosti budovy. Tím můžeme ihned kontrolovat nově provedené úpravy.

Nový návrh tepelně izolačních vrstev je zjednodušen, a to na dvě tepelně-izolační vrstvy. Konstantní vrstva tepelné izolace bude z EPS Grey 150. Pro spádování ploché střechy použijeme EPS 150. Rozdíl bude v tloušťce vrstvy, jelikož se navrhovaný spád sníží ze 3% na 2%.

TABULKA Č. 21 – OPTIMALIZOVANÉ VRSTVY TEPELNÉ IZOLACE

Č	Název vrstvy	Tloušťka (mm)	Součinitel tepelné vodivosti λ (W/mK)	Návrhový součinitel tepelné vodivosti λ (W/mK)
4.	Tepelný izolant ze stabilizovaného pěnového polystyrenu EPS Grey 150S	150	0,035	0,037
5.	Spádová vrstva z tepelné izolace EPS 150	min. 30-210	0,035	0,037
Celková tloušťka skladby		360		

Základní předpoklady

- Střešní konstrukce je symetrická dle středové osy, je tedy možné uskutečnit výpočet pouze pro polovinu střechy
- Nejnižším bodem střechy je střešní vpust u dojezdů výtahové šachty, k tomuto bodu bude vztažen počátek výpočtu a bude se označovat číslem obrazce 0.

Pro výpočet je třeba znát

- Typ prvků
- Plochu prvků
- Kolmou vzdálenost k nejnižšímu bodu, ke kterému je vztažen výpočet
- Spád skladby
- Tloušťky jednotlivých vrstev skladby
- Odpory při prostupech tepla R_j pro jednotlivé vrstvy (m^2K/W)
- Součinitele tepelné vodivosti λ (W/mK)
- Vnitřní tepelné odpor při prostupu tepla R_{si} (m^2K/W)
- Vnější tepelný odpor při prostupu tepla R_{se} (m^2K/W)

1.3.1. Postup výpočtu dle ČSN EN ISO 6946

A. Rozdělení střešní skladby na jednotlivé prvky

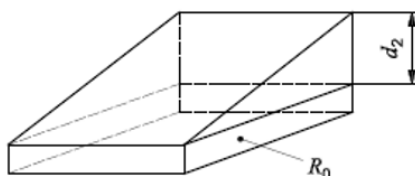
Konstrukci si rozdělím na jednotlivé prvky, které musí odpovídat základním prvkům popsaných v normovém výpočtu pro zkosené ploché střechy.

Výpočet jednotlivých prvků byl proveden u předešlého výpočtu.

Prvky:

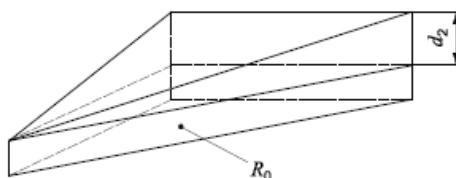
- Zkosené plochy s obdélníkovou podstavou.

V mém výpočtu je v tabulce označen typem prvku 1



OBRÁZEK Č. 26 – PRVEK 1 (21)

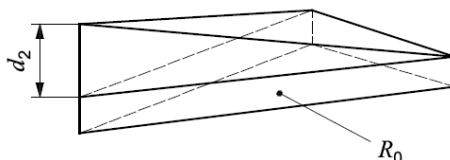
- Zkosené plochy s trojúhelníkovou podstavou nejtenčí ve vrcholu.



OBRÁZEK Č. 27 – PRVEK 2 (21)

- Zkosené plochy s trojúhelníkovou podstavou nejtlustší ve vrcholu

Při rozdělení střešní skladby se tento typ prvku na ploché střeše nevyskytuje. Tudíž nebude ve výpočtu využit.



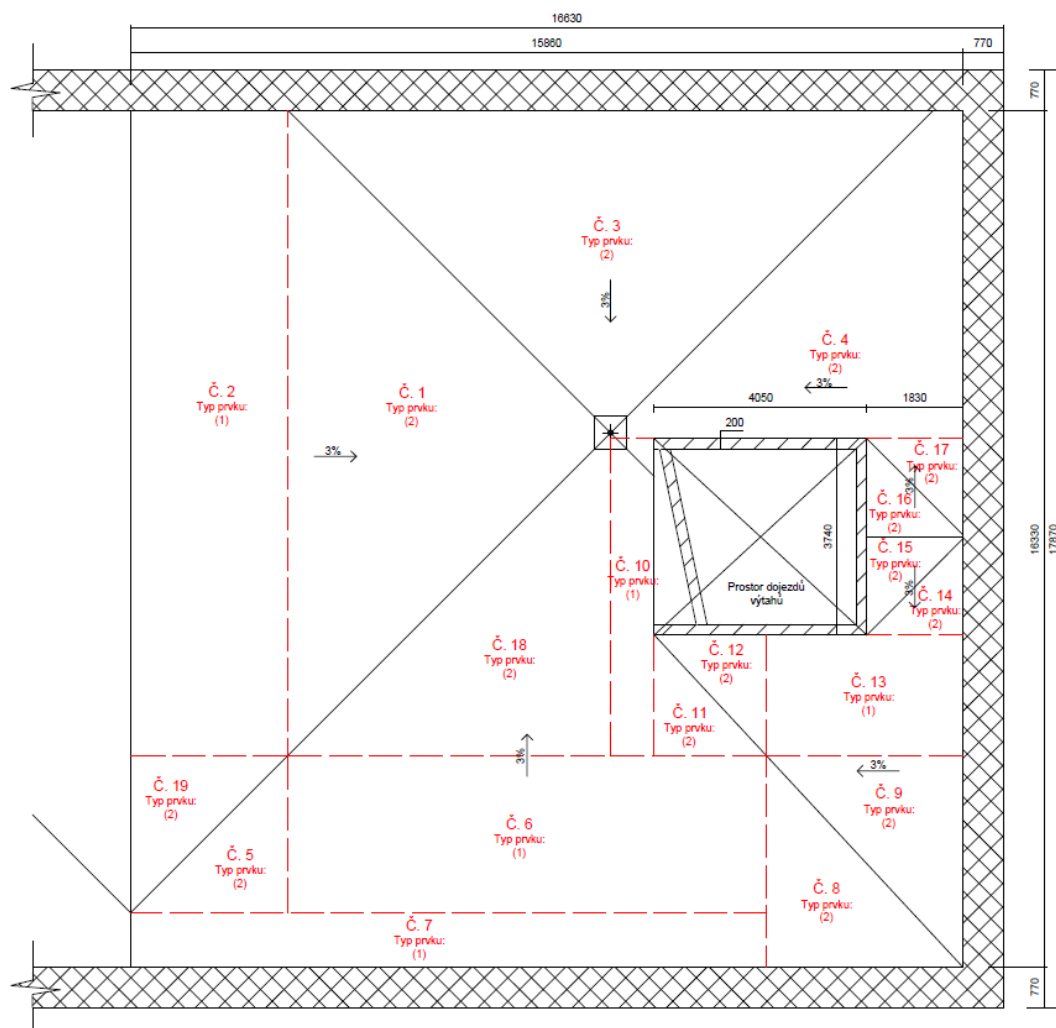
OBRÁZEK Č. 28 – PRVKY 3 (21)

Popis jednotlivých prvků 26, 27, 28

d_2 – maximální tloušťka zkosené vrstvy (m)

R_0 – návrhový tepelný odpor konstantních vrstev ploché střechy při přestupu tepla na obou stranách kompletních prvků (m^2K/W)

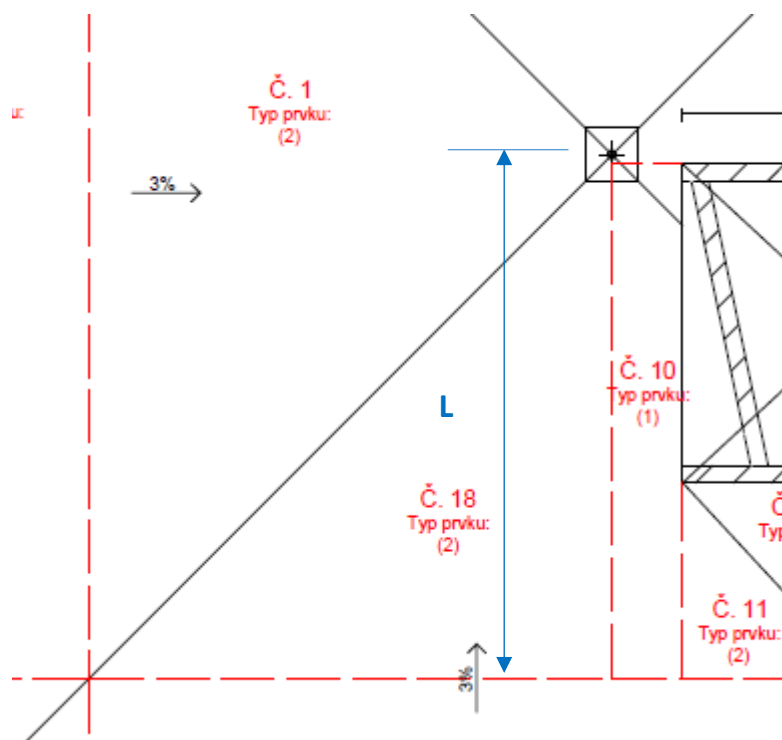
Při rozdělování konstrukce byly využity pouze prvky typu 1 a 2.



OBRÁZEK Č. 29 – ROZDĚLENÍ PLOCHÉ STŘECHY NA JEDNOTLIVÉ PRVKY

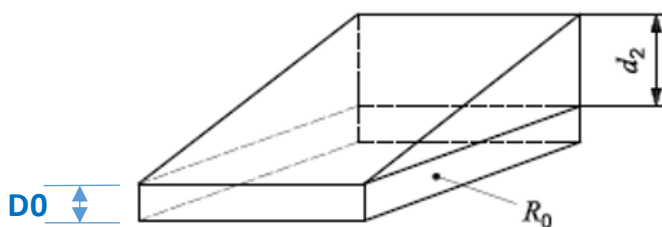
B. Výpočet výškových parametrů prvků

Pro každý prvek vypočítám plochu podstavy a změřím kolmo vzdálenost od nejbližšího bodu prvku ke středu střešní vpusti.



OBRÁZEK Č. 30 – ODMĚŘENÍ VZDÁLENOSTI PRVKŮ OD VPUSTI

Pro výpočet převýšení d_2 jednotlivých prvků musíme znát spád střešní konstrukce. Ten je v našem případě 3%. Pokud známe tyto hodnoty můžeme provést výpočet převýšení daného obrazce. Parametr d_0 je nulový pro prvky přímo navazující na počátek výpočtu. Ostatní prvky mají d_0 určené výškou předchozího prvku, na který navazují



OBRÁZEK Č. 31 – VÝPOČET PŘEVÝŠENÍ d_2 (21)

Obecný výpočet převýšení d_2 :

$$d_2 = d_0 + (L \times s)$$

d_2 – převýšení prvku (m)

d_0 – počáteční výška prvku od střešní vpusti (m)

L – kolmá vzdálenost od nejvzdálenějšího bodu na obrazci ke středu střešní vpusti.

s – spád ploché konstrukce (%)

Kompletní zadání parametrů jsem vložil do mnou vytvořené tabulky v Microsoft Excel, kde byl následně proveden výpočet pro jednotlivé prvky.

TABULKA Č. 22 – VÝPOČET PŘEVÝŠENÍ d_2

Číslo obrazce	Plocha (m ²)	Typ obrazce	d2 (m)	L (m)	d0 (m)
0	0,39	0	0,000		0,03
1	36,23	2	0,116	5,815	0
2	34,35	1	0,056	2,803	0,116
3	35,34	2	0,116	5,815	0,000
4	19,40	2	0,116	5,815	0,000
5	3,93	2	0,054	2,700	0,116
6	25,91	1	0,054	2,700	0,118
7	13,76	1	0,021	1,040	0,172
8	6,98	2	0,077	3,842	0,118
9	6,98	2	0,073	3,635	0,118
10	4,91	1	0,118	5,919	0,000
11	2,60	2	0,048	2,388	0,071
12	2,60	2	0,048	2,388	0,071
13	8,68	1	0,073	3,634	0,118
14	1,28	2	0,035	1,765	0,168
15	1,28	2	0,037	1,869	0,168
16	1,28	2	0,037	1,869	0,091
17	1,28	2	0,035	1,765	0,091
18	18,33	2	0,118	5,919	0,000
19	3,93	2	0,056	2,803	0,116
			0,000		
SUMA	229,44				

B. Výpočet tepelného odporu prvků

Další kroky výpočtu vypočítám tepelné odpory jednotlivých prvků. Výpočet bude rozdělen na dvě části. V první spočítám odpory prostupu tepla pro konstantní vrstvy tepelné izolace, kde mohu využít standartní výpočet. V druhé části vypočítám odpory prostupu tepla pro skosenou vrstvu tepelné izolace. Tento výpočet je složitější. Vychází z výpočtu dle ČSN EN ISO 6946 Přílohy E, který jsem popsal v obecné části 2.3.4. mé práce.

Výpočet tepelných odporů konstantních vrstev tepelné izolace:

$$R_j = \frac{d_j}{\lambda_j}$$

Kde je

R_j – tepelný odpor vrstvy ($\text{m}^2\text{K}/\text{W}$)

d_j – tloušťka vrstvy (m)

λ_j – návrhová tepelná vodivost vrstvy (W/mK), Pro dosažení návrhového součinitele tepelné vodivosti, navýšíme hodnotu o 5 %.

TABULKA Č. 23 - VÝPOČET ODPORU TEPLA KONSTANTNÍCH VRSTEV

Vrstva	d_i (m)	λ_i (W/mK)	λ_{id} (W/mK)	R_i ($\text{m}^2\text{K}/\text{W}$)
EPS 150S	0,150	0,035	0,037	4,082
Tloušťka	0,15			

Součtem jednotlivých tepelných odporů vrstev a připočtením R_{si} a R_{se} . Získáme hodnotu R_0

$R_{podklad}$ – Návrhový tepelný odpor konstantních vrstev ploché střechy navýšené o odpory při přestupu tepla na obou stranách kompletních prvků. ($\text{m}^2\text{K}/\text{W}$)

R_{si} – Tepelný odpor prostupu tepla vnitřní konstrukce ($\text{m}^2\text{K}/\text{W}$)

R_{se} – Tepelný odpor prostupu tepla vnější konstrukce ($\text{m}^2\text{K}/\text{W}$)

C. Výpočet teplených odporů zkosené vrstvy tepelné izolace:

Pro výpočet zkosené vrstvy budeme potřebovat tepelný odpor nejvyšší a nejnižší části.

$$R_1 = \frac{d_1}{\lambda_1}$$

$$R_2 = \frac{d_2}{\lambda_2}$$

Kde je

d_1 – střední tloušťka zkoseného prvku (m)

d_2 – maximální tloušťka zkoseného prvku (m)

R_1 – střední tepelný odpor zkoseného prvku ($\text{m}^2\text{K}/\text{W}$)

R_2 – maximální tepelný odpor zkosené ho prvku ($\text{m}^2\text{K}/\text{W}$)

λ_j – návrhová tepelná vodivost vrstvy (W/mK), Pro dosažení návrhového součinitele tepelné vodivosti, navýšíme hodnotu o 5 %.

Jednotlivé tepelné odpory jsem vypočítal v programu Microsoft Excel, kde byla využita původní tabulka s výpočtem převýšení.

TABULKA Č. 24 - VÝPOČET TEPELNÝCH ODPORŮ

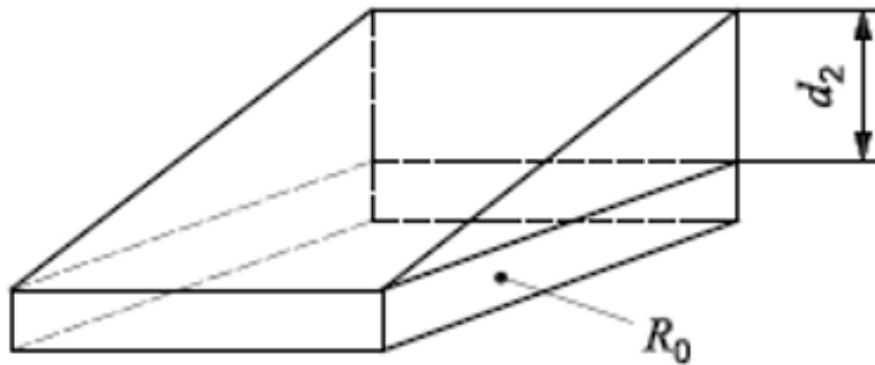
Číslo obrazce	Plocha (m ²)	Typ obrazce	d2 (m)	L (m)	d0 (m)	Rpodklad (m ² K/W)	R2 (m ² K/W)	R0 (m ² K/W)
0	0,39	0	0,000		0,03	4,38	0,00	0,82
1	36,23	2	0,116	5,815	0	4,38	3,16	0,00
2	34,35	1	0,056	2,803	0,116	4,38	1,53	3,16
3	35,34	2	0,116	5,815	0,000	4,38	3,16	0,00
4	19,40	2	0,116	5,815	0,000	4,38	3,16	0,00
5	3,93	2	0,054	2,700	0,116	4,38	1,47	3,16
6	25,91	1	0,054	2,700	0,118	4,38	1,47	3,22
7	13,76	1	0,021	1,040	0,172	4,38	0,57	4,69
8	6,98	2	0,077	3,842	0,118	4,38	2,09	3,22
9	6,98	2	0,073	3,635	0,118	4,38	1,98	3,22
10	4,91	1	0,118	5,919	0,000	4,38	3,22	0,00
11	2,60	2	0,048	2,388	0,071	4,38	1,30	1,92
12	2,60	2	0,048	2,388	0,071	4,38	1,30	1,92
13	8,68	1	0,073	3,634	0,118	4,38	1,98	3,22
14	1,28	2	0,035	1,765	0,168	4,38	0,96	4,57
15	1,28	2	0,037	1,869	0,168	4,38	1,02	4,57
16	1,28	2	0,037	1,869	0,091	4,38	1,02	2,48
17	1,28	2	0,035	1,765	0,091	4,38	0,96	2,48
18	18,33	2	0,118	5,919	0,000	4,38	3,22	0,00
19	3,93	2	0,056	2,803	0,116	4,38	1,53	3,16
			0,000					
SUMA	229,44							

D. Výpočet součinitele prostupu tepla

V dalších krocích musím spočítat pro jednotlivé prvky součinitele prostupu tepla. Obecně se součinitel prostupu tepla definuje jako integrál po celé ploše daného prvku.

- Zkosené plochy s obdélníkovou podstavou:

V mém výpočtu je v tabulce označen typem prvku 1



OBRÁZEK Č. 32 – PRVEK 1 (21)

Obecný výpočet:

$$U = \frac{1}{R_2} \times \ln\left(1 + \frac{R_2}{R_0}\right)$$

Kde je

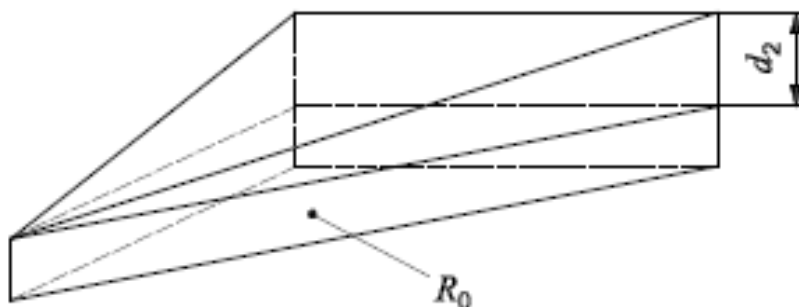
U – součinitel prostupu tepla ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$),

R_0 – návrhový tepelný odpor na počátku obrazce ($\text{m}^2\text{K}/\text{W}$)

R_2 – návrhový tepelný odpor zkosené části obrazce ($\text{m}^2\text{K}/\text{W}$)

- Zkosené plochy s trojúhelníkovou podstavou nejtlustší ve vrcholu:

V mém výpočtu je v tabulce označen typem prvku 2



OBRÁZEK Č. 33 – PRVEK 2 (21)

Obecný výpočet:

$$U = \frac{2}{R_2} \left[1 - \frac{R_0}{R_2} \times \ln \left(1 + \frac{R_2}{R_0} \right) \right]$$

Kde je

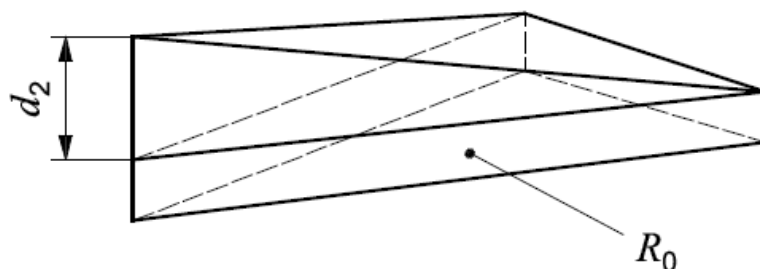
U – součinitel prostupu tepla ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$),

R_0 – návrhový tepelný odpor na počátku obrazce ($\text{m}^2\text{K}/\text{W}$)

R_2 – návrhový tepelný odpor zkosené části obrazce ($\text{m}^2\text{K}/\text{W}$)

- Zkosené plochy s trojúhelníkovou podstavou nejtlustší ve vrcholu

Při rozdělení střešní skladby se tento typ prvku na ploché střeše nevyskytuje. Tudiž nebude ve výpočtu využit. Je zde vypsán pouze jako dodatečná informace.



OBRÁZEK Č. 34 – PRVEK 3 (21)

Obecný výpočet:

$$U = \frac{2}{R_2} \times \left[\left(1 + \frac{R_0}{R_2} \right) \times \ln \left(1 + \frac{R_2}{R_0} \right) - 1 \right]$$

Kde je

U – součinitel prostupu tepla (W/m^2K),

R_0 – návrhový tepelný odpor na počátku obrazce (m^2K/W)

R_2 – návrhový tepelný odpor zkosené části obrazce (m^2K/W)

A. Výsledné hodnoty dílčích součinitelů prostupu tepla

Výpočet dílčích prvků je proveden v tabulce. Která je přílohou A této práce. Z výpočtu vychází že součinitel prostupu tepla dílčích prvků se pohybuje v rozmezí 0,11 – 0,19 W/m²K.

TABULKA Č. 25 - VYPOČTENÉ DÍLČÍ SOUČINITELE PROSTUPU TEPLA

Číslo obrazce	Plocha (m ²)	Typ obrazce	d2 (m)	L (m)	d0 (m)	Rpodklad (m ² K/W)	R2 (m ² K/W)	R0 (m ² K/W)	U (W/m ² K)
0	0,39	0	0,000		0,03	4,38	0,00	0,82	0,19
1	36,23	2	0,116	5,815	0	4,38	3,16	0,00	0,19
2	34,35	1	0,056	2,803	0,116	4,38	1,53	3,16	0,12
3	35,34	2	0,116	5,815	0,000	4,38	3,16	0,00	0,19
4	19,40	2	0,116	5,815	0,000	4,38	3,16	0,00	0,19
5	3,93	2	0,054	2,700	0,116	4,38	1,47	3,16	0,12
6	25,91	1	0,054	2,700	0,118	4,38	1,47	3,22	0,12
7	13,76	1	0,021	1,040	0,172	4,38	0,57	4,69	0,11
8	6,98	2	0,077	3,842	0,118	4,38	2,09	3,22	0,12
9	6,98	2	0,073	3,635	0,118	4,38	1,98	3,22	0,12
10	4,91	1	0,118	5,919	0,000	4,38	3,22	0,00	0,17
11	2,60	2	0,048	2,388	0,071	4,38	1,30	1,92	0,15
12	2,60	2	0,048	2,388	0,071	4,38	1,30	1,92	0,15
13	8,68	1	0,073	3,634	0,118	4,38	1,98	3,22	0,12
14	1,28	2	0,035	1,765	0,168	4,38	0,96	4,57	0,11
15	1,28	2	0,037	1,869	0,168	4,38	1,02	4,57	0,11
16	1,28	2	0,037	1,869	0,091	4,38	1,02	2,48	0,14
17	1,28	2	0,035	1,765	0,091	4,38	0,96	2,48	0,14
18	18,33	2	0,118	5,919	0,000	4,38	3,22	0,00	0,19
19	3,93	2	0,056	2,803	0,116	4,38	1,53	3,16	0,12
			0,000						
SUMA	229,44								

B. Výpočet průměrného součinitele prostupu tepla konstrukcí

Abych získal hodnotu pro kompletní skladbu. Vypočítám celkový součinitel prostupu tepla celé plochy střechy konstrukce. V našem případě, kdy je řešená plochá střecha symetrická, stačí výpočet pro polovinu plochy.

Obecný výpočet:

$$U = \frac{\sum U_j \times A_j}{\sum A_j}$$

Kde je

U – průměrný součinitel tepla

U_j – součinitel prostupu tepla pro jednotlivé obrazce

A_j – plocha jednotlivých obrazců

TABULKA Č. 26 – VÝSLEDNÝ CELKOVÝ SOUČINITEĽ PROSTUPU TEPLA PLOCHÉ STŘECHY

Číslo obrazce	Plocha (m ²)	Typ obrazce	d2 (m)	L (m)	d0 (m)	Rpodklad (m ² K/W)	R2 (m ² K/W)	R0 (m ² K/W)	U (W/m ² K)	U.A (W/m ² K)	dmax (m)
0	0,39	0	0,000		0,03	4,38	0,00	0,82	0,19	0,08	0,180
1	36,23	2	0,116	5,815	0	4,38	3,16	0,00	0,19	6,79	0,266
2	34,35	1	0,056	2,803	0,116	4,38	1,53	3,16	0,12	4,15	0,322
3	35,34	2	0,116	5,815	0,000	4,38	3,16	0,00	0,19	6,62	0,266
4	19,40	2	0,116	5,815	0,000	4,38	3,16	0,00	0,19	3,63	0,266
5	3,93	2	0,054	2,700	0,116	4,38	1,47	3,16	0,12	0,49	0,320
6	25,91	1	0,054	2,700	0,118	4,38	1,47	3,22	0,12	3,12	0,322
7	13,76	1	0,021	1,040	0,172	4,38	0,57	4,69	0,11	1,47	0,343
8	6,98	2	0,077	3,842	0,118	4,38	2,09	3,22	0,12	0,84	0,345
9	6,98	2	0,073	3,635	0,118	4,38	1,98	3,22	0,12	0,85	0,341
10	4,91	1	0,118	5,919	0,000	4,38	3,22	0,00	0,17	0,84	0,268
11	2,60	2	0,048	2,388	0,071	4,38	1,30	1,92	0,15	0,39	0,268
12	2,60	2	0,048	2,388	0,071	4,38	1,30	1,92	0,15	0,39	0,268
13	8,68	1	0,073	3,634	0,118	4,38	1,98	3,22	0,12	1,01	0,341
14	1,28	2	0,035	1,765	0,168	4,38	0,96	4,57	0,11	0,14	0,353
15	1,28	2	0,037	1,869	0,168	4,38	1,02	4,57	0,11	0,14	0,355
16	1,28	2	0,037	1,869	0,091	4,38	1,02	2,48	0,14	0,18	0,278
17	1,28	2	0,035	1,765	0,091	4,38	0,96	2,48	0,14	0,18	0,276
18	18,33	2	0,118	5,919	0,000	4,38	3,22	0,00	0,19	3,42	0,268
19	3,93	2	0,056	2,803	0,116	4,38	1,53	3,16	0,12	0,49	0,322
			0,000								
SUMA	229,44										
											Maximální tloušťka izolace
SUMA	229,44								0,153	35,21	0,355

Výsledná hodnota průměrného součinitele prostupu tepla navržené konstrukce je **0,153 W/m²K**.

TABULKA Č. 27 – POROVNÁNÍ HODNOT SOUČINITEĽŮ PROSTUPU TEPLA

Hodnota součinitele prostupu tepla U (W/m ² K), v průřezu PENB	Vypočtená hodnota U (W/m ² K)
0,080	0,153

Z výpočtu je patrné, že navržená hodnota, která byla 0,08 W/m²K je po provedení optimalizace a následného výpočtu dle ČSN EN ISO 6946 **0,153 W/m²K**. Tato hodnota už odpovídá požadované hodnotě součinitele prostupu tepla ploché střechy.

Samotná tloušťka vrstev tepelných izolací se snížila z hodnoty $d_{max} = 0,753$ m na hodnotu **0,355 mm**. Díky tomuto snížení můžeme vypustit navržené navýšení konstrukce atiky.

1.3.2. Přesný výpočet součinitele prostupu tepla vnějších otvorů

Okenní otvory tvoří přibližně třetinu plochy obvodové konstrukce a mají značný vliv na celkový průměrný součinitel prostupu tepla budovy.

Při vložení přesné hodnoty součinitele prostupu tepla do PENB není možné změnit tloušťku skladby, a proto je nutné hledat možnosti snížení hodnot součinitele prostupu tepla konstrukcí obálky budovy tam, kde se dá předpokládat možná rezerva.

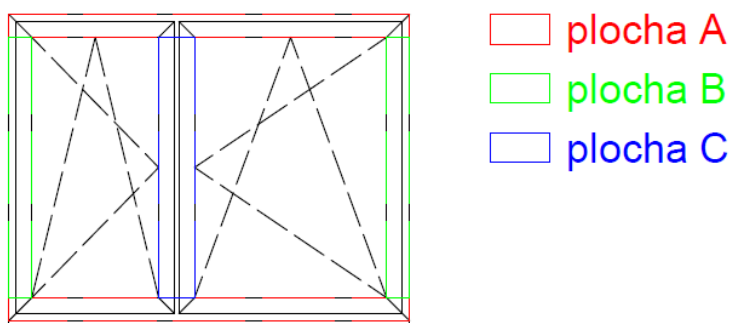
Výpočet přesné hodnoty průměrného součinitele prostupu tepla okenních výplní:

- Pro výpočet musíme určit
 - Typ okna
 - Počet kusů oken
 - Plocha rámu (m^2)
 - Plocha zasklení (m^2)
 - Součinitel prostupu tepla rámu U_f
 - Součinitel prostupu tepla zasklením U_g
 - Vliv tepelných mostů Ψ_g (10 %)

1.3.3. Postup výpočtu

A. Rozdělení okenních výplní typu 6 a 7 na jednotlivé prvky

Nejprve rozdělím rám na jednotlivé prvky podle jejich rozměrů a materiálu a určím plochy prvků. Díky tomuto rozdělení určím plochy rámu a zasklení a přiřadím k nim náležité korekční koeficienty. Například středové sloupky mají jiný součinitel prostupu tepla, jelikož je tvar komor rámu jiný.



OBRÁZEK Č. 35 – ROZDĚLENÍ NA PRVKY PRO TYP OKEN 6 A 7

K jednotlivým plochám přiřadím parametry, které jsem získal od výrobce oken.



OBRÁZEK Č. 36 – POPIS VÝPLNÍ TYPU 6 A 7

B. Výpočet součinitele prostupu tepla okenní výplní typu 6 a 7

Obecný výpočet:

$$U_{w,u} = \frac{A_g \times U_g + A_f \times U_f + I_g \times \Psi_g}{A_g \times A_f}$$

Kde je

A_g – viditelná plocha zasklení

U_f – součinitel prostupu tepla zasklením

A_f – plocha okenního rámu a křídla

U_g – součinitel prostupu tepla rámu

I_g – délka viditelného obvodu zasklení

Ψ_g – lineární činitel prostupu styku rám/zasklení včetně vlivu distančního rámečku izolačního skla

Získané parametry okenních otvorů jsem vložil do předem vytvořené tabulky, kde jsem následně provedl výpočet.

TABULKA Č. 28 – VÝPOČET U_w VÝPLNÍ OTVORŮ 6 A 7

Část rámu	n (počet částí)	L (délka)	h (šířka rámu)	A (plocha)	Uframe	A*Uf	P	Y	p*ψ
a	2	2030	116	0,47	1,20	0,57	8,584	0	0,00
b	2	1318	116	0,31	1,20	0,37	5,736	0	0,00
c	1	1318	182	0,24	1,20	0,29	3	0	0,00
				0,00	1,20	0,00	0	0	0,00
				0,00	1,20	0,00	0	0	0,00
				1,02		1,22			0,00
Zasklení					Uglass				
sklo 1	1	1318	643	0,85	0,60	0,51	3,922	0,037	0,15
sklo 2	1	1318	973	1,28	0,60	0,77	4,582	0,037	0,17
				0,00	0,60	0,00	0	0,037	0,00
				2,13		1,28			0,31
SUMA				3,147		2,50			0,31

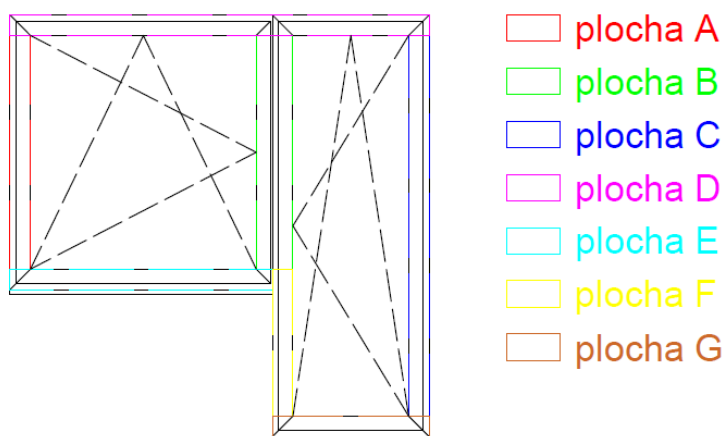
vliv tep. mostů 11%

U_w	0,89	W/m ² K
-------	------	--------------------

Okna typu 6 a 7 mají součinitel prostupu tepla celého okna U_w 0,89 W/m²K.

C. Rozdělení okenních výplní typu 8, 9 a 11 na jednotlivé prvky

Rozdělím rám na jednotlivé prvky podle jejich rozměrů a materiálu, a následně určím plochy prvků. Díky tomuto rozdělení určím plochy rámu a zasklení a přiřadím k nim odpovídající korekční koeficienty. Například středové sloupky mají jiný součinitel prostupu tepla, jelikož je tvar komor rámu jiný.



OBRÁZEK Č. 37 – ROZDĚLENÍ NA PRVKY PRO TYP OKEN 6 A 7

K jednotlivým plochám přiřadím parametry, které jsem získal od výrobce oken.



OBRÁZEK Č. 38 – POPIS VÝPLNÍ TYPU 6 A 7

D. Výpočet součinitele prostupu tepla okenní výplní typu 8,9 a 11

Obecný výpočet:

$$U_{w,u} = \frac{A_g \times U_g + A_f \times U_f + I_g \times \Psi_g}{A_g \times A_f}$$

Kde je

A_g – viditelná plocha zasklení

U_f – součinitel prostupu tepla zasklením

A_f – plocha okenního rámu a křídla

U_g – součinitel prostupu tepla rámu

I_g – délka viditelného obvodu zasklení

Ψ_g – lineární činitel prostupu styku rám/zasklení včetně vlivu distančního rámečku izolačního skla

TABULKA Č. 29 – VÝPOČET U_w VÝPLNÍ OTVORŮ 8, 9 A 11

Část rámu	n (počet částí)	L (délka)	h (šířka rámu)	A (plocha)	U _{frame}	A*U _f	P	Y	P*Ψ
a	1	1318	116	0,15	1,20	0,18	2,868	0	0,00
b	1	1318	182	0,24	1,20	0,29	3	0	0,00
c	1	2380	116	0,28	1,20	0,33	4,992	0	0,00
d	1	2365	116	0,27	1,20	0,33	4,962	0	0,00
e	1	1480	116	0,17	1,20	0,21	3,192	0	0,00
f	1	800	116	0,09	1,20	0,11	1,832	0	0,00
g	1	885	116	0,10	1,20	0,12	2,002	0	0,00
				1,31		1,57			0,00
					U _{glass}				
sklo 1	1	1248	1318	1,64	0,60	0,99	5,132	0,037	0,19
sklo 2	1	653	2148	1,40	0,60	0,84	5,602	0,037	0,21
sklo dveře				0,00	0,60	0,00	0	0,037	0,00
				3,05		1,83			0,40
SUMA				4,358		3,40			0,40

vliv tep. mostů 10%

U_w	0,87	W/m ² K
-------	------	--------------------

Okna typu 8, 9 a 11 mají součinitel prostupu tepla celého okna U_w 0,87 W/m²K.

1.3.4. Přesný výpočet součinitele prostupu tepla vnější stěny

Pro získání další rezervy v rámci optimalizace je třeba provést přesný výpočet součinitele prostupu tepla obvodové konstrukce.

- Pro výpočet potřebuji znát:
 - Tloušťky vrstev (mm)
 - Plochu pláště fasády (m²)
 - Součinitele tepelné vodivosti λ (W/mK)
 - Vnitřní tepelný odpor při prostupu tepla R_{si} (m²K/W)
 - Vnější tepelný odpor při prostupu tepla R_{se} (m²K/W)

1.3.5. Postup výpočtu

A. Výpočet tepelných odporů jednotlivých vrstev

Nejdříve spočtu odpory při prostupu tepla pro jednotlivé vrstvy konstrukce.

$$R_j = \frac{d_j}{\lambda_j}$$

Kde je

R_j – tepelný odpor j-té vrstvy konstrukce (m²K/W)

d_j – tloušťka j-té vrstvy v konstrukci (m)

λ_j – součinitel tepelné vodivosti j-té vrstvy (W/mK)

Dále tepelný odpor při prostupu tepla konstrukcí.

$$R_T = R_{si} + \sum R_j + R_{se}$$

Kde je

R_T – odpor při prostupu tepla konstrukcí (m^2K/W)

R_{si} – odpor při prostupu tepla na vnitřní straně konstrukce (m^2K/W)

R_{se} – odpor při prostupu tepla na vnější straně konstrukce (m^2K/W)

B. Výpočet součinitele prostupu tepla konstrukce

Obecný výpočet:

$$U = \frac{1}{R_T}$$

Kde je

U – součinitel prostupu tepla konstrukce (W/m^2K)

R_T – odpor při prostupu tepla konstrukce (m^2K/W)

TABULKA Č. 30 – SOUČINITEL PROSTUPU TEPLA VNĚJŠÍ STĚNY

Z1 - Kontaktní zateplovací systém s tepelným izolantem z mirální vlny

Popis	Tloušťka (mm)	λ (W/mK)	λd (W/mK)	R_d (m^2K/W)
Vnější omítka	0,010	0,830	0,872	0,01
Stávající podklad, jednovrstvé struskokeramzitbetonové panely	0,300	0,740	0,777	0,39
Suchá omítková směs pro jádrové omítky	0,010	0,830	0,872	0,01
Lepící hmota na bázi cementu pro ETICS	0,008	0,700	0,735	0,01
Desky z čedičové vlny s podélnou orientací vláken deklar. 0,035W/mK	0,200	0,035	0,037	5,44
Stěrka na bázi cementu pro ETICS	0,003	0,470	0,494	0,01
Probarvený podkladní nátěr akrylátová disperze pro tenko. Vr. Omítky	0,001	0,800	0,840	0,00
Modifikovaná silikátová probarvená s fotovoltaickým efektem	0,002	0,800	0,840	0,00
			R suma	6,04
Součinitel prostupu tepla (W/m^2K)				0,166

Součinitel prostupu tepla obvodové konstrukce je 0,166 W/ m²K.

1.3.6. Ověření vypočítaných hodnot součinitelů prostupu tepla konstrukcemi

Po provedení výpočtů jednotlivých optimalizovaných konstrukcí jsem výsledné hodnoty vložil do tabulky č. 31 a porovnal s požadavky ČSN 730540-2:2011.

TABULKA Č. 31 – POROVNÁNÍ HODNOT SOUČiniteLE PROSTUPU TEPLA S POŽADOVANÝMI HODNOTAMI $U_{N,20}$ DLE ČSN 73 0540-2:2011 TEPELNÁ OCHRANA BUDOV - ČÁST 2: POŽADAVKY

Název optimalizované konstrukce	Součinitel prostupu tepla U_N (W/m ² K)	Požadované hodnoty součinitele prostupu tepla $U_{N,20}$ (W/m ² K)	Vyhodnocení
Vnější stěna	0,166	0,300	vyhovuje
Plochá střecha	0,153	0,24	vyhovuje
Výplně otvorů ve vnější stěně O1	0,89	1,50	vyhovuje

Optimalizované konstrukce splňují požadované hodnoty součinitele prostupu tepla $U_{N,20}$ W/m²K.

Vypočtené hodnoty jsem vložil do připravené tabulky PENB (je součástí přílohy A této práce), kterou jsem přepracoval do tabulky v Microsoft Excel. Vložené vypočtené hodnoty jsou označeny zeleným podbarvením. Po vložení hodnot se automaticky přepočítá hodnota měrné ztráty tepla $H_{t,j}$.

Pro ověření splnění celkové hodnoty měrné ztráty tepla je naprogramováno vizuální znázornění výsledku. Pokud celková měrná ztráta tepla $H_{t,j}$ bude podbarvena červeně, tak budova po optimalizaci nesplňuje třídu energetické náročnosti „B“, pokud bude podbarvena zeleně, tak budova tuto hodnotu splňuje (viz tabulka č. 33).

TABULKA Č. 32 – PENB ZE ZADÁVACÍ DOKUMENTACE

A) stavební prvky a konstrukce

a.1) požadavky na součinitel prostupu tepla

Konstrukce obálky budovy	Plocha A_j	Součinitel prostupu tepla			Číselník teplotní redukce b_j	Měrná ztráta prostupem tepla H_{Tj}
		Vypočtená hodnota U_j	Referenční hodnota $U_{n,Uj}$	Splněno		
	[m ²]	[W.m ⁻² .K ⁻¹]	[W.m ⁻² .K ⁻¹]	[ano/ne]	[-]	[W.K ⁻¹]
Podlaha přilehlá k zemině	100,15	0,24	0,45	ano	0,57	13,68
Podlaha nad nevytápěným prostorem	486,36	2,09			0,49	497,94
Plochá střecha	558,77	0,08	0,24	ano	1,00	46,13
Strop pod výtahovou šachtou	19,00	0,36			0,83	5,67
Strop pod výtahovou šachtou - průlez	6,58	0,33			0,83	1,83
Vnější stěna	1814,33	0,19	0,30	ano	1,00	348,66
Vnitřní stěna k nevytápěnému prostoru 1 s tepelnou izolací	9,00	0,21	0,60	ano	0,49	0,93
Vnitřní stěna k nevytápěnému prostoru 2	9,36	2,87			0,49	13,16
Vnitřní stěna k nevytápěnému prostoru 3 s tepelnou izolací	18,59	0,36	0,60	ano	0,49	3,24
Vnitřní stěna k nevytápěnému prostoru 4 s tepelnou izolací	9,36	0,25	0,60	ano	0,49	1,14
Vnitřní stěna k nevytápěnému prostoru 5 s tepelnou izolací	4,63	0,36	0,60	ano	0,49	0,81
Vnitřní stěna k nevytápěnému prostoru 6 s tepelnou izolací	9,10	0,35	0,60	ano	0,49	1,58
Výplň otvoru ve vnější stěně O1	986,37	0,90	1,50	ano	1,00	887,73
Dvevní výplň otvoru D1	3,15	0,90	1,70	ano	1,00	2,84
Střešní poklop	2,16	3,20			0,56	3,87
Tepelné vazby						80,74
Celkem	4036,91	x	x	x	x	1909,95

a.2) požadavky na průměrný součinitel prostupu tepla

Zóna	Převažující návrhová vnitřní teplota $\theta_{in,j}$	Objem zóny V_j	Referenční hodnota průměrného součinitele prostupu tepla zóny $U_{em,Rj}$	Součin $V_j \cdot U_{em,Rj}$
	[°C]	[m ³]	[W.m ⁻² .K ⁻¹]	[W.m.K ⁻¹]
Bytový dům	20,00	12885,21	0,60	7790,00
Celkem	x	12885,21	x	7790,00

Budova	Průměrný součinitel prostupu tepla budovy		
	Vypočtená hodnota U_{em} ($U_{em} = H_T / A$)	Referenční hodnota $U_{em,r}$ ($U_{em,r} = \Sigma(V_j \cdot U_{em,r,j}) / V$)	Splněno
	[W.m ⁻² .K ⁻¹]	[W.m ⁻² .K ⁻¹]	[ano/ne]
Budova jako celek	0,47	0,60	ano

TABULKA Č. 33 – PENB S VYPOČTENÝMI HODNOTAMI

Stavební prvky a konstrukce: Požadavky na součinitele prostupu tepla

Konstrukce a obálka budovy	Plocha Aj (m ²)	Součinitel prostupu tepla			Činitel teplotní redukce bj (-)	Měrná ztráta tepla Ht,j W/K
		Vypočtená hodnota Uj (W/m ² *K)	Referenční hodnota Un,i,j (W/m ² *K)	Splněno ano/ne		
Podlaha přilehlá k zemině	100,15	0,24	0,45	ano	0,57	13,70
Podlaha nad nevytápěným prostorem	486,36	2,09			0,49	498,08
Plochá střecha	558,77	0,153	0,24	ano	1,00	85,74
Strop pod výtahovou šachtou	19,00	0,36			0,83	5,68
Strop pod výtahovou šachtou - průlez	6,58	0,33			0,83	1,80
Vnější stěna	1814,33	0,166	0,30	ano	1,00	300,30
Vnitřní stěna k nevytápěnému prostoru 1 s	9,00	0,21	0,60	ano	0,49	0,93
Vnitřní stěna k nevytápěnému prostoru 2	9,36	2,87			0,49	13,16
Vnitřní stěna k nevytápěnému prostoru 3 s	18,59	0,36	0,60	ano	0,49	3,28
Vnitřní stěna k nevytápěnému prostoru 4 s	9,36	0,25	0,60	ano	0,49	1,15
Vnitřní stěna k nevytápěnému prostoru 5 s	4,63	0,36	0,60	ano	0,49	0,82
Vnitřní stěna k nevytápěnému prostoru 6 s	9,10	0,35	0,60	ano	0,49	1,56
Výplň otvoru ve vnější stěně O1	986,37	0,880	1,50	ano	1,00	868,01
Dveřní výplň otvoru D1	3,15	0,90	1,70	ano	1,00	2,84
Střešní poklop	2,16	3,20			0,56	3,87
Tepelné vazby						80,74
Celkem	4036,91	x	x	x	x	1881,64

TABULKA Č. 34 – POŽADAVKY NA PRŮMĚRNÝ SOUČINITELEL PROSTUPU TEPLA

Požadavky na průměrný součinitel prostupu tepla

Zona	Převažující návrhová vnitřní hodnota	Objem zony Vj (m ³)	Referenční hodnota průměrného součinitele prostupu tepla zony Uem,R,J, (W/m ² *K)	Součin Vj*Uem,r,j (W/m ² *K)
	(°C)			
Bytový dům	20	12885,21	0,60	7731,126
Celkem	x	12885,21	x	7731,126

Budova	Průměrný součinitel prostupu tepla budovy		
	Vypočtená hodnota Uem (W/m ² *K)	Referenční hodnota Uem,r (W/m ² *K)	Splněno ano/ne
	Budova jako celek	0,47	0,60

Z tabulky č. 33 a 34 je patrné, že hodnota celkové měrné ztráty objektu H_t vyšla o 28,21 W/K menší než hodnota původní. To znamená, že třída energetické náročnosti „B“ zůstane zachována i po optimalizaci konstrukcí.

Všechny provedené výpočty jsou obsaženy v příloze A. Tato příloha je rozdělena na jednotlivé listy. Úvodní list obsahuje tabulku požadovaných součinitelů prostupu tepla z předaného průkazu energetické náročnosti budovy.

Na druhém listu jsem do tabulky původního PENB vložil vypočtené hodnoty dílčích součinitelů prostupu tepla. Pro tyto hodnoty jsou zde přepočítány měrné ztráty tepla. Výsledná hodnota celkové měrné ztráty tepla je porovnávána s hodnotou původní.

Na dalších listech jsou jednotlivé přesné výpočty součinitelů prostupu tepla pro vnější stěnu, dále pro otvory ve vnější stěně O1 a také pro plochou střechu.

Výpočet ploché střechy je rozdělen na dva listy. Na prvním z nich je výpočet pro stávající konstrukci, na druhém listu je výpočet pro optimalizovaný návrh ploché střechy. V tabulkách s výpočty jsou znázorněny světle žlutou barvou buňky, do kterých je možné zadávat hodnoty. Ostatní slouží k výpočtům. Zeleně podbarvené buňky zobrazují výsledné hodnoty.

1.4. Přepoččet ploch výplní otvorů

Po provedení výpočtu součinitele prostupu tepla střešní konstrukce jsem při průběžné kontrole průkazu energetické náročnosti budovy zjistil nesrovnalost v ploše výplní otvorů. Ve výkazu výměr dodaných v zadávací dokumentaci je plocha výplní otvorů ve vnější stěně 669,424 m², zatímco v PENB je uvedena plocha 986,37 m². Mezi těmito hodnotami je enormní rozdíl 316,95 m². Z tohoto zjištění vyplývá nutnost přepočítat celkovou měrnou ztrátu objektu s nově zjištěnou plochou otvorů ve vnější stěně.

Po přepočtení celkové měrné ztráty tepla $H_{t,j}$ jsem došel k závěru, že se tato hodnota zásadně snížila. Zjištění jsem následně předložil investorovi, který následně zadal přepracování PENB projektantovi. Jelikož byla stavba již v průběhu realizace, bylo nutné v co nejkratším čase vyřešit jednotlivé skladby konstrukcí, aby bylo možné dodržet časové milníky a aby jednotlivé konstrukce vyhovovaly dnešním tepelně-technickým požadavkům. Mé návrhy optimalizovaných skladeb budou tedy sloužit projektantovi při vytváření nového PENB této budovy.

TABULKA Č. 35 - PENB SE ZNÁZORNĚNOU CHYBOU VE VÝMĚŘE PLOCH VÝPLNÍ OTVORŮ VE VNĚJŠÍ STĚNĚ O1.

Průkaz energetické náročnosti budovy

Stavební prvky a konstrukce: Požadavky na součinitele prostupu tepla

Konstrukce a obálka budovy	Plocha A _j (m ²)	Součinitel prostupu tepla			Činitel teplotní redukce b _j (-)	Měrná ztráta tepla H _{t,j} W/K
		Vypočtená hodnota U _j (W/m ² *K)	Referenční hodnota U _{n,i,j} (W/m ² *K)	Splněno ano/ne		
Podlaha přilehlá k zemině	100,15	0,24	0,45	ano	0,57	13,70
Podlaha nad nevytápěným prostorem	486,36	2,09			0,49	498,08
Plochá střecha	558,77	0,08	0,24	ano	1,00	44,70
Strop pod výtahovou šachtou	19,00	0,36			0,83	5,68
Strop pod výtahovou šachtou - průlez	6,58	0,33			0,83	1,80
Vnější stěna	1814,33	0,19	0,30	ano	1,00	348,35
Vnitřní stěna k nevytápěnému prostoru 1 s	9,00	0,21	0,60	ano	0,49	0,93
Vnitřní stěna k nevytápěnému prostoru 2	9,36	2,87			0,49	13,16
Vnitřní stěna k nevytápěnému prostoru 3 s	18,59	0,36	0,60	ano	0,49	3,28
Vnitřní stěna k nevytápěnému prostoru 4 s	9,36	0,25	0,60	ano	0,49	1,15
Vnitřní stěna k nevytápěnému prostoru 5 s	4,63	0,36	0,60	ano	0,49	0,82
Vnitřní stěna k nevytápěnému prostoru 6 s	9,10	0,35	0,60	ano	0,49	1,56
Výplň otvoru ve vnější stěně O1	986,37	0,90	1,50	ano	1,00	887,73
Dveřní výplň otvoru D1	3,15	0,90	1,70	ano	1,00	2,84
Střešní poklop	2,16	3,20			0,56	3,87
Tepelné vazby						80,74
Celkem	4036,91	x	x	x	x	1908,39

1.4.1. Optimalizace skladby vnější stěny

Optimalizaci skladby vnější stěny jsem provedl snížením tloušťky tepelné izolace z desek z čedičové vlny. Navržená tloušťka byla snížena z 200 mm na 140 mm. Přesný výpočet jsem provedl ve vytvořené tabulce č. 36, která je součástí přílohy A.

TABULKA Č. 36 – VÝPOČET OPTIMALIZOVANÉ SKLADBY VNĚJŠÍ STĚNY

Z1 - Kontaktní zateplovací systém s tepelným izolantem z mirální vlny

Popis	Tloušťka (mm)	λ (W/mK)	λd (W/mK)	Rd (m ² K/W)
Vnější omítka	0,010	0,830	0,872	0,01
Stávající podklad, jednovrstvé struskokeramzitbetonové panely	0,300	0,740	0,777	0,39
Suchá omítková směs pro jádrové omítky	0,010	0,830	0,872	0,01
Lepící hmota na bázi cementu pro ETICS	0,008	0,700	0,735	0,01
Desky z čedičové vlny s podélnou orientací vláken deklar. 0,035W/mK	0,200	0,035	0,037	3,81
Stěrka na bázi cementu pro ETICS	0,003	0,470	0,494	0,01
Probarvený podkladní nátěr akrylátová disperze pro tenko. Vr. Omítky	0,001	0,800	0,840	0,00
Modifikovaná silikátová probarvená s fotovoltaickým efektem	0,002	0,800	0,840	0,00
			R suma	6,04
Součinitel prostupu tepla (W/m²*K)				0,227

Součinitel prostupu tepla obvodové konstrukce je 0,227 W/ m²K.

TABULKA Č. 37 – POROVNÁNÍ HODNOT SOUČINITELŮ PROSTUPU TEPLA

Hodnota součinitele prostupu tepla U (W/m ² K), v průřezu PENB	Vypočtená hodnota U (W/m ² K)
0,227	0,24

Z výpočtu je patrné, že po optimalizaci je nová hodnota součinitele prostupu tepla **0,227 W/m²K** oproti původní hodnotě **0,166 W/m²K**. Tloušťka tepelné izolace se sníží z 200 mm na optimalizovaných 140 mm.

1.5. Závěr optimalizace konstrukcí

Při kontrole PENB jsem zjistil několik nesrovnalostí a zaměřil se především na velmi předimenzovanou střešní konstrukci. Díky předimenzování navržené konstrukce bylo dosaženo třídy „B“ energetické náročnosti budovy.

První tepelně-technické výpočty jsem provedl pro stávající konstrukce, následně jsem vypočítal navržené skladby dle předaného výpisu skladeb. Pro jednotlivé výpočty jsem vypočítal přesné hodnoty součinitele prostupu tepla, kde jsem zohlednil návrhové hodnoty součinitele tepelné vodivosti λ_d . Součinitel ploché střechy se zkosenou tepelně-izolační vrstvou jsem vypočítal dle normy ČSN EN ISO 6947 Příloha E. Dále jsem jednotlivé součinitele prostupu tepla porovnal s požadovanými hodnotami dle normy ČSN 73 0540-2:2011. Pro zjednodušení optimalizace byly tyto výpočty provedeny v tabulkách v programu Microsoft Excel, které jsou přílohou A této práce a posloužily pro návrh jednotlivých skladeb konstrukcí.

Při samotné optimalizaci ploché střechy jsem vynechal vrstvu panelů Kingspan a změnil spád tepelné izolace. Tím jsem dosáhl snížení tloušťky skladby. Zároveň se mi podařilo splnit požadovanou třídu „B“ energetické náročnosti budovy.

Důležitým zjištěním bylo odhalení chyby v ploše „Vnějších výplní otvorů O1“. Rozdíl reálné plochy a plochy v PENB byl 322,88 m². Toto zjištění zásadně ovlivnilo třídu energetické náročnosti. Díky tomu bylo možné optimalizovat i vnější obvodový plášť. Tato chyba v plochách byla komunikována s investorem, který následně zadal projektantovi, aby přepočtl PENB.

Návrh součinitele optimalizované skladby ploché střechy je tedy **0,153 W/m²K**, původní přesně spočítaná hodnota navržené skladby byla 0,05 W/m²K.

Návrh součinitele prostupu tepla optimalizované vnější konstrukce je **0,24 W/m²K**, původní přesně spočítaná hodnota byla 0,166 W/m²K.

TABULKA Č. 38 – PENB PO OPTIMALIZACI KONSTRUKCÍ S VYPOČÍTANÝMI HODNOTAMI

Průkaz energetické náročnosti budovy s doplněnými vypočtenými hodnotami

Stavební prvky a konstrukce: Požadavky na součinitele prostupu tepla

Konstrukce a obálka budovy	Plocha A _j (m ²)	Součinitel prostupu tepla			Číselník teplotní redukce b _j (-)	Měrná ztráta tepla H _{t,j} W/K
		Vypočtená hodnota U _j (W/m ² *K)	Referenční hodnota U _{n,i,j} (W/m ² *K)	Splněno ano/ne		
Podlaha přilehlá k zemině	100,15	0,24	0,45	ano	0,57	13,70
Podlaha nad nevytápěným prostorem	486,36	2,09			0,49	498,08
Plochá střecha	558,77	0,153	0,24	ano	1,00	85,74
Strop pod výtahovou šachtou	19,00	0,36			0,83	5,68
Strop pod výtahovou šachtou - průlez	6,58	0,33			0,83	1,80
Vnější stěna	1814,33	0,227	0,30	ano	1,00	411,85
Vnitřní stěna k nevytápěnému prostoru 1 s	9,00	0,21	0,60	ano	0,49	0,93
Vnitřní stěna k nevytápěnému prostoru 2	9,36	2,87			0,49	13,16
Vnitřní stěna k nevytápěnému prostoru 3 s	18,59	0,36	0,60	ano	0,49	3,28
Vnitřní stěna k nevytápěnému prostoru 4 s	9,36	0,25	0,60	ano	0,49	1,15
Vnitřní stěna k nevytápěnému prostoru 5 s	4,63	0,36	0,60	ano	0,49	0,82
Vnitřní stěna k nevytápěnému prostoru 6 s	9,10	0,35	0,60	ano	0,49	1,56
Výplň otvoru ve vnější stěně O1	669,43	0,880	1,50	ano	1,00	589,10
Dveřní výplň otvoru D1	3,15	0,90	1,70	ano	1,00	2,84
Střešní poklop	2,16	3,20			0,56	3,87
Tepelné vazby						80,74
Celkem	3719,97	x	x	x	x	1714,29

TABULKA Č. 39 – POŽADAVKY NA PRŮMĚRNÝ SOUČINTEL PROSTUPU TEPLA

Zona	Převažující návrhová vnitřní hodnota	Objem zony V _j (m ³)	Referenční hodnota průměrného součinitele prostupu tepla zony U _{em,R,j} (W/m ² *K)	Součin V _j *U _{em,r,j} (W/m ² *K)
	(°C)			(W/m ² *K)
Bytový dům	20	12885,21	0,60	7731,126
Celkem	x	12885,21	x	7731,126

Budova	Průměrný součinitel prostupu tepla budovy		
	Vypočtená hodnota U _{em} (U _{em} =H _t /A)	Referenční hodnota U _{em,r} (U _{em,r} =Σ(V _j *U _{em,r,j})/V)	Splněno
	(W/m ² *K)	(W/m ² *K)	ano/ne
Budova jako celek	0,46	0,60	ano

1.6. Požárně bezpečnostní řešení

U navržených konstrukcí obálky budovy je třeba posoudit požární odolnost. Navržená střešní konstrukce musí splňovat požadavek Broof(t3), jelikož se na střešní konstrukci může vyskytovat stálé nebo nahodilé požární zatížení. Mezi požární zatížení patří jednotky VZT, elektroinstalace a vyústění výtahových šachet.

TABULKA Č. 40 – DRUH KONSTRUKCE Z HLEDISKA POŽÁRU- OBVODOVÝ PLÁŠŤ

Č.	Název konstrukce	Třída reakce na oheň
1	Železobetonová nosná konstrukce tl. 300 mm	A1
2	ETICS s minerální izolací z čedičové vlny tl. 146 mm	A1
Konstrukci můžeme hodnotit jako nehořlavou, druh konstrukce DP1		

TABULKA Č. 41 – DRUH KONSTRUKCE Z HLEDISKA POŽÁRU- PLOCHÁ STŘECHA

Č	Název konstrukce	Třída reakce na oheň
1.	Stabilizační vrstva kameniva, frakce 16-32 mm	-
2.	Ochranná netkaná textilie ze 100 % polypropylenu	-
3.	Hlavní hydroizolační vrstva z folie PVC-P	E
4.	Separáčnická netkaná textilie ze 100 % polypropylenu	-
5.	Tepelný izolant ze stabilizovaného pěnového polystyrenu EPS Grey 150S	E
6.	Spádová vrstva z tepelné izolace EPS 150	E
7.	Ochranná parotěsná hydroizolační vrstva z SBS modifikovaného asfaltového pásu s hliníkovou vložkou a jemnozrnným posypem	E
8.	Přípravný penetrační nátěr	E
9.	Stávající očištěný a vyspravený podklad, ŽB konstrukce	A1
Konstrukci můžeme hodnotit jako nehořlavou, druh konstrukce DP1		

Skladbu ploché střechy není nutné dokazovat klasifikačním protokolem, jelikož je skladba přitížena kačírkiem o minimální tloušťce 50 mm, kde minimální velikost zrna činí 4 mm a maximální velikost zrna 32 mm.

Požární výška stavby je 22,4 m, v posouzení budeme pracovat s výškou budovy 22,5 m a více.

TABULKA Č. 42 – POŽADAVKY URČENÉ V POŽÁRNĚ BEZPEČNOSTNÍ ZPRÁVĚ

Položka	Stavební konstrukce	Požadovaná požární odolnost a její druh	Navržená požární odolnost a její druh	Vyhodnocení
1	Obvodová stěna v nadzemních podlažích	45 DP1	R 45 DP1	splňuje
2	Obvodová stěna v posledním nadzemním podlaží	45 DP1	R 45 DP1	splňuje
3	Nosné konstrukce střech	30	R 45 DP1	splňuje
4	Střešní plášť	15	REI (EI) 30 DP1	splňuje

Závěr

Optimalizované konstrukce splňují požadované parametry, jelikož se jedná o konstrukce druhu DP1. Ty jsou nehořlavé, a je tudíž možné je bezpečně využít. Konstrukce ploché střechy rovněž splňuje požadavky Broof(t3) na vnější požární odolnost, a to díky vrstvě kačírku na povrchu o minimální tloušťce 50 mm.

1.7. Kompletní optimalizovaná skladba ploché střechy

Nový návrh kompletní skladby ploché střechy vychází z dostupných materiálů pro stavbu a z požadavků investora. Investor požaduje pro optimalizaci návrh střešní skladby z PVC-P folie. Je tedy nutné posoudit vhodnost folie tak, aby dokázala odolávat vnějším vlivům po celou dobu její životnosti. Tepelný izolant bude použit dle výsledku optimalizace konstrukcí.

Plochá střecha je navržena jako nepochůzná, na střechu má tudíž přístup pouze poučená osoba za účelem kontrol, údržby a oprav.

TABULKA Č. 43 – KOMPLETNÍ OPTIMALIZOVANÁ SKLADBA PLOCHÉ STŘECHY

Č	Název vrstvy	Tloušťka (mm)
1.	Stabilizační vrstva kameniva, frakce 16-32 mm	min. 50
2.	Ochranná netkaná textilie ze 100 % polypropylenu	4,0
3.	Hlavní hydroizolační vrstva z folie PVC-P	1,5
4.	Separáčnící netkaná textilie ze 100 % polypropylenu	2,9
5.	Tepelný izolant ze stabilizovaného pěnového polystyrenu EPS Grey 150S	150
6.	Spádová vrstva z tepelné izolace EPS 150	min. 30-210
7.	Ochranná parotěsná hydroizolační vrstva z SBS modifikovaného asfaltového pásu s hliníkovou vložkou a jemnozrnným posypem	4,0
8.	Přípravný penetrační nátěr	-
.	Stávající očištěný a vyspravený podklad	-
Celková tloušťka skladby		422,4

V porovnání s původním návrhem skladby je optimalizovaná skladba ploché střechy o 400 mm tenčí. Stále však vyhovuje požadavkům na součinitel prostupu tepla dle normy ČSN 73 0540-2:2011. Díky zeslabení střešního souvrství je možné vypustit ocelovou konstrukci navýšení atiky. To pro nás znamená značné úspory nákladů v oblasti materiálu i práce.

1.7.1. Výpočet a porovnání nákladů na realizaci ploché střechy

Provedl jsem přepočítání orientačních nákladů na jednotlivé optimalizované skladby ploché střechy, které vycházejí z obecných aktuálních cen získaných od jednotlivých dodavatelů. Do plochy přidávám 5% objemu navíc, jelikož může docházet k ztrátám materiálu díky prořezu při provádění.

TABULKA Č. 44 – NÁKLADY NA PROVEDENÍ PŮVODNÍ SKLADBY PLOCHÉ STŘECHY

Č.	Název	Plocha (m ²)	Jednotková cena bez DPH	Celková cena
1.	Stabilizační vrstva kameniva, frakce 16-32 mm	502,48	1,46 Kč/kg	22 008,60 Kč
2.	Hlavní hydroizolační vrstva z SBS modifikovaného asfaltového pásu s ochranným posypem	585,39	125,8 Kč/m ²	73 642,10 Kč
3.	Samolepicí pás z SBS modifikovaného asfaltu se spalitelnou PE folií	585,39	116,6 Kč/m ²	68 256,05 Kč
4.	Tepelný izolant ze stabilizovaného pěnového polystyrenu EPS Grey 150S, tl. 300 mm	502,48	663,84 Kč/m ²	333 566,30 Kč
5.	Spádová vrstva z tepelné izolace EPS 150 tl. 295 mm	502,48	510,6 Kč/m ²	256,566,70 Kč
6.	Desky z polyisokyanurátu potažené kompozitní folií na bázi skla z obou stran (panely Kingspan), tl. 160 mm	552,725	1084,5 Kč/m ²	579 532,16 Kč
6.	Ochranná parotěsná hydroizolační vrstva z SBS modifikovaného asfaltového pásu s hliníkovou vložkou a jemnozrnným posypem	585,39	116,6 Kč/m ²	68 256,50 Kč
7.	Přípravný penetrační nátěr	585,39	46,7 Kč/kg	10 935,09 Kč
8.	Stávající očištěný a vyspravený podklad	585,39	3,67 Kč/kg	36 882,03 Kč
Celková cena navržené střešní konstrukce				1 381 457,29 Kč

TABULKA Č. 45 – NÁKLADY NA ZŘÍZENÍ OCELOVÉ KONSTRUKCE NAVÝŠENÍ ATIKY

Č.	Název	Množství	Jednotková cena bez DPH	Celková cena
1.	Deska cementotřísková tl. 16 mm	359 m ²	335 Kč/m ²	120 265,0 Kč
2.	Montáž obložení atiky, desky, 1. vrstva šroubováním	327 m ²	300 Kč/m ²	98 100,0 Kč
3.	Zvýšení kce střešní atiky, pozink, D+M Z/3	3680 kg	116,6 Kč/kg	429 088,0 Kč
Celková cena navržené konstrukce navýšení atiky				647 453,0 Kč

TABULKA Č. 46 - NÁKLADY NA PROVEDENÍ OPTIMALIZOVANÉ SKLADY PLOCHÉ STŘECHY

Č.	Název	Plocha (m ²)	Jednotková cena bez DPH	Celková cena
1.	Stabilizační vrstva kameniva, frakce 16-32 mm	502,48	1,46 Kč/kg	22 008,60 Kč
2.	Ochranná netkaná textilie ze 100 % polypropylenu	717,20	103,27 Kč/m ²	74 065,30 Kč
3.	Hlavní hydroizolační vrstva z PVC-P folie určená pod zatěžovací vrstvy	585,39	265,4Kč/m ²	155 362,50 Kč
4.	Separáční netkaná textilie ze 100 % polypropylenu	717,20	78,84 Kč/m ²	56 544,05 Kč
6.	Tepelný izolant ze stabilizovaného pěnového polystyrenu EPS Grey 150S, tl. 150 mm	502,48	365,05 Kč/m ²	183 430,32 Kč
6.	Spádová vrstva z tepelné izolace EPS 150, tl. 210 mm	502,48	476,2 Kč/m ²	239 280,98 Kč
7.	Ochranná parotěsná hydroizolační vrstva z SBS modifikovaného asfaltového pásu s hliníkovou vložkou a jemnozrnným posypem	585,39	116,6 Kč/m ²	68 256,50 Kč
8.	Přípravný penetrační nátěr	585,39	46,7 Kč/kg	10 935,09 Kč
9.	Stávající očištěný a vyspravený podklad	585,39	3,67 Kč/kg	36 882,03 Kč
Celková cena navržené střešní konstrukce				846 765,37 Kč

TABULKA Č. 47 – ROZDÍL NÁKLADŮ PO OPTIMALIZACI

Náklady původní	Náklady po optimalizaci
2 028 910,29 Kč	846 765,37 Kč
Rozdíl nákladů	
- 1 182 144,92 Kč	

Díky optimalizaci konstrukcí se sníží náklady na realizaci skladby ploché střechy, a to celkem o 1 182 144,92 Kč. Díky tomu výsledku je optimalizace ploché střechy brána za úspěšnou.

3. Technologie provedení ploché střechy

A. Převzetí staveniště

Převzetí staveniště objektu se uskutečnilo po podpisu smlouvy mezi investorem a zhotovitelem. Zahájit práce na ploché střeše je možné až po instalaci a zprovoznění stavebního výtahu.

B. Materiál, doprava, skladování

TABULKA Č. 48 - VÝPIS MATERIÁLU PRO REALIZACI PLOCHÉ STŘECHY

Č	Název vrstvy	Tloušťka (mm)	Množství (m ²)	Prořez 5% (m ²)	Celková plocha (m ²)
1.	Stabilizační vrstva kameniva, frakce 16-32 mm	50	502,48	-	502,48
2.	Ochranná netkaná textilie ze 100 % polypropylenu	4,0	681,34	35,86	717,20
3.	Hlavní hydroizolační vrstva z PVC-P folie určená pod zatěžovací vrstvy	1,5	614,66	29,27	585,39
4.	Separáčnická netkaná textilie ze 100 % polypropylenu	2,9	681,34	35,86	717,20
6.	Tepelný izolant ze stabilizovaného pěnového polystyrenu EPS Grey 150S, tl. 150 mm	150	477,35	25,13	502,48
6.	Spádová vrstva z tepelné izolace EPS 150, tl. 210 mm	30-210	477,35	25,13	502,48
7.	Ochranná parotěsná hydroizolační vrstva z SBS modifikovaného asfaltového pásu s hliníkovou vložkou a jemnozrnným posypem	4,0	556,12	29,27	585,39
8.	Přípravný penetrační nátěr	-	556,12	29,27	585,39
9.	Stávající očištěný a vyspravený podklad	-	556,12	29,27	585,39
Celková tloušťka skladby		422,4	-	-	-

Doprava materiálu

V první etapě budou provedeny bourací práce. Skládka pro vybouraný materiál bude zřízena u východní strany objektu za stavebními buňkami. Prostor pro skládku je značně omezený, proto bude odpad průběžně odvážen.

V druhé etapě je možné použít pro uskladnění materiálu stejný prostor za staveništními buňkami jako v etapě předešlé.

Vertikální doprava bouraného materiálu i materiálu pro provedení skladby je řešena za pomoci stavebního výtahu GEDA 1500 Z/ZP s maximální nosností 2000 kg. Umístěn bude na východní straně budovy v prostoru lodžii tak, aby bylo možné vstupovat bez překážek do jednotlivých podlaží.



OBRÁZEK Č. 39 - STAVEBNÍ VÝTAH GEDA 1500 Z/ZP

Návoz materiálu je nutno zajistit nákladním automobilem s hydraulickou rukou, jelikož staveniště není vybaveno stacionárním ani mobilním jeřábem.

Pracovní podmínky

Stavba se nachází v Pardubickém kraji v okrese Ústí nad Orlicí. Rekonstrukce je dle časového harmonogramu realizována od října 2021 do června 2022. Stavba bude tedy realizována i přes zimní období. Obecně je podnebí v tomto okrese spíše deštivé s častým výskytem mlhy, proto je důležité brát v potaz tyto faktory ovlivňující postup prací.

Musíme dát pozor na rizikové povětrnostní vlivy, kterými jsou teploty pod +5 °C a rychlost větru přes 8 m/s a minimální viditelnost 30 m. Tyto vlivy ovlivňují provádění prací a v případě ohrožení bezpečnosti nebo pracovníků dle občanského zákoníku je nutné práce přerušit na dobu, než pominou.

Možné je provést opatření, díky kterým bude možné pokračovat v práci. Jedná se především o zajištění zdroje tepla a uzavření pracoviště před účinky větru. Staveniště bude opatřeno dvěma mobilními topnými agregáty na LPG.

Technické vybavení staveniště

Staveniště bude oploceno mobilním oplocením s výškou 1,8 m. Z důvodu zabezpečení staveniště bude zřízena uzamykatelná brána s bezpečnostními a zákazovými značkami.

Pracovníci budou mít k dispozici stavební buňku pro vedení stavby a skladovou buňku pro uskladnění nářadí. Pro jednotlivé subdodavatele bude postupně vyklizeno několik místností v rekonstruovaném objektu. Ty budou opatřeny provizorními dveřmi a bezpečnostním zámkem.

V rámci hygienických opatření je na staveništi navrženo mobilní WC. Přívod vody pro stavbu bude zřízen po napojení do stávající vodoměrné soustavy. Elektřina je napojena do stávajícího rozvodu a po objektu je rozvedena ze staveništního rozvaděče.

Pro přesun vybouraného materiálu na staveništní skládku bude použit smykem řízený kolový nakladač.



OBRÁZEK Č. 40 - SMYKEM ŘÍZENÝ NAKLADAČ

V zimním období bude nutné vytápět vnitřní prostory objektu. Vytápění bude zajištěno dvěma mobilními agregáty na LPG.



OBRÁZEK Č. 41 – HORKOVZDUŠNÝ AGREGÁT

Pro realizaci vnějšího pláště budovy a střešní atiky bude zřízeno systémové ocelové rámové lešení, které bude zakryto ochranou sítí. Z důvodu zakrytí bude provedeno zhuštěné kotvení dle návodu výrobce, které bude zkontrolováno proškolenou osobou.

Střešní konstrukce bude opatřena kolektivní ochranou proti pádu. Dokud to bude možné, bude provedeno ohrazení od hrany pádu ve vzdálenosti minimálně 1,5 m. Při bourání a realizaci nové skladby bude nutné, aby jednotliví pracovníci používali osobní ochranu proti pádu. Pracovníci využívající tyto ochranné pomůcky musí být proškoleni.

Pro práce na střeše bude zřízen záchytný systém, který bude následně využit pro potřeby údržby objektu.



OBRÁZEK Č. 42 – ZÁCHYTNÝ SYSTÉM



OBRÁZEK Č. 43 – ZÁCHYTNÝ SYSTÉM

Pracovníci

Před zahájením prací bude každý pracovník přicházející na stavbu řádně proškolen o bezpečnosti práce na staveništi, obsluze strojů a jednotlivých pracovních postupech. O proškolení a poučení zaměstnanců se povede evidence, ve které pracovník potvrdí absolvování proškolení svým podpisem.

Za provedení jednotlivých prací zodpovídá mistr. Za bezpečnost všech pracovníků na stavbě zodpovídá stavbyvedoucí.

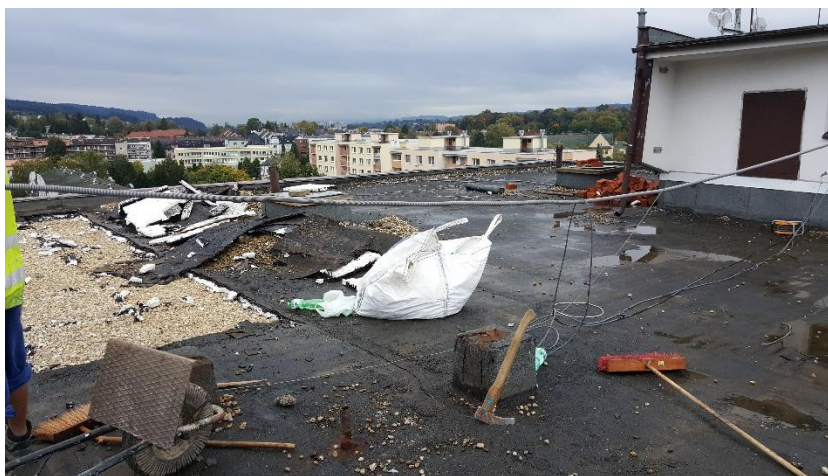
C. Technologický postup

3.1. Bourání

Po převzetí staveniště zhotovitelem budou zahájeny bourací práce. Do prostor ploché střechy je možné pro přístup využít střešní výlezy vedoucí z prostor schodiště nebo nově instalovaný stavební výtah.

Před započítím bourání je nutné ověřit odpojení všech rozvodů elektrické energie v objektu. Vlastní bourání začne odtěžením vrstvy kačírku. Pro zjednodušení manipulace bude kačírek pytlován a vysypáván na určené místo staveništní skládky, jelikož bude následně využit pro přitížení nové střešní skladby. Původní oplechování atiky bude též demontováno. Je nutné si dát pozor na dojezdy výtahu, u kterých se stávající oplechování zachová a pouze se natře novou ochrannou barvou. Z tohoto důvodu je nezbytné opatřit konstrukci informačními tabulkami.

Postupně budou rozebrány jednotlivé vrstvy skladby ploché střechy. Ty budou dopraveny na staveništní skládku a až tam roztříděny na jednotlivé materiály. Vybourané vrstvy tepelné izolace je nutné na staveništní skládce přitížit, jelikož může dojít k rozlámání na menší kusy a je zde riziko možného rozfoukání desek při větším větru do okolí. Obnažené střešní vpusti je třeba provizorně zakrýt.



OBRÁZEK Č. 44 – BOURACÍ PRÁCE



OBRÁZEK Č. 45 – BOURACÍ PRÁCE

3.2. Příprava povrchu

Před zahájením prací na dílčích vrstvách střešní skladby vykonáme nejprve kontrolu rovinnosti podkladu, a to kvůli nalezení případných lokálních nerovností a poškození. Jelikož se nerovnosti a poškození na střeše budovy vyskytly, provedeme vyrovnání cementovým potěrem. Samotný potěr je nutné nanést na suchý a čistý povrch.

3.3. Pojistná hydroizolace

Nejdříve je nutné zkontrolovat stavební připravenost se subdodavatelem, který bude realizovat střešní skladbu. Pokud je vše v pořádku, dojde k protokolárnímu předání staveniště. Pro převzetí je důležitá především rovinnost podkladu pro realizaci pojistné hydroizolace. Odchylku měříme na dvoumetrové lati a pokud vychází do 5 mm, tak plní požadavek na rovinnost podkladu.

Pokládka samolepicích SBS modifikovaných pásů probíhá vždy ve směru odvodnění. Pásky se kladou na vazbu tak, aby spoje byly prostřídány. Samolepicí asfaltový pás je opatřen ochranou folií, která je postupně strhávána. Po stržení folie se jednotlivé pásky v podélném směru spojí tak, že se ke spodnímu pásu přitlačí vrchní vrstva vedlejšího pásu a tím vznikne optimální spoj. V nároží bude provedeno napojení přes spádové klíny. Minimální překrytí pásů v podélném směru je 80 mm a 100 mm v čelním spoji. Aby bylo dosaženo lepšího spojení, je

vhodné spoj nahřát plamenem. Napojení čelního spoje bude provedeno svařením pomocí plamenu. Samotnou aplikaci je nutné provádět při teplotách nad +10 °C, tato teplota je doporučena výrobcem pro samolepicí pásy.

V konstrukci se nacházejí původní otvory pro střešní vpusti, ty je nutné utěsnit. Pro utěsnění použijeme dvoustupňové střešní vpusti, kde se nejdříve připevní spodní díl opatřený bitumenovou manžetou pro napojení na stávající pojistnou hydroizolaci z SBS modifikovaného pásu.



OBRÁZEK Č. 46 – BOURACÍ PRÁCE

3.4. Osazení střešních doplňků

Po provedení pojistné hydroizolace nastoupí na řadu elektrikáři a vzduchotechnici, kteří provedou vyvrtání prostupů nosnou střešní konstrukcí pro vedení instalačních sítí a vývodů odvětrání. Aby bylo zamezeno zatékání do otvorů, je nutné použít dočasné zakrytí a pro stálé otvory připevnit těsnicí propusti s asfaltovou manžetou, tu je nutno napojit a zkontrolovat její konečné provedení.

Po uložení svislého i vodorovného vedení na ploché střeše je důležité provést fotodokumentaci propustek a vedení, která bude sloužit pro budoucí orientaci při údržbě ploché střechy.

Střešní atika bude zateplena extrudovaným polystyrenem, ke kterému se následně doplní spádová a konstantní vrstva tepelné izolace.



OBRÁZEK Č. 47 – VEDENÍ STŘEŠNÍCH PRVKŮ



OBRÁZEK Č. 48 – UTĚSNĚNÍ PROSTUPŮ VEDENÍ



OBRÁZEK Č. 49 – ZATEPLENÍ ATIKY

3.5. Spádová konstrukce

Spád ploché střechy pro spolehlivý odvod vody je zajištěn pomocí klínů z tepelné izolace EPS 150 v tloušťce 30–210 mm. Samotný spád je navržen 2% tak, aby zamezil tvorbě stojaté vody, která by mohla negativně ovlivnit konstrukci. Izolaci pokládáme s převázáním spár. Pro realizaci je nutné postupovat dle kladečského plánu. Desky budeme pokládat od nejnižšího místa střešní skladby, tedy od střešních vpustí.

Jednotlivé desky je nutné stabilizovat. Stabilizaci provedeme lepením k podkladu a následným přitížením kačírkiem celé skladby. Před samotnou stabilizací zkontrolujeme rovinnost podkladu. Pro kontrolu provedeme minimálně 10 měření, která jsou nutná na každých 500 m² plochy střechy. Pro lepení desek z EPS je tloušťka lepidla minimálně 6 mm a nevyšší povolená tloušťka je 12 mm.

Pro ověření pevnosti spoje provedeme odtrhovou zkoušku. Připravíme si minimálně 3 vzorky. Přilepíme je k podkladu o stejných parametrech, jaké má podkladní konstrukce. Následně podle postupu výrobce nalepíme vzorky k podkladu. V našem případě lepíme vzorky na pruhy lepidla a necháme je ztuhnout dle požadavků výrobce. Zkouška je úspěšná, pokud k odtržení dojde v tepelné izolaci.



OBRÁZEK Č. 50 – TEPELNÁ IZOLACE

Pro lepení využijeme polyuretanové lepidlo. Práci je nutné realizovat při teplotách od 5 °C do 35 °C. Polyuretan je snadno zápalný, proto je nutné pracovat s tímto lepidlem se zvýšenou opatrností a za použití osobních ochranných pomůcek. Samotný pruh lepidla je minimálně o tloušťce 30 mm. Pro naši střešní skladbu budeme lepit izolaci na minimálně 3 pruhy lepidla. Vytvrzení závisí na klimatických podmínkách, obvykle trvá 1 až 2 hodiny. Pokud dojde k realizaci při teplotách nižších než 5 °C, je nutné lepidlo nahřát na teplotu 20°C.

3.6. Tepelná izolace konstantní

Konstantní vrstvu tepelné izolace tvoří EPS Grey 150. Tyto desky jsou z grafitového pěnového polystyrenu. Vlastní deklarovaná hodnota součinitele tepelné vodivosti λ je 0,031 W/mK. Tepelná izolace bude provedena v tloušťce 150 mm. Pro pokládku bude vytvořen kladezí plán. Ke stabilizaci spádové a konstantní tepelné izolace použijeme lepidlo z polyuretanové pěny. Postup lepení je popsán v odstavci 2.5. Během realizace je nutné konstrukci zakrývat před povětrnostními vlivy.



OBRÁZEK Č. 51 – POKLÁDKA TEPELNÉ IZOLACE



OBRÁZEK Č. 52 – ZAKRÝVANÍ PŘED POVĚTRNOSTNÍMY VLIVY

3.7. Separační vrstva

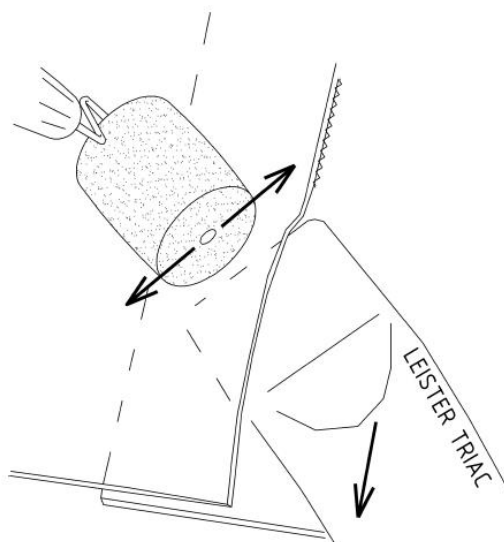
Separační vrstva mezi tepelnou izolací a hlavní hydroizolací bude provedena z netkané textilie ze 100% polypropylenu. Je nutné separovat pěnový polystyren, jelikož není přípustné, aby s ním hydroizolační PVC-P folie přišla do přímého kontaktu. Separační vrstva bude položena v jedné vrstvě v celé ploše a jednostranně se nataví.

3.8. Hlavní hydroizolace

Svařování PVC-P folie můžeme provádět pouze pokud je teplota vnějšího vzduchu vyšší než 5 °C. Pokud by při realizaci byla teplota vnějšího vzduchu pod 0 °C, musíme dbát zvýšené opatrnosti, jelikož hrozí riziko poruchy povrchu. Při teplotách okolo 5 °C se mohou při svařování horkým vzduchem objevovat zvlnění jako důsledek tepelného šoku.

Folie jsou spojovány svařováním horkým vzduchem. K svařování můžeme využít horkovzdušné pistole nebo svařovací automat. Teplota svařování bude nastavena dle teploty vnějšího vzduchu, obvyklá teplota horkého vzduchu se pohybuje kolem 480 °C a pro opracování detailů kolem 360-370 °C. Pro lepší provádění se nejdříve vytvoří bodové svary s překrytím 35 mm, které nám budou sloužit ke stabilizaci folie.

V ploše se folie svaří jednoduchým spojem, kdy je horkovzdušná pistole vedena v úhlu 45° tak, aby tryska lehce vyčnívala mimo okraj (cca 1-2 m). Souběžně se válečkem, který má povrch ze silikonové pryže, přitlačuje nahřátá folie těsně za horkovzdušnou pistolí (viz obrázek č. 53). Válečkem pohybujeme kolmo na horkovzdušnou pistolí, díky tomu se snižuje riziko tvorby záhybů, které by mohly narušit celistvost folie.



OBRÁZEK Č. 53 – SVAŘOVÁNÍ FOLIE (22)

U prostupů jednotlivých detailů se použije přeplátování, které se provede pomocí přeplátovacího pruhu. Folie se svažují s minimálním přesahem 50 mm. Jelikož se bude realizovat hydroizolace z jedné vrstvy folie, byl přesah upraven na 80 mm, které jsou doporučené výrobcem. Příčné spoje se přelepují separační páskou o tloušťce 50 mm a následně se na ně přivaří pás folie o šířce 200 mm. Folii u atiky a dojezdů výtahů ukončíme přířezem folie, aby bylo rozloženo zatížení od ukončovacích poplastovaných plechů.



OBRÁZEK Č. 54 – HLAVNÍ HYDROIZOLACE



OBRÁZEK Č. 55 – NAPOJENÍ FOLIE U PROSTUPŮ

K opracování koutů a rohů byly použity prefabrikované tvarovky. Tvarovka je vložena do koutu a ve středu přivařena k podkladní folii. Následně jsou na jednotlivé hrany spodní folie u prostupů navařeny proužky folie tak, aby nedošlo k protržení v místě hran a detaily byly provedeny vodotěsně.

Jednotlivé prostupy na střeše jsou kruhové. Folii položíme co nejtěsněji kolem prostupu. Musíme ji vytáhnout i po svislé hraně prostupu, a to minimálně do výšky 150 mm, tento spoj se svaří svislým svarem. Vodotěsnost zajistíme přidáním manžety, která bude mít menší otvor než je šířka prostupu. Manžetu postupně zahřejeme, a díky tomu ji budeme moci přetáhnout přes prostup. Po ochlazení manžeta prostup pevně obepne a my ji můžeme přivařit k folii. Důležité je nezapomenout navařit celou plochu manžety. Horní část obepneme a sevřeme ocelovým páskem a nakonec zatmelíme polyuretanovým tmelem.



OBRÁZEK Č. 56 - NAPOJENÍ FOLIE U PROSTUPŮ



OBRÁZEK Č. 57 – STŘEŠNÍ VPUŠŤ



OBRÁZEK Č. 58 – POJISTNÝ PŘEPAD

Pro napojení hydroizolační folie na svislou plochu platí stejné pravidlo jako pro prostupy, kde je nutné vytáhnout hydroizolaci minimálně do výšky 150 mm. V našem případě řešíme napojení na atiku, kde bude provedena hydroizolace po celé výšce atiky, a také napojení na konstrukci dojezdů výtahů. Pro napojení na svislou plochu využijeme koutovou lištu. Napojení na stěně bude na stěnové lišty. Nejdříve si folii bodově navaříme. To nám pomůže, aby se folie nezvlnila. Následně přířez folie plně navaříme ke stěnové liště. U koutové lišty nejdříve navaříme folii v ohybu, až potom celoplošně na koutovou lištu. Na atice se folie upevňuje k závětrné liště.



OBRÁZEK Č. 59 – NAPOJENÍ FOLIE NA ATIKU

3.9. Ochranná vrstva

Na hlavní hydroizolaci z folie PVC-P bude provedena ochranná vrstva z netkaná textilie ze 100 % polypropylenu. Položena bude v jedné vrstvě v celé ploše

a jednostranně se nataví, aby bylo zabráněno posunu při realizaci. Tento pás položíme s minimálním přesahem 50 mm, ideálně s přesahem 100-150 mm.

3.10. Stabilizační vrstva

Posledním krokem bude rozprostření vrstvy kačírku, který bude sloužit k přetížení ostatních skladeb a k ochraně vrchní hydroizolační vrstvy před vnějšími vlivy. Kamenivo bude říční prané o velikosti frakcí 16–32 mm.



OBRÁZEK Č. 60 – STABILIZAČNÍ VRSTVA KAČÍRKU

3.11. Zkoušky jednotlivých vrstev

Vstupní kontrola

Kontrola při převzetí staveniště zahrnuje kontrolu stavební připravenosti po provedení bouracích prací. Ta se v našem případě zaměřuje na rovinnost podkladní vrstvy, obnažení přilehlých konstrukcí atiky a stěn, dojezdů výtahové šachty a zabezpečení pro ukotvení osobní ochrany proti pádu. K předání se vystaví předávací protokol, který bude podepsán dodavatelem ploché střechy a zhotovitelem.

Průběžné kontroly

Průběžné kontroly budou probíhat po provedení jednotlivých vrstev. U parozábrany je třeba ověřit správné položení pásů dle kladecího plánu. Především je třeba se zaměřit na to, aby nikde nebyly křížové spoje, jelikož u nich hrozí velké riziko zatékání. Jednotlivé svary je nutné vyzkoušet pomocí zkušební jehly.

Další kontrola proběhne po vyvrtání prostupů pro vedení instalací, odvětrání sociálního zázemí a nového zachytného systému. Zde je nutné dokonale napojit těsnící manžety, které jsou součástí prvků, které se napojují k provedené parozábraně. Opět je nutné zkontrolovat svar pomocí zkušební jehly.

Před položením spádové tepelné izolace zdokumentujeme provedenou konstrukci pro případné řešení vad.

Spádová izolace bude položena ve dvou vrstvách tak, aby došlo k převázání jednotlivých desek. Provedeme tedy i kontrolu tohoto převázání.

U hlavní hydroizolační vrstvy zkontrolujeme, zda je položena dle kladecího plánu. Svary zkontrolujeme vizuálně a pomocí zkušební jehly. Průběžně kontrolujeme, jestli nedochází k poškození folie pohybem osob nebo stavebními pracemi. Při poruše informujeme subdodavatele, aby byly následně provedeny nápravy.

Po dokončení hlavní hydroizolační vrstvy ploché střechy byla provedena jiskrná zkouška pro ověření provedení spojů PVC-P folie. Jiskrná zkouška probíhá za pomoci tažené elektrody poroskopu s napětím mezi 30 kV až 40 kV. Rychlost tažení elektrody je přibližně 10 m/min. Místo poruchy je indikováno vizuálně a akusticky, v případě poruchy je vidět a slyšet přeskakující jiskry mezi elektrodou a podkladem. Aby byl podklad vodivý a tím došlo k přeskočení jisker, je nutné podklad napojit na elektrodu. Tato zkouška je spíše pro namátkovou kontrolu, ale jelikož se plochá střecha realizovala v zimním období, nebylo možné provést zkoušku zátopovou. Po provedení jiskrné zkoušky byl vystaven protokol.



OBRÁZEK Č. 61 – JISKRNÁ ZKOUŠKA

Výstupní kontrola

Výstupní kontrola proběhne po dokončení realizace skladeb a klempířských prvků. Vizuálně zkontrolujeme provedení dokončené skladby ploché střechy, eventuálně provedeme v rizikových místech zkoušky za pomoci zkušební jehly.

Pokud bude vše řádně provedeno, dojde k písemnému předání konstrukce a k podepsání předávacích protokolů.

3.12. Nakládání s odpady

TABULKA Č. 49 – NAKLÁDÁNÍ S ODPADY

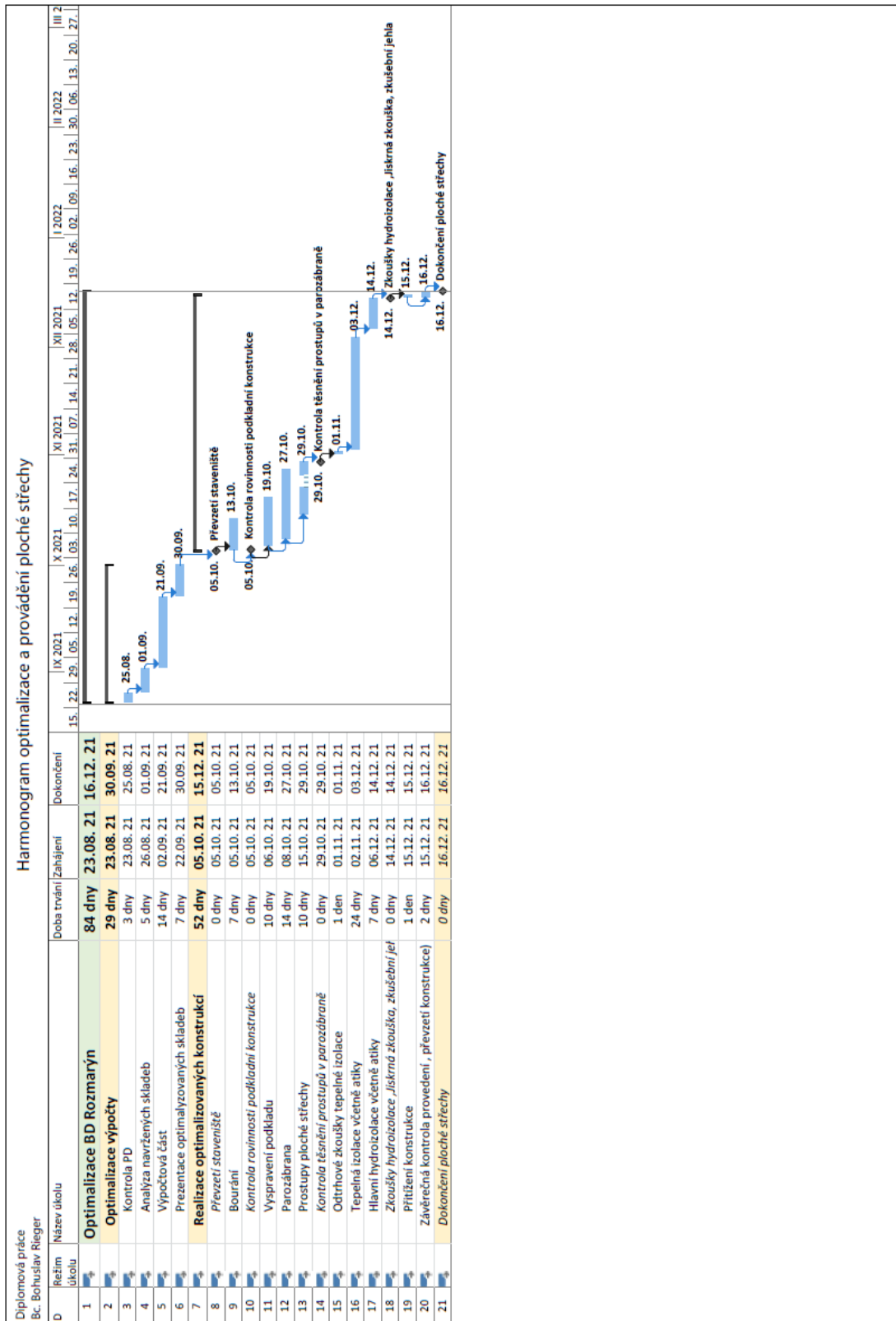
KÓD	DRUH	KATEGORIE	NAKLÁDÁNÍ
17 03	ASFALTOVÉ SMĚSI, DEHET A VÝROBKY Z DEHTU OLEJE	N	ODSTRANĚNÍ
17 04	KOVY (VČETNĚ JEJICH SLITIN)	O	RECYKLACE
17 02 03	PLASTY	O	RECYKLACE
17 06 04 02	IZOLAČNÍ MATERIÁLY NA BÁZI POLYSTYRENU	O	RECYKLACE
17 20	PAPÍR A LEPENKA	O	RECYKLACE
20 03 01	SMĚSNÝ KOMUNÁLNÍ ODPAD	O	ODSTRANĚNÍ

3.13. Ekologické dopady

Při provádění prací dochází k přechodnému zatížení životního prostředí. Tuto zátěž je nutné v příslušných oblastech podřídít požadavkům zákonů a souvisejících předpisů, zejména:

- zákon č. 17/1992 Sb., o životním prostředí v platném znění
- zákon č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí v platném znění
- zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech
- zákon č. 86/2002 Sb., o ochraně ovzduší v platném znění
- zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví v platném znění
- zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny v platném znění

3.14. Harmonogram provádění ploché střechy



4. ZÁVĚR

Má diplomová práce je zaměřena na optimalizaci konstrukcí obálky bytového domu Rezidence Rozmarýna, zejména na skladbou ploché střechy.

V teoretické části jsem popsal jednotlivé vlivy a technické požadavky na konstrukce, a to zejména v oblasti ploché střechy. Požadavky pro optimalizaci byly směřovány především k tepelně-technickým vlastnostem, energetické náročnosti budovy a požárně bezpečnostnímu řešení. Tyto základní informace následně posloužily pro výpočty v praktické části mé práce.

V první kapitole praktické části práce jsem provedl posouzení jednotlivých stávajících a navržených konstrukcí obálky budovy, bylo především nutné provést přepočty součinitelů prostupů tepla. Největší problém byl s konstrukcí ploché střechy, kde byl součinitel prostupu tepla velmi předimenzován. Jediný důvod tohoto záměrného předimenzování bylo splnění třídy „B“ energetické náročnosti budovy. Abych získal přesnou hodnotu, musel jsem provést výpočet podle normy ČSN EN ISO 6946: *Příloha E – Výpočet součinitele prostupu tepla konstrukcí se zkosenými vrstvami*. Jednotlivé výpočty jsem provedl v programu Microsoft Excel, ve kterém jsem je propojil tak, aby bylo hned zřetelné, jak mé přepočty ovlivňují původní průkaz energetické náročnosti. Pro následnou optimalizaci jsem využil připravené tabulky v Microsoft Excel. Změnil jsem v nich parametry vrstev tak, aby zůstala zachována třída „B“ energetické náročnosti budovy a aby bylo zároveň odstraněno dosavadní předimenzování skladby ploché střechy. Z důvodu dodržení energetické třídy „B“ jsem v této fázi jsem mohl upravit pouze skladbu ploché střechy, a to tak, aby nebyl ovlivněn průkaz energetické náročnosti budovy.

Při průběžných přepočtech jsem objevil chybu ve výměře ploch výplní otvorů ve vnější stěně O1. Tato chyba zásadně ovlivnila průkaz energetické náročnosti. Po prezentaci této chyby investorovi bylo zadáno vyhotovení nového průkazu energetické náročnosti budovy. Mým úkolem bylo dokončit optimalizaci, která následně sloužila jako podklad pro návrh nových skladeb.

Součástí práce je také porovnání původních nákladů s náklady nové optimalizované konstrukce, můžeme tedy vidět úspory vzniklé díky optimalizaci.

V druhé kapitole praktické části je znázorněn postup provádění ploché střechy. Realizace byla prováděna v zimním období, proto bylo nutné přijmout některá opatření, aby bylo možné pokládku kvalitně provádět. Hlavní hydroizolační vrstvu tvoří foliová izolace, která bude stabilizována kačírkiem o minimální tloušťce 50 mm a díky tomu bude splňovat klasifikaci $Broof_{(t3)}$. Skladbu ploché střechy se podařilo zrealizovat v původních milnících smluvního harmonogramu, a to i přes optimalizaci konstrukcí v průběhu realizace.

Cíl mé práce byl splněn, jelikož se povedlo optimalizovat konstrukce, díky čemuž došlo k finančním i materiálovým úsporám. Samotný návrh splňuje základní požadavky na konstrukce dle aktuálních norem a vyhlášek. Důležitou součástí mé práce je také příloha A s tabulkami v Microsoft Excel, které obsahují provedené výpočty. Ty mohou být následně využity pro optimalizace konstrukcí i v rámci jiných projektů, ve kterých bude třeba pouze upravit vstupní parametry a požadavky. Následně bude automaticky provedeny výpočty, díky čemuž se proces optimalizace značně urychlí. Tyto tabulky se dají využít i pro dílčí výpočty jednotlivých konstrukcí obálky budovy.

4.1. Soupis použitých tabulek

TABULKA Č. 1 – PARAMETRY VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ.....	13
TABULKA Č. 2 – SOUČINITELE PROSTUPU TEPLA DLE ČSN 73 0540-2:2011 TEPELNÁ OCHRANA BUDOV – ČÁST 2: POŽADAVKY	17
TABULKA Č. 3 – POKRAČOVÁNÍ TABULKY Č. 2	18
TABULKA Č. 4 – POŽÁRNÍ ODOLNOST STAVEBNÍCH KONSTRUKCÍ A JEJICH DRUHŮ DLE ČSN 73 0802 ED.2.....	29
TABULKA Č. 5 – POKRAČOVÁNÍ TABULKY Č. 3	30
TABULKA Č. 6 – TEPELNĚ-TECHNICKÉ POSOUZENÍ STÁVAJÍCÍ OBVODOVÉ KONSTRUKCE	39
TABULKA Č. 7 – TEPELNĚ-TECHNICKÉ POSOUZENÍ STÁVAJÍCÍ OBVODOVÉ KONSTRUKCE	40
TABULKA Č. 8 – TEPELNĚ-TECHNICKÉ POSOUZENÍ STÁVAJÍCÍ STŘEŠNÍ KONSTRUKCE	42
TABULKA Č. 9 – TEPELNĚ-TECHNICKÉ POSOUZENÍ STÁVAJÍCÍCH VÝPLNÍ OTVORŮ VE VNĚJŠÍ STĚNĚ	43
TABULKA Č. 10 – TEPELNĚ-TECHNICKÉ POSOUZENÍ NAVRŽENÉ OBVODOVÉ KONSTRUKCE	44
TABULKA Č. 11 – TEPELNĚ-TECHNICKÉ POSOUZENÍ NAVRŽENÉ PODLAHY PŘILEHLÉ K ZEMINĚ.....	46
TABULKA Č. 12 – TEPELNĚ-TECHNICKÉ POSOUZENÍ NAVRŽENÉ SKLADBY STŘEŠNÍ KONSTRUKCE	49
TABULKA Č. 13 – TEPELNĚ-TECHNICKÉ POSOUZENÍ NAVRŽENÝCH VÝPLNÍ OTVORŮ VE VNĚJŠÍ STĚNĚ	51
TABULKA Č. 14 - VYHODNOCENÍ TEPELNĚ-TECHNICKÝCH VLASTNOSTÍ NAVRŽENÝCH KONSTRUKCÍ.....	52
TABULKA Č. 15 – VÝPOČET PŘEVÝŠENÍ d2	59
TABULKA Č. 16 – VÝPOČET ODPORU TEPLA KONSTANTNÍCH VRSTEV	60
TABULKA Č. 17 VÝPOČET TEPELNÝCH ODPORŮ	62
TABULKA Č. 18 – VYPOČTENÉ DÍLČÍ SOUČINITELE PROSTUPU TEPLA.....	66
TABULKA Č. 19 – VÝSLEDNÝ CELKOVÝ SOUČINITEL PROSTUPU TEPLA PLOCHÉ STŘECHY	68
TABULKA Č. 20 - POROVNÁNÍ HODNOT SOUČINITELŮ PROSTUPU TEPLA	68
TABULKA Č. 21 – OPTIMALIZOVANÉ VRSTVY TEPELNÉ IZOLACE.....	70
TABULKA Č. 22 – VÝPOČET PŘEVÝŠENÍ d2	74
TABULKA Č. 23 - VÝPOČET ODPORU TEPLA KONSTANTNÍCH VRSTEV	75
TABULKA Č. 24 - VÝPOČET TEPELNÝCH ODPORŮ	77
TABULKA Č. 25 - VYPOČTENÉ DÍLČÍ SOUČINITELE PROSTUPU TEPLA	81
TABULKA Č. 26 – VÝSLEDNÝ CELKOVÝ SOUČINITEL PROSTUPU TEPLA PLOCHÉ STŘECHY	83
TABULKA Č. 27 – POROVNÁNÍ HODNOT SOUČINITELŮ PROSTUPU TEPLA.....	83
TABULKA Č. 28 – VÝPOČET U_w VÝPLNÍ OTVORŮ 6 A 7	86
TABULKA Č. 29 – VÝPOČET U_w VÝPLNÍ OTVORŮ 8, 9 A 11	88
TABULKA Č. 30 – SOUČINITEL PROSTUPU TEPLA VNĚJŠÍ STĚNY	90

TABULKA Č. 31 – POROVNÁNÍ HODNOT SOUČINITELE PROSTUPU TEPLA S POŽADOVANÝMI HODNOTAMI UN, 20 DLE ČSN 73 0540-2:2011 TEPELNÁ OCHRANA BUDOV - ČÁST 2: POŽADAVKY	91
TABULKA Č. 32 – PENB ZE ZADÁVACÍ DOKUMENTACE	92
TABULKA Č. 33 – PENB S VYPOČTENÝMI HODNOTAMI	93
TABULKA Č. 34 – POŽADAVKY NA PRŮMĚRNÝ SOUČINTEL PROSTUPU TEPLA	93
TABULKA Č. 35 - PENB SE ZNÁZORNĚNOU CHYBOU VE VÝMĚŘE PLOCH VÝPLNÍ OTVORŮ VE VNĚJŠÍ STĚNĚ O1.	96
TABULKA Č. 36 – VÝPOČET OPTIMALIZOVANÉ SKLADBY VNĚJŠÍ STĚNY	97
TABULKA Č. 37 – POROVNÁNÍ HODNOT SOUČINTELŮ PROSTUPU TEPLA	97
TABULKA Č. 38 – PENB PO OPTIMALIZACI KONSTRUKCÍ S VYPOČÍTANÝMI HODNOTAMI	99
TABULKA Č. 39 – POŽADAVKY NA PRŮMĚRNÝ SOUČINTEL PROSTUPU TEPLA	99
TABULKA Č. 40 – DRUH KONSTRUKCE Z HLEDISKA POŽÁRU- OBVODOVÝ PLÁŠŤ	100
TABULKA Č. 41 – DRUH KONSTRUKCE Z HLEDISKA POŽÁRU- PLOCHÁ STŘECHA	100
TABULKA Č. 42 – POŽADAVKY URČENÉ V POŽÁRNĚ BEZPEČNOSTNÍ ZPRÁVĚ	101
TABULKA Č. 43 – KOMPLETNÍ OPTIMALIZOVANÁ SKLADBA PLOCHÉ STŘECHY ..	102
TABULKA Č. 44 – NÁKLADY NA PROVEDENÍ PŮVODNÍ SKLADBY PLOCHÉ STŘECHY	103
TABULKA Č. 45 – NÁKLADY NA ZŘÍZENÍ OCELOVÉ KONSTRUKCE NAVÝŠENÍ ATIKY	104
TABULKA Č. 46 - NÁKLADY NA PROVEDENÍ OPTIMALIZOVANÉ SKLADY PLOCHÉ STŘECHY	104
TABULKA Č. 47 – ROZDÍL NÁKLADŮ PO OPTIMALIZACI	105
TABULKA Č. 48 - VÝPIS MATERIÁLU PRO REALIZACI PLOCHÉ STŘECHY	106
TABULKA Č. 49 – NAKLÁDÁNÍ S ODPADY	125

4.2. Soupis použitých obrázků

OBRÁZEK Č. 1 – PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI STAVBY	23
OBRÁZEK Č. 2 – UKAZATELE ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI	23
OBRÁZEK Č. 3 – PŘÍKLADY KONSTRUKCÍ DRUHŮ DP1 AŽ DP3	25
OBRÁZEK Č. 4 – POŽÁRNÍ VÝŠKA OBJEKTU	26
OBRÁZEK Č. 5 – PŮVODNÍ STAV	35
OBRÁZEK Č. 6 – PŮVODNÍ STAV	35
OBRÁZEK Č. 7 – PŮVODNÍ STAV POKOJ	36
OBRÁZEK Č. 8 – PŮVODNÍ STAV CHODBA.....	36
OBRÁZEK Č. 9 – PŮVODNÍ STAV CHODBA.....	36
OBRÁZEK Č. 10 – DETAIL OBVODOVÉ KONSTRUKCE	38
OBRÁZEK Č. 11 – PŮVODNÍ PODLAHA PŘILEHLÁ K ZEMINĚ	40
OBRÁZEK Č. 12 – DETAIL STÁVAJÍCÍ STŘEŠNÍ SKLADBY	41
OBRÁZEK Č. 13 – NAPOJENÍ STŘEŠNÍ SKLADBY NA STÁVAJÍCÍ ATIKU	41
OBRÁZEK Č. 14 – STÁVAJÍCÍ STŘEŠNÍ VPUSŤ.....	42
OBRÁZEK Č. 15 – STÁVAJÍCÍ STŘEŠNÍ SKLADBA.....	42
OBRÁZEK Č. 16 – STÁVAJÍCÍ VÝPLNĚ OTVORŮ	43

OBRÁZEK Č. 17 – PRVEK 1	56
OBRÁZEK Č. 18 – PRVEK 2	56
OBRÁZEK Č. 19 – PRVVEK 3	56
OBRÁZEK Č. 20 – ROZDĚLENÍ PLOCHÉ STŘECHY NA JEDNOTLIVÉ PRVKY	57
OBRÁZEK Č. 21 – ODMĚŘENÍ VZDÁLENOSTI PRVKŮ OD VPUSTI	58
OBRÁZEK Č. 22 – VÝPOČET PŘEVÝŠENÍ d2	58
OBRÁZEK Č. 23 – PRVEK 1	63
OBRÁZEK Č. 24 – PRVEK 2	64
OBRÁZEK Č. 25 – PRVEK 3	65
OBRÁZEK Č. 26 – PRVEK 1	71
OBRÁZEK Č. 27 – PRVEK 2	71
OBRÁZEK Č. 28 – PRVKY 3	71
OBRÁZEK Č. 29 – ROZDĚLENÍ PLOCHÉ STŘECHY NA JEDNOTLIVÉ PRVKY	72
OBRÁZEK Č. 30 – ODMĚŘENÍ VZDÁLENOSTI PRVKŮ OD VPUSTI	73
OBRÁZEK Č. 31 – VÝPOČET PŘEVÝŠENÍ d2	73
OBRÁZEK Č. 32 – PRVEK 1	78
OBRÁZEK Č. 33 – PRVEK 2	79
OBRÁZEK Č. 34 – PRVEK 3	80
OBRÁZEK Č. 35 – ROZDĚLENÍ NA PRVKY PRO TYP OKEN 6 A 7.....	85
OBRÁZEK Č. 36 – POPIS VÝPLNÍ TYPU 6 A 7	85
OBRÁZEK Č. 37 – ROZDĚLENÍ NA PRVKY PRO TYP OKEN 6 A 7	87
OBRÁZEK Č. 38 – POPIS VÝPLNÍ TYPU 6 A 7	87
OBRÁZEK Č. 39 - STAVEBNÍ VÝTAH GEDA 1500 Z/ZP.....	107
OBRÁZEK Č. 40 - SMYKEM ŘÍZENÝ NAKLADAČ	109
OBRÁZEK Č. 41 – HORKOVZDUŠNÝ AGREGÁT	109
OBRÁZEK Č. 42 – ZÁCHYTNŽ SYSTÉM.....	110
OBRÁZEK Č. 43 – ZÁCHYTNÝ SYSTÉM.....	110
OBRÁZEK Č. 44 – BOURACÍ PRÁCE	112
OBRÁZEK Č. 45 – BOURACÍ PRÁCE	113
OBRÁZEK Č. 46 – BOURACÍ PRÁCE	114
OBRÁZEK Č. 47 – VEDENÍ STŘEŠNÍCH PRVKŮ	115
OBRÁZEK Č. 48 – UTĚSNĚNÍ PROSTUPŮ VEDENÍ	115
OBRÁZEK Č. 49 – ZATEPLENÍ ATIKY	116
OBRÁZEK Č. 50 – TEPELNÁ IZOLACE	117
OBRÁZEK Č. 51 – POKLÁDKA TEPELNÉ IZOLACE	118
OBRÁZEK Č. 52 – ZAKRÝVANÍ PŘED POVĚTRNOSTNÍMY VLVIVY.....	118
OBRÁZEK Č. 53 – SVAŘOVÁNÍ FOLIE	119
OBRÁZEK Č. 54 – HLAVNÍ HYDROIZOLACE.....	120
OBRÁZEK Č. 55 – NAPOJENÍ FOLIE U PROSTUPŮ.....	120
OBRÁZEK Č. 56 - NAPOJENÍ FOLIE U PROSTUPŮ	121
OBRÁZEK Č. 57 – STŘEŠNÍ VPUSTĚ	121
OBRÁZEK Č. 58 – POJISTNÝ PŘEPAD.....	122
OBRÁZEK Č. 59 – NAPOJENÍ FOLIE NA ATIKU	122
OBRÁZEK Č. 60 – STABILIZAČNÍ VRSTVA KAČÍRKU	123
OBRÁZEK Č. 61 – JISKRNÁ ZKOUŠKA	125

4.3. Soupis použité literatury a citací

- (1) *Součinitel tepelné vodivosti* (online)
<https://stavba.tzb-info.cz/prostup-tepla-stavebni-konstrukci/311-soucinitel-tepelne-vodivosti>
- (2) *Názvosloví tepelných izolací* (online)
<https://www.izolace-info.cz/technicke-informace/nazvoslovi-tepelnych-informaci/>
- (3) *Tepelný odpor R* (online)
<https://stavba.tzb-info.cz/prostup-tepla-stavebni-konstrukci/312-tepelny-odpor-r>
- (4) KULHÁNEK, František. *Stavební fyzika II: Stavební tepelná technika*. 3. vydání přepracované. Praha: Česká technika, c2006. ISBN 80-01-03408-9.
- (5) URBAN, Miroslav, Karel KABELE, Daniel ADAMOVSÝ, Michal KABRHEL a Roman MUSIL. *Popis metodiky výpočtu hodnocení energetické náročnosti budov podle vyhlášky 148/2007 Sb.* [online]. 6.8.2007 [cit. 2021-12-21]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/energeticka-narocnost-budov/4274-popis-metodiky-vypoctu-hodnoceni-energeticke-narocnosti-budov-podle-vyhlasiky-148-2007-sb>
- (6) ROCKWOOL, A. S. *PLOCHÉ STŘECHY: Tepelné, zvukové a protipožární izolace* [online]. In: s. 5 [cit. 2021-12-21]. Dostupné z: http://www.tepelnaizolace.cz/data/mod_redaction_adv/74/down/ploche-strechy.pdf
- (7) J. Oláh, M. Mikuláš, D. Mikulášová, *Šikmé střechy*, Praha: Jaga group 2003, ISBN: 80-88905-77-X
- (8) *Tepelné ztráty objektu* (online) https://www.izolace-info.cz/aktuality/21684-tepelne-zraty-a.html#.X88_erNCeUk
- (9) A. Fajkoš, M. Novotný, B. Straka, *Střechy I - Opravy a rekonstrukce*, Praha: Grada, 2000, ISBN: 8071698253

- (10) A. Fajkoš., M. Novotný, *Střechy – základní konstrukce*, Praha: Grada, 2003, ISBN: 80-247-0681-4
- (11) SCHWARZER, Jan, Tomáš MATUŠKA a Viktor ZBOŘIL. *SKRIPTA: ke vzdělávacímu programu „Energetický specialista“* [online]. 2014, 92 s. [cit. 2021-12-29]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/1753636-Skripta-ke-vzdelavacimu-programu-energeticky-specialista-registracni-cislo-projektu-cz-1-07-3-2-08-04-0017.html>
- (12) 1. *TEPELNĚ TECHNICKÉ POŽADAVKY NA OBVODOVÉ PLÁŠTĚ* (online) <http://fast10.vsb.cz/studijni-materialy/ps3/1.html>
- (13) TKHIF, Z.S., Kolektiv. *Technická informace č. TI-TKHIF-2018-01: Navrhování a posuzování střech z hlediska požární bezpečnosti* [online]. 19.04.2019 [cit. 2021-12-29]. Dostupné z: <http://www.tkhif.cz/cs/technicka-informace-c-ti-tkhif-2018-01/>
- (14) HEJTMÁNEK, Petr, Hana NAJMANOVÁ a Marek POKORNÝ. *Požární výška objektu* [online]. 1.2.2016 [cit. 2021-12-29]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/pozarni-bezpecnost-staveb/13650-pozarni-vyska-objektu>
- (15) 5. *PLOCHÉ STŘECHY* [online]. [cit. 2021-12-29]. Dostupné z: <http://fast10.vsb.cz/studijni-materialy/ps4/5.html>
- (16) KUTNAR, Zdeněk a KOLEKTIV. *KUTNAR - Ploché střechy: Skladby a detaily - duben 2019* [online]. *STAVEBNINY DEK*, 2019, 125 s. [cit. 2021-12-29]. Dostupné z: https://www.dek.cz/data/docs/PRO-DEK-0001_2019-03_St%C5%99echy%20s%20povlakovou%20hydroizola%C4%8Dn%C3%AD%20vrstvou.pdf
- (17) *Vnitřní výpočtové teploty dle ČSN EN 12831 a doporučené relativní vlhkosti vzduchu dle ČSN 06 0210* [online]. [cit. 2021-12-29]. Dostupné 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>

- (18) Normové hodnoty součinitele prostupu tepla UN,20 jednotlivých konstrukcí dle ČSN 73 0540-2:2011 Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky [online]. [cit. 2021-12-29]. Dostupné 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>
- (19) Příklady konstrukcí druhů DP1 až DP3. 1. TEPELNĚ TECHNICKÉ POŽADAVKY NA OBVODOVÉ PLÁŠTĚ [online]. [cit. 2021-12-29]. Dostupné z: <http://fast10.vsb.cz/studijni-materialy/ps3/pict/0105.jpg>
- (20) Obrázek 3:(a) požární výška objektu h; (b) různé požární výšky pro různě vysoké části objektu. TZB-info [online]. 2016, 1.2.2016 [cit. 2021-12-29]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/docu/clanky/0136/013650o2.png>
- (21) ČSN EN ISO 6946. Stavební prvky a stavební konstrukce: Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla – Výpočtové metody. Česká agentura pro standardizaci, 2020.
- (22) KÁNĚ, Luboš a KOLEKTIV. HYDROIZOLACE STŘECH DEKPLAN střešní fólie: Obrázek 6.: Práce s horkovzdušným přístrojem a válečkem [online]. 13. DEK, c2020 [cit. 2021-12-29]. Dostupné z: <https://atelier-dek.cz/docs/atelier-dek-cz/publikace/MONTAZNI-NAVODY/dekplan-stresni-folie-2020-01.pdf>

PŘÍLOHY

- A. Microsoft Excel s provedenými výpočty**
- B. Dokumentace DSP, půdorysy, výkres střechy, řezy**
- C. Protokoly jednotlivých konstrukcí z programu Teplo 2011**
- D. Harmonogram realizace ploché střechy**