

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta aplikovaných věd

Katedra mechaniky – Oddělení stavitelství

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Porovnání tepelně technických vlastností obvodových plášťů
u panelových systémů v západních Čechách s využitím
dokumentace a termovizního měření

Plzeň, 2015

Vypracoval: Bc. Zbyněk Vícha

Vedoucí práce: Ing. Luděk Vejvara, Ph.D.

Čestné prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě aplikovaných věd Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce Ing. Luďka Vejvary, Ph.D., s použitím odborné literatury a pramenů, jejichž úplný seznam je součástí této práce.

V Plzni dne 20. 12. 2015

.....
Podpis autora

Anotace

V diplomové práci se zabývám porovnáním tepelně technických vlastností nezateplených a zateplených obvodových plášťů panelových soustav v západních Čechách podle normy ČSN 73 0540. Práce je rozdělena do tří částí.

Úvodní část seznamuje s důvody výstavby panelových objektů, jejich typy a počty. Dále se zabývá stavem panelových objektů v České republice a jejich rekonstrukcemi. Úvodní část je zakončena důvody zateplování panelových soustav.

Ve druhé části jsou popsány výpočtové metody posouzení tepelné techniky pomocí vlastního výpočetního programu.

Třetí, hlavní část se zabývá samotným posouzením obvodových plášťů panelových soustav T 06 B, PS 61 a PS 69, jejich vyhodnocením a doporučením úprav obvodového pláště.

Klíčová slova:

Tepelné posouzení, obvodový plášť, panelové objekty, T 06 B, PS 61, PS 69, výpočetní program, tepelný odpor, součinitel prostupu tepla, akumulace, kondenzace.

Abstract

This diploma thesis presents a comparison of the thermo technical properties of thermally non-insulated and insulated external cladding of the panel buildings systems in Western Bohemia according to ČSN 73 0540. The work is divided into three parts.

Introductory part presents the reasons for the construction of panel buildings, their types and numbers. It also deals with the state of panel buildings in the Czech Republic and their reconstructions. The first part ends with the reasons of thermal insulation of the panel buildings systems.

The second part describes the calculation methods for assessing thermal technology by using my own calculation program.

Third, the main part, deals with the assessment of the external cladding of the panel buildings systems T 06 B, PS 61 and PS 69, its evaluation and recommendations of the adjustments of external cladding.

Key words:

Thermal assessment, external cladding, panel objects, T 06 B, PS 61, PS 69, calculation program, thermal resistance, transmission heat loss coefficient, accumulation construction, condensed.

Poděkování:

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu diplomové práce Ing. Luděkovi Vejvarovi, Ph.D. za čas strávený na konzultačních hodinách, cenné profesionální rady, připomínky a metodické vedení práce. Rád bych poděkoval Ing. Václavovi Petrášovi za poskytnutí termogramů z osobního archivu a prof. Ing. Františkovi Pláničkovi, CSc. za zapůjčení aktuální normy ČSN 73 0540 z archivu katedry mechaniky Západočeské univerzity v Plzni. Dále bych rád poděkoval všem vyučujícím za lidský přístup ke studentům v průběhu celého mého studia.

OBSAH

1	ÚVOD	- 9 -
2	PANELOVÉ OBJEKTY	- 12 -
2.1	DŮVODY VÝSTAVBY A DEFINICE	- 12 -
2.2	TYPIZOVANÉ STAVEBNÍ SOUSTAVY BYTOVÝCH DOMŮ.....	- 13 -
2.3	ZMĚNA TEPELNĚ TECHNICKÝCH NOREM	- 15 -
2.4	REKONSTRUKCE PANELOVÝCH OBJEKTŮ.....	- 17 -
2.5	DŮVODY ZATEPLENÍ	- 19 -
2.5.1	<i>Ekonomické důvody</i>	- 19 -
2.5.2	<i>Technické důvody</i>	- 21 -
3	PANELOVÉ OBJEKTY V ZÁPADNÍCH ČECHÁCH.....	- 23 -
4	METODY POSOUZENÍ TEPELNÉ TECHNIKY.....	- 26 -
4.1	TEPELNÝ ODPOR A SOUČINITEL PROSTUPU TEPLA.....	- 28 -
4.2	PRŮBĚH TEPLŮ V KONSTRUKCI A TEPLŮTNÍ FAKTOR	- 31 -
4.3	KONDENZACE VODNÍ PÁRY.....	- 33 -
4.4	AKUMULACE KONSTRUKCE.....	- 34 -
4.5	INFRAČERVENÁ TERMOGRAFIE	- 36 -
5	STAVEBNÍ SOUSTAVA T 06 B.....	- 39 -
5.1	SCHÉMA SOUSTAVY.....	- 40 -
5.2	TECHNICKÉ PODKLADY	- 40 -
5.2.1	<i>Založení soustavy</i>	- 41 -
5.2.2	<i>Stropní panely</i>	- 42 -
5.2.3	<i>Stěnové panely</i>	- 43 -
5.2.4	<i>Štítové panely</i>	- 43 -
5.2.5	<i>Obvodový plášť</i>	- 44 -
5.2.6	<i>Střešní konstrukce</i>	- 45 -
5.3	POSOUZENÍ PŮVODNÍHO OBVODOVÉHO PLÁŠTĚ.....	- 46 -
5.4	POSOUZENÍ ZATEPLENÝCH PLÁŠŤŮ	- 50 -
5.4.1	<i>Zateplený průčelní panel (používaný před rokem 1977)</i>	- 51 -
5.4.2	<i>Zateplený průčelní panel (používaný po roce 1977)</i>	- 54 -
5.4.3	<i>Zateplený štítový panel (používaný před rokem 1977)</i>	- 54 -
5.4.4	<i>Zateplený štítový panel (používaný po roce 1977)</i>	- 55 -
5.5	TERMOVIZNÍ MĚŘENÍ.....	- 56 -
5.6	VADY A PORUCHY OBVODOVÉHO PLÁŠTĚ.....	- 56 -
5.6.1	<i>Štítové stěny</i>	- 57 -

5.6.2	Stěny průčelí	- 58 -
5.7	DOPORUČENÉ ŘEŠENÍ ÚPRAV OBVODOVÉHO PLÁŠTĚ	- 59 -
6	STAVEBNÍ SOUSTAVA PS 61	- 61 -
6.1	SCHÉMA SOUSTAVY	- 61 -
6.2	TECHNICKÉ PODKLADY	- 61 -
6.2.1	Založení soustavy	- 62 -
6.2.2	Stropní panely	- 62 -
6.2.3	Stěnové panely	- 63 -
6.2.4	Štítové panely	- 63 -
6.2.5	Obvodový plášť	- 63 -
6.2.6	Střešní konstrukce	- 64 -
6.3	POSOUZENÍ PŮVODNÍHO OBVODOVÉHO PLÁŠTĚ	- 64 -
6.4	POSOUZENÍ ZATEPLENÝCH PLÁŠŤŮ	- 67 -
6.4.1	Zateplený průčelní panel	- 68 -
6.4.2	Zateplený štítový panel	- 71 -
6.5	TERMOVIZNÍ MĚŘENÍ	- 71 -
6.6	VADY A PORUCHY OBVODOVÉHO PLÁŠTĚ	- 72 -
6.7	DOPORUČENÉ ŘEŠENÍ ÚPRAV OBVODOVÉHO PLÁŠTĚ	- 72 -
7	STAVEBNÍ SOUSTAVA PS 69	- 74 -
7.1	SCHÉMA SOUSTAVY	- 74 -
7.2	TECHNICKÉ PODKLADY	- 74 -
7.2.1	Založení soustavy	- 75 -
7.2.2	Stropní panely	- 75 -
7.2.3	Stěnové panely	- 76 -
7.2.4	Štítové panely	- 76 -
7.2.5	Obvodový plášť	- 77 -
7.2.6	Střešní konstrukce	- 79 -
7.3	POSOUZENÍ PŮVODNÍHO OBVODOVÉHO PLÁŠTĚ	- 79 -
7.4	POSOUZENÍ ZATEPLENÝCH PLÁŠŤŮ	- 83 -
7.4.1	Zateplený průčelní panel (používaný před rokem 1977)	- 84 -
7.4.2	Zateplený průčelní panel (používaný po roce 1977)	- 84 -
7.4.3	Zateplený štítový panel (používaný před rokem 1977)	- 87 -
7.4.4	Zateplený štítový panel (používaný po roce 1977)	- 88 -
7.5	TERMOVIZNÍ MĚŘENÍ	- 89 -
7.6	VADY A PORUCHY OBVODOVÉHO PLÁŠTĚ	- 89 -
7.7	DOPORUČENÉ ŘEŠENÍ ÚPRAV OBVODOVÉHO PLÁŠTĚ	- 90 -

8	VARIANTY STAVEBNÍ SOUSTAVY PS 69	- 92 -
8.1	PS 69/1	- 92 -
8.2	PS 69/2	- 92 -
8.3	PS 69/2E.....	- 92 -
8.4	PS 69/3	- 93 -
9	SHRNUTÍ A VYHODNOCENÍ	- 94 -
10	ZÁVĚR	- 99 -
11	SEZNAMY	- 101 -
11.1	ZNAČKY, JEDNOTKY A VELIČINY	- 101 -
11.2	SEZNAM ZKRATEK.....	- 103 -
11.3	SEZNAM OBRÁZKŮ	- 103 -
11.4	SEZNAM GRAFŮ	- 104 -
11.5	SEZNAM TABULEK	- 106 -
12	POUŽITÉ ZDROJE	- 109 -
12.1	LITERATURA.....	- 109 -
12.2	INTERNETOVÉ ZDROJE	- 111 -
12.3	LEGISLATIVA	- 113 -
PŘÍLOHA A	SCHÉMATA PANELOVÝCH SOUSTAV	- 115 -
PŘÍLOHA B	TERMOGRAMY PANELOVÝCH SOUSTAV	- 118 -
PŘÍLOHA C	VÝPOČET PROGRAMU	- 123 -
PŘÍLOHA D	VÝSLEDKY POSOUZENÍ OP	- 130 -
PŘÍLOHA E	VÝKRESY PANELOVÝCH SOUSTAV	- 140 -
PŘÍLOHA F	DETAILY PANELOVÝCH SOUSTAV	- 142 -

1 Úvod

Téma mé diplomové práce jsem si vybral především proto, že mě zajímá tepelná ochrana budov. V dnešní době, kdy se ceny energií neustále zvyšují, ať už kvůli zvyšujícím se investicím do rozvodné sítě, investicím do její ochrany či kvůli zavádění obnovitelných zdrojů energií, se do budoucna počítá s pokračováním tohoto trendu, dokud se ceny energií nesrovnají s cenami v zemích západní Evropy. Musíme proto dbát na snižování energetické náročnosti budov.

Od 1. ledna 2009 je pro většinu novostaveb povinností mít v projektové dokumentaci pro stavební povolení zpracované hodnocení energetické náročnosti budov dle zákona 406/2000 Sb. o hospodaření energií ve znění pozdějších předpisů a vyhlášky č. 78/2013 Sb. o energetické náročnosti budov.

Se zvyšující se cenou energií¹ se zkracuje doba návratnosti investic do snižování energetické náročnosti budov a to i přes to, že ceny rekonstrukcí na jednu bytovou jednotku (dále jen b.j.) každým rokem rostou². Cílem do budoucna je dosáhnout takzvaných plusových domů, které vyrobí více energie, než samy spotřebují a přebytek dodají do rozvodné sítě.

Množství vyrobené energie nemůžeme zvyšovat do nekonečna a s vývojem nových materiálů a technologií se nám naskytá možnost energii ušetřit. Tato energie je nejjednodušeji získaná energie bez potřeby výstavby nových elektráren a získávání nových zdrojů energie. Spotřeba energie na vytápění v obytných objektech se nejčastěji pohybuje okolo 70 % z energie v těchto objektech spotřebované³, a proto se nabízí energii ušetřit právě v tomto odvětví. Toho lze dosáhnout například zateplením obálky budovy, dokonalým řešením tepelných mostů, výměnou výplní otvorů, výměnou či regulací otopné soustavy, ale také rekuperací tepla. Správnou orientací a tvarem půdorysu objektu můžeme dosáhnout poměrně vysokých solárních zisků. Bez zateplení obálky budovy a výměny výplní otvorů nejsou ostatní možnosti úspory efektivní.

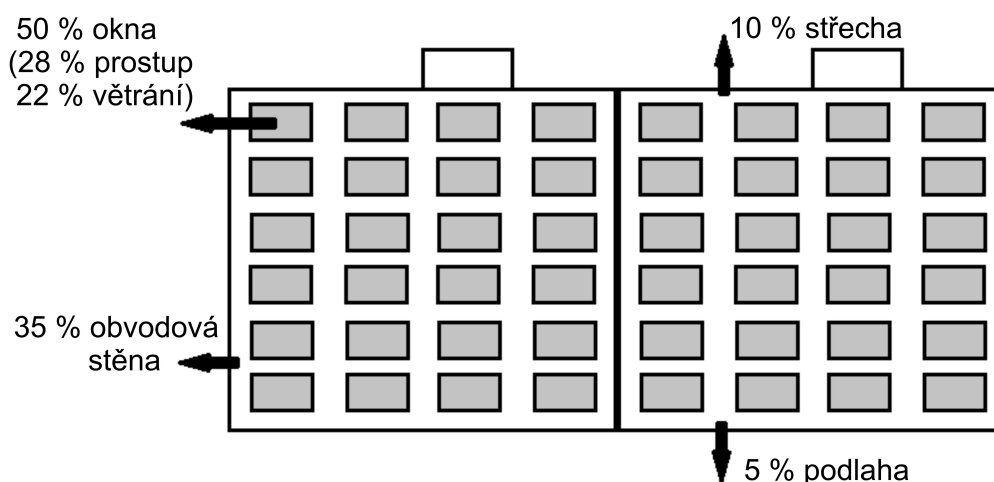
Z obr. 1 je vidět, že největší podíl na tepelných ztrátách budovy mají výplně otvorů, přesněji okna, která se na těchto ztrátách podílejí 50 %. Nicméně tato ztráta je ze značné míry (22 %) způsobena větráním. Výměnou oken za okna

¹ Šafařík, M. (2013, 54).

² CERPAD, o.s. – ICC Praha (2009, 18, 49).

³ Mikš, L. (2012).

s lepšími tepelnými vlastnostmi můžeme dosáhnout změny tepelných ztrát maximálně o 28 %. Již zmíněných 22 % tepelných ztrát způsobených větráním můžeme snížit pomocí rekuperace tepla. Nejvyšší vliv z konstrukcí na tepelné ztráty má obvodová stěna.



Obr. 1: Obvyklý podíl tepelných ztrát stavebními konstrukcemi u nezatepleného vícepodlažního bytového domu⁴

V Tab. 1 vidíme složení bytového fondu České republiky. Ten je tvořen z bytových jednotek v panelových domech (do 3 b. j. v jednom domě) a bytových domech (od 4 b. j.).

Bytový fond ČR	Počet b.j.	Zastoupení v %
Trvale obydlené b.j.celkem	4 104 635	100,0%
Rodinné domy	1 795 065	43,7%
Bytové domy celkem	2 257 978	55,0%
Ostatní b.j.	51 592	1,3%
Panelové bytové domy	1 198 559	29,2%
Nepanelové bytové domy	1 059 419	25,8%

Tab. 1: Struktura bytového fondu ČR⁵

Nejvíce b.j. je v České republice v bytových domech a to celkově 55 % všech b.j.. Při rozdělení bytových domů na panelové a nepanelové je nejvíce b.j. zastoupeno v rodinných domech. Úspory energie se pro každý bytový dům musí

⁴ Šála, J. (2000, 13)., vlastní úprava.

⁵ Zdroj dat: Český statistický úřad. (2011).

posuzovat individuálně. U bytových domů, především těch prefabrikovaných, lze díky unifikaci jednotlivých stavebních soustav některé postupy a výpočty aplikovat na více objektů.

Shrnu-li vše výše napsané, vychází mi jako nejlepší možnost úspory veškeré vyrobené energie zdokonalení obálky panelových objektů a to především zlepšením součinitele prostupu tepla obvodových stěn a odstraněním tepelných mostů. Proto se v mé diplomové práci budu zabývat posouzením obvodových plášťů panelových budov.

2 Panelové objekty

2.1 Důvody výstavby a definice

Po 2. Světové válce bylo nutné nahradit velké množství bytů ve válkou zničeném bytovém fondu. Toho bylo dosaženo typizací stavebních soustav a její prefabrikací s minimalizací mokrých procesů na stavbě. Tím bylo dosaženo, v co nejkratším časovém rozpětí za co nejmenší náklady, vybudování dostatku bytových jednotek pro rostoucí městskou populaci. Postupně se výstavba panelovou technologií stala nejvyužívanější a svého vrcholu dosáhla v 70. letech 20. století⁶. Dnes tvoří byty v panelových objektech téměř 30 % veškeré bytové zástavby na území České republiky (viz Tab. 1).

Hlavní vlna výstavby panelových objektů přichází po roce 1960, kdy byly Státním výborem pro výstavbu stanoveny zásady a směrnice pro přípravu nových typových podkladů pro nové pokusné objekty. V těchto objektech byla vyzkoušena nová technologická řešení, nové materiály a prvky. Celkem bylo zpracováno 15 návrhů na základě různých technologií pro jednotlivé kraje. V tehdejší Státní studijní a typizační ústavu v Praze bylo ještě vyvinuto 6 experimentálních projektů. Tyto projekty byly vybrány tak, aby bylo dosaženo různých variant konstrukčního i materiálového řešení, různých výškových hladin a dispozičního řešení. Podle těchto projektů byla posléze realizována výstavba v jednotlivých krajích. Byly vyvinuty nové typové podklady pro bytovou výstavbu, a to na základě experimentálních staveb, dle montážních možností a vyhodnocení surovinové základny v jednotlivých krajích. Základem řady typových podkladů byla panelová konstrukce s příčnými nosnými stěnami, která se stala hlavním konstrukčním systémem bytové výstavby. V nových typových podkladech se vyskytovaly byty různé velikosti pro 1 až 6 osob. Tyto objekty měly dva základní rozpory a to 3,6 m a 6 m.⁷

Panelový objekt lze definovat více způsoby. Dle České komory autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě (ČKAIT) je panelový objekt definován jako budova, jejíž rozhodující část nosné konstrukce tvoří svislé nosné stěny složené z prefabrikovaných dílců (panelů) výšky nejméně 1 podlaží a

⁶ Český statistický úřad. (2011a).

⁷ Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR. (2003, 5).

vodorovné desky složené rovněž z dílců. Prefabrikáty jsou nosné nebo nenosné dílce (zejména betonové nebo železobetonové) zhotovené průmyslovými způsoby, ze kterých se sestavují stavební díly (strop, stěna, obvodový plášť)⁸. Definicí pro bytový panelový objekt je pak dům postavený panelovou technologií, který je určený pro bydlení, má více než polovinou podlahové plochy odpovídající požadavkům na trvalé bydlení, která je k tomuto účelu určena⁹.

2.2 Typizované stavební soustavy bytových domů

V České, dříve Československé, republice byla vyvinuta celá řada konstrukčních panelových systémů typizovaných do stavebních soustav. V Tab. 2 je nekompletní seznam¹⁰ typizovaných konstrukčních soustav realizovaných v hromadné výstavbě bytových domů postavených panelovou technologií, tak jak je uvedeno v příloze č. 1 Nařízení vlády č. 299/2001 Sb..

Označení soustavy	Použití v let.	Počet NP	Místo výstavby
T 1 - T 5 (dvouletkové domy)	1948 - 1950	3	
T 11, T 12	1950 - 1960	2, 3, 4	
T 13, T 14	1950 - 1960	3, 4	
T 15	1952 - 1960	5, 6	
T 16	1953 - 1960	4, 5	
T 20	1952 - 1960	3, 4	
T 21	1952 - 1960	5, 6	
G 40 (GV 40)	1953	4, 5	
G 55	1955		z G 40 - rohový dům
G 32 (GV 32)		4	Karlovy Vary
GV 56	1956		prototyp, realizace v Brně
G 57	1957 - 1967	3, 5, 7	
G 57 OS	1957 - 1967	4, 6, 8, 10	SM kraj
G 57 N	do 1972		SM kraj
G57 3.P	1964		SM kraj
G 57 OL	1957	5, 10	JM a SM kraj
G 57 středočeská varianta	1957		
G 57 KV		5, 7	Karlovarsko
G 58, G 59	1958 - 1959	4, 6, 8, 10	experimentální, cca 4 domy

* Pokračování Tab. 2

⁸ Cigošová, A. (2010).

⁹ Vyhláška Ministerstva pro místní rozvoj č. 501/2009 Sb. Vyhláška o obecných požadavcích na využívání území.

¹⁰ Cigošová, A. (2010).

Označení soustavy	Použití v let.	Počet NP	Místo výstavby
B 60	1960	5, 9	Ostravsko, jižní Morava
SG 60	1960	5, 11	jižní Morava
G OS 64	1964 - 1972	4, 8	Ostrava
G OS 66	1966 - 1972	4, 8	Ostrava
OS 63	1964	4, 8	Ostrava, mont. věž. domu
G 12 NP		12	
P 61			střední Čechy
T 01 B	1958 - 1970	2, 3	
T 02 B	1958 - 1970	3, 4	
T 02 3 B, T 03 3 B OS		4, 8	
T 0B VHk		9, 11	věž. domy, Hr. Králové
T 03 B	1960 - 1970	5, 6, 8	
T 05 B	1964	do 5	pouze ZČ kraj
T 06 B	1962 - 1980	4, 6, 8, 14	
T 06 B-U		4, 6, 8, 12	SČ a VČ kraj
T 06 B-KV		4, 8	ZČ kraj
T 06 B-E		4, 6, 8	VČ kraj
T 06 B-KDU		4, 8	JM kraj
T 06 B-PSBU		4, 8	JM kraj
T 06 B-OL		4, 5, 8	SM kraj
T 06 B-PSB, T 06 B-KD, T 06 B-OS, T 06 B-BTS, T 06 B-OS R, T 06 B-OS 70	1972		nové konstrukční soustavy, JM a SM kraj
T 07 B	1962	do 8	neuplatnil se v hrom. výst.
T 08 B	1962 - 1980	4, 8, 12	
T 08 B-PV	1962		Praha, střední Čechy
KS 08 B		do 13	
T 08 B středočeská var.	1967	do 8	
T 08 B-78, T 08 B-U			SČ kraj
T 09 B	1962	2, 3	svépomoc, střední Čechy
B 2, B 4			JČ kraj
VM OS, VP OS		12, 14, 16	věž. domy
VOS 63			věž. d., mont. skelet Ostrava
B 70	1970 - 1985	4, 6, 8	
B 70/R		4, 6, 8	JM kraj
B 70/Sč		4, 8	SČ kraj
B 70-360			Brno, JM kraj
MS Průmstav	1960 - 1970		SČ a JČ kraj
PS 61	od 1961		SČ, ZČ a VČ kraj
PS 69	1972 - 1989	4, 6, 8, 12	ZČ, JČ a SČ kraj
PS 69/2, PS 69/2E, PS 69/3			o. v. soustavy PS 69

* Pokračování Tab. 2

Označení soustavy	Použití v let.	Počet NP	Místo výstavby
PS 69/2 Zč, PS 69/2 Jč			o. v. soustavy PS 69
HK 60	1959 - 1967	5, 8 až 11	VČ kraj
HK 65	1969 - 1975	5 až 13	VČ kraj
HKS 70	1971 - 1989	4, 8	VČ kraj
HK 69, HKS 70-E			o. v. soustavy HKS 70
BP 70-OS, BP 70-OS			Morava, Praha
BP 70-RAC			Morava, Praha
NKS G	1972 - 1977	4, 6, 8	Zlín, JM kraj
VVÚ ETA	1973 - 1992	4, 8, 12	Praha a SČ kraj
Larsen-Nielsen	1971 - 1989	4, 8, 12	hl. m. Praha

Tab. 2: Přehled vývoje typizovaných soustav bytových domů v ČR (včetně oblastních variant a experimentálních budov)¹¹

2.3 Změna tepelně technických norem

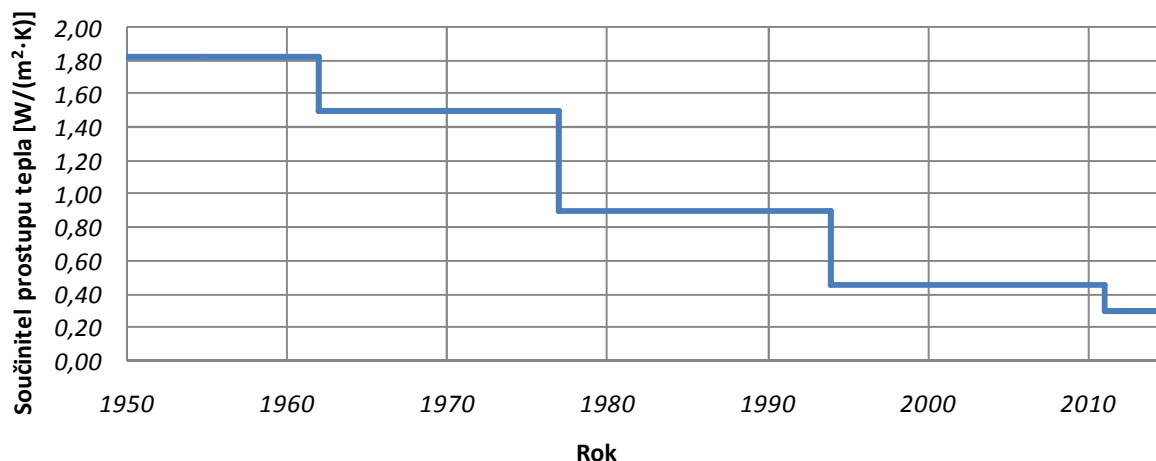
Během výstavby panelových objektů došlo k několika změnám normy ČSN 73 0540 zabývající se tepelnou technikou budov a tím došlo i ke změnám v tepelně technických parametrech. V Tab. 3 nalezneme změny požadavků na součinitele prostupu tepla přes vybrané konstrukce tak, jak se měnily požadavky během výstavby panelových konstrukcí až po současné požadavky na novostavby.

Druh konstrukce	Součinitel prostupu tepla U [W/(m ² ·K)]						
	1955	1962	1977	1994	Současný požadavek (2015)		
	Požadované hodnoty				Požadované hodnoty	Doporučené hodnoty	Doporučené hodnoty pro pasivní domy
Vnější stěna	1,82	1,50	0,90	0,46	0,30	0,20	0,18 až 0,12
Plochá stř. kce	-	0,90	0,50	0,32	0,24	0,16	0,15 až 0,10
Strop nad ext.	-	0,50	0,50	0,32	0,24	0,16	0,15 až 0,10
Podlaha na ter.	-	1,40	1,10	0,60	0,45	0,30	0,22 až 0,15
Okna	-	-	3,70	2,35	1,50	1,20	0,80 až 0,60

Tab. 3: Porovnání vybraných požadavků na součinitele prostupu tepla v čase se současnými požadavky dle ČSN 73 0540¹²

¹¹ Příloha č. 1 Nařízení vlády 299/2001 Sb..

¹² Šála, J. – Machatka, M. (2002, 17), doplněno dle ČSN 73 05 40-2 Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky.



Graf 1: Vývoj požadavku na součinitel prostupu tepla

Před rokem 1962, přibližně od roku 1955, musela obvodová konstrukce splňovat požadavek na tepelný odpor $R = 0,54 \text{ [m}^2\text{K/W]}^{13}$ (tj. součinitel prostupu tepla $U = 1,85 \text{ [W/(m}^2\text{K)]}$), který odpovídá ekvivalentu tepelného odporu zdiva šířky 450 mm vyzdění z plných pálených cihel. Od roku 1962 s příchodem normy ČSN 73 0540 musely být dodrženy přísnější hodnoty tepelného odporu (hodnoty po přepočtení na součinitel prostupu tepla uvedeny v Tab. 3), ale je zde také zaveden pojem tepelná akumulace, který také vychází ze zdiva šířky 450 mm vyzdění z plných pálených cihel. Tato norma také požaduje zajištění vnitřní povrchové teploty nad rosným bodem v oblasti tepelných mostů. V roce 1964 přichází rozšíření těchto údajů i na vnitřní konstrukce. Tepelný odpor požadovaný touto normou byl značně nedostatečný, a proto se již od roku 1972¹⁴ doporučovalo navrhovat panelové objekty podle směrnice VÚPS (Výzkumný ústav pozemních staveb), které obsahovaly požadavky tepelného odporu z následně platné v normě z roku 1977.

Norma ČSN 73 0540 vydaná roku 1977 požadovala zajištění vnitřní povrchové teploty nad rosným bodem v celé ploše obvodové konstrukce a vyžadovala hodnocení teplotního útlumu (tepelně akumuláční schopnost). Kromě dalšího zpřísnění hodnot tepelného odporu (součinitele prostupu tepla viz Tab. 3) požadovala hodnocení místností z hlediska tepelné stability v letním a zimním

¹³ Šála, J. (2000: 71).

¹⁴ Šála, J. – Machatka, M. (2002, 18).

období a také hodnocení vzduchové propustnosti stavebních konstrukcí. Norma zavádí i hodnocení spotřeby energie na vytápění pro bytové domy. Maximální měrná spotřeba energie pro měrný byt o objemu 200 m³ byla požadována maximálně 9,3 MWh/rok¹⁵ bez ohledu na tvar objektu.

Díky změnám tepelně technických norem se mění i rozsah úspor při komplexních tepelně technických opatřeních panelových budov dle roku výstavby. U panelových objektů vystavených před rokem 1980 dosahuje úspora energie na vytápění při komplexních tepelně technických úpravách až 60 %. U objektů vystavených po roce 1980 se tato úspora pohybuje v rozmezí 45 až 55 %. U některých optimalizovaných variant panelových soustav postavených po roce 1985 klesá dosažení úspor na 35 až 45 % díky vyšší kvalitě obvodových konstrukcí¹⁶.

2.4 Rekonstrukce panelových objektů

Program Panel 2013+ nabízí všem vlastníkům bytových domů, tedy bytovým družstvům, společenstvím vlastníků, fyzickým i právnickým osobám, městům či obcím vlastníci bytový dům, nízkoúročené úvěry na opravy a modernizace bytových domů. Tento program rozděluje rekonstrukce do 38 skupin dle Nařízení vlády č. 468/2012 Sb.¹⁷, na které lze poskytnout podporu. Tyto skupiny lze shrnout do 10 větších skupin. V Tab. 4 nalezneme průměrné náklady na opravy jednotlivých skupin na 1 b.j. (data z roku 2008).

¹⁵ Šála, J. – Machatka, M. (2002, 18).

¹⁶ Šála, J. – Machatka, M. (2002, 18).

¹⁷ Nařízení vlády č. 468/2012 Sb., Příloha č.1.

Skupina	Náklady (Kč)	% z nákladů
Statické sanace	15 000	5,1%
Oprava lodžii	35 000	11,9%
Zateplení	55 000	18,7%
Okna	54 000	18,4%
Střecha	30 000	10,2%
Výtah	30 000	10,2%
TZB	10 000	3,4%
Společný interiér	5 000	1,7%
Zasklení lodžii	20 000	6,8%
Ostatní	40 000	13,6%
Σ	294 000	

Tab. 4: Průměrné náklady na opravu 1 b.j.¹⁸

Z Tab. 4 vyplývá, že na zlepšení tepelně technických vlastností objektu připadá přibližně 50 % nákladů z komplexní rekonstrukce.

V současné době je již více než 75 % všech panelových bytových domů dotčených rekonstrukcí. Zdá se tedy, že za nedlouho již nebude co opravovat či zateplovat. Opak je však pravdou. Jak uvádí studie Panel SCAN 2009 mezi léty 1992 a 2009 se panelové objekty opravovaly nekomplexně, nedostatečně a v nemálo případech i chybně. Z Tab. 5 můžeme vyčíst podíl nesprávně provedených rekonstrukcí u jednotlivých regeneračních kroků mezi léty 1992 a 2009.

Skupina	Dotčených b.j.	Nesprávně provedených rekonstrukcí v %	Počet nesprávně provedených rekonstrukcí	Počet plnohodnotně opravených b.j.
Statické sanace	521 017	40%	208 407	312 610
Oprava lodžii	328 865	20%	65 773	263 092
Zateplení	475 878	20%	95 176	380 702
Okna	544 481	25%	136 120	408 361
Střecha	450 553	25%	112 638	337 915

Tab. 5: Efektivnost rekonstrukcí b.j. v panelových objektech mezi léty 1992 a 2009 pro jednotlivé regenerační kroky¹⁹

¹⁸ CERPAD, o.s. – ICC Praha (2009, 26).

¹⁹ CERPAD, o.s. – ICC Praha (2009, 30).

Je tedy patrné, že komplexně zrekonstruovaných b.j. je výrazně méně, než je obecně považováno. Před zateplením obvodových konstrukcí je třeba se zamyslet nad komplexností této opravy a vyhodnotit zda před touto operací není nutné provést jiné opravy, které po zateplení budou skryty, či jejich následná oprava nevyjde výrazně draž. Jen kvalitně a plnohodnotně zrekonstruovaný panelový bytový dům slouží dobře svým uživatelům a neztrácí na ceně.

V této diplomové práci se však zabývám pouze zhodnocením obvodových plášťů panelových budov z hlediska tepelné techniky a to v původním řešení a po zateplení.

2.5 Důvody zateplení

Důvody zateplení se dají rozdělit do dvou skupin. První skupinou jsou ekonomické důvody a druhou technické důvody.

2.5.1 Ekonomické důvody

Mezi ekonomické důvody se řadí důvody, které mají přímý nebo nepřímý dopad na finance majitele či provozovatele domu.

Při komplexním zateplení objektu lze ušetřit až 60 % nákladů na vytápění (viz výše). Každoročně tedy můžeme ušetřit více jak polovinu nákladů na vytápění. Při cíleném výběru úprav míst, které se nejvíce podílejí na tepelných ztrátách, se může úspora pohybovat v rozmezí 30 až 40 %²⁰. Stejná bude i každoroční finanční úspora.

Se snížením potřeby tepla na vytápění je možno v objektu umístit méně výkonné zdroje tepla (výměníky, kotle, zásobníky paliva), které jsou většinou menší a hlavně levnější. To poté umožňuje snížení dimenzí rozvodů tepla po objektu a zmenšení otopných těles. Při výrazném zateplení budovy můžeme instalovat ještě hospodárnější otopné systémy s nízkým teplotním spádem jako je podlahové, stěnové či stropní vytápění. K těmto otopným systémům můžeme instalovat alternativní obnovitelné zdroje energie (např. tepelné čerpadlo). Těmito úpravami můžeme dosáhnout maximální efektivity otopné soustavy a tím i maximálních finančních úspor. Pokud jsou původní otopná tělesa v pořádku a není

²⁰ Šála, J. (2000: 11).

důvod je měnit, můžeme přistoupit alespoň k méně efektivní přesto hospodárnější regulaci otopné soustavy. Z tohoto plyne, že jakékoli opravy či úpravy (nejedná-li se o havárii) otopného soustavy je vhodné provádět až po provedení zateplení obálky budovy.

Lepší využití plochy obytných místností bytů umožní vyšší povrchová teplota zateplených stěn, čímž se sníží tzv. studené sálání stěn. Díky tomu mohou uživatelé bytu setrávat blíže k obvodovým stěnám bez nepříjemného působení chladu, čímž se zvyšuje užitný prostor místností. Tímto můžeme získat poměrně dost drahého prostoru, když si uvědomíme, že cena 1 m² v panelovém objektu v Plzni vyjde při koupi na přibližně 30 000 Kč.

Investice do zateplení má vysokou míru jistoty návratnosti. Doba návratnosti investic se zkracuje se zvyšováním cen energií, které jsou v ČR stále pod průměrnou cenou za energie v Evropě. Do cen energií se také promítá zvyšování ekologických daní Evropskou unií. Přínosy do zateplení mají trvalý charakter, a proto snížené náklady na vytápění pocítíme především v době špatné finanční situace domácnosti. Tuto úsporu můžeme především ocenit v důchodovém věku.

Zateplení domu nám nemusí sloužit pouze v době chladného počasí, ale také v létě. Zateplené objekty jsou totiž lépe chráněny proti přehřívání. Chlazení objektů je 3x až 4x dražší než jeho vytápění²¹. Dobré je tedy vědět, že zateplení objektu s navržením vhodných stínících prvků může v našich klimatických podmínkách zcela nahradit klimatizaci. Zateplením objektu obecně dochází ke snížení rozpětí vnitřních teplot v objektu v průběhu celého roku a tím přispívá k tepelné stabilitě obytných prostor.

V současné době lze získat státní podporu na opravy a modernizace panelových domů z fondu Panel 2013+ ve formě nízkouročených úvěrů se zajištěním fixace úroků do 2 %²². Tyto úvěry lze využít i na zateplování objektů, je zde však kladen důraz na komplexní opravy tak, aby finanční prostředky byly využity účelně.

²¹ Šála, J. (2000: 14).

²² Státní fond rozvoje bydlení.

2.5.2 Technické důvody

Po zateplení dochází k příznivé změně řady vlastností objektu. Některé byly už zmíněny v předchozí části - Ekonomické důvody. Jedná se především o zlepšení tepelné pohody v objektu a o změnu nebo regulaci otopného systému. Proto se už o těchto důvodech v této části zmiňovat nebudu, přestože sem jistě také patří.

Hlavním přínosem zateplení na technickou stránku domu je odstranění některých vad a poruch. Nejčastějším a nejvýznamnějším problémem bývá kondenzace vodní páry na vnitřním povrchu obvodových konstrukcí. Ta jde odstranit dostatečným vnějším zateplením obvodových konstrukcí. Neodvětrání zkondenzované vody na povrchu vnitřní konstrukce má za následek vznik plísní. Ty se nejčastěji objevují v místech tepelných mostů, kde vlivem vyššího úniku tepla dochází ke snížení vnitřní povrchové teploty a dojde-li k ochlazení povrchu konstrukce pod tzv. teplotu rosného bodu, začne na této ploše kondenzovat vodní pára obsažená ve vzduchu. To je ideální prostředí pro vznik plísní.

Vlivem vnějšího zateplení také klesá teplotní rozdíl v konstrukci, čímž se zmenšuje teplotní dilatace (změna objemu vlivem teploty). Tím se sníží namáhání původní konstrukce a sníží se pravděpodobnost vzniku dalších poruch. Těmi mohou být trhliny v obvodovém plášti, odlupování povrchových úprav panelů, odtržení těsnění mezi panely, zatékání dešťové vody do takto uvolněných spár, nebo trhliny mezi obvodovými panely a vnitřními konstrukcemi (stěny a stropy). Trhlinami mohou být zasaženy i vnitřní povrchové úpravy.

Provedením kontaktního zateplení se prodlouží životnost obvodových panelů díky ochraně vnějšího povrchu před agresivním ovzduším. Tím se zajistí ochrana proti karbonataci betonu, která je spojena s předčasnou korozí výztuže. U panelů zasažených karbonatou je příhodné nejprve zasažený panel sanovat a až poté provést zateplení. Zateplením před sanací sice může dojít k úplnému zastavení karbonatace betonu, ale není zaručeno, že se tak opravdu stane. Provedením vnějšího zateplením můžeme tedy odstranit nebo předejít poruchám, které mohou výrazně ovlivňovat jak estetické, tak funkční schopnosti objektu.

Po provedení vnějšího zateplení dojde k vyššímu využití akumulčních schopností obvodového pláště. To se kladně projeví při tlumeném nebo přerušném vytápění tím, že se zpomalí proces chladnutí vnitřního prostředí.

Zvýšené schopnosti akumulace mají také za následek lepší využití pasivních tepelných zisků získaných slunečním zářením dopadajícím do místnostní okenními otvory. Energie získaná z oslunění je postupně z konstrukce uvolňována v průběhu večera a noci.

Nezanedbatelný vliv má vnější zateplení také na akustické vlastnosti objektu. To ocení především uživatelé domů poblíž frekventovaných komunikací, hlučnějších průmyslových podniků, nebo v okolí škol a školek. Snížení hladiny hluku působí příznivě na prostředí v bytech, a tím zvyšuje kvalitu bydlení.

Zateplení objektu má příznivý dopad na životní prostředí. U objektů vytápěných vlastními zdroji se jedná především o zlepšení ovzduší v místě umístění objektu. To se výrazně projeví v řadové nebo blokové zástavbě. U objektů vytápěných dálkově nebo elektrickou energií se toto zlepšení ovzduší projeví v místě výroby dané energie.

Pro mě je důležitým důsledkem zateplení vznik energetických rezerv. Toto téma jsem již lehce nastínil v úvodu práce. Při větším rozsahu zateplení je možno ušetřit velké množství energie. To vede k menší potřebě výstavby nových elektráren, které mají často velmi negativní vliv na krajinu a životní prostředí, nebo k omezení výroby v již nevyhovujících tepelných elektrárnách.

Všichni jistě ocení i přínos zateplení na vzhled domu. Staré, šedivé a oprýskané sídliště jsou již minulostí. Vzhled sídlišť se výrazně zlepšil. Existuje široká škála barevného provedení (doporučoval bych spíše světlé barvy, kvůli možnosti překročení teplotní odolnosti polystyrenů), různé materiály a struktury umožňují vytvoření mnoha podob objektů. Ještě bych dodal, že některá sídliště postrádají architektonickou spolupráci mezi jednotlivými vlastníky budov, čímž často na sídlištích vzniká všebarevná směs.

3 Panelové objekty v západních Čechách

Stavbu panelových objektů v západních Čechách měly na starosti především tři státní podniky a to Stavoprojekt Plzeň, Pozemní stavby Plzeň a Pozemní stavby Karlovy Vary. Každý z těchto stavebních projektů prováděl vlastní dílčí modifikace typizovaných stavebních soustav. Kromě těchto změn se od typizovaných stavebních soustav projekty lišili v takzvané krajské materiálové variantě (KMV). Ta znamenala, že se využívalo na stavbu jednotlivých stavebních soustav materiálů, které byly v daném kraji dostupné. Například v západočeské krajské materiálové variantě (ZčKMV) se užívalo keramzitbetonových obvodových panelů, které se vyráběli z keramzitu z Vintířova nacházejícího se v okrese Sokolov.

V západních Čechách se v průběhu let 1950 až 1989 postavilo více jak 110 000 b.j. v panelových objektech. V následující tabulce Tab. 6 nalezneme typy, období a místo výstavby jednotlivých typů stavebních soustav postavených na území západních Čech.

Označení soustavy	Použití v let.	Počet NP	Místo výstavby
T 11	1950 - 1960	2, 3, 4	
T 12	1951 - 1960	2, 3, 5	
T 13	1950 - 1960	3, 4	
T 15	1952 - 1960	5, 6	
T 16	1953 - 1960	4, 5	
T 20	1952 - 1960	3, 4	
G 32 (GV 32)		4	Karlovy Vary
G 57 KV		5, 7	Karlovarsko
T 02 B	1958 - 1970	3, 4	
T 03 B	1960 - 1970	5, 6, 8	
T 05 B	1964	do 5	pouze ZČ kraj
T 06 B	1962 - 1980	4, 6, 8, 14	
T 06 B-KV		4, 8	ZČ kraj
PS 61			SČ, ZČ a VČ kraj
PS 69	1972 - 1989	4, 6, 8, 12	ZČ, JČ a SČ kraj
PS 69/2, PS 69/2E, PS 69/3			ZČ, JČ a SČ kraj

Tab. 6: Stavební soustavy panelových domů na území západních Čech²³

²³ Příloha č. 1 Nařízení vlády 299/2001 Sb..

V bytových domech v současnosti žije více než polovina obyvatel západních Čech. Z celkového počtu přesahující 340 000 b.j. ležících na území západních Čech je celá jedna třetina postavena v panelových objektech. V Tab. 7 je znázorněno rozvrstvení obyvatelstva podle typů domu v západních Čechách.

Oblast	Typ domu	Počet b.j.	b.j. v %	Počet obyv.	% obyv.
Západní Čechy	rodinné domy	138 951	40,8%	376 277	45,7%
	bytové domy	201 329	59,2%	447 774	54,3%
	panelové byt. domy	110 101	32,4%		
Plzeňský kraj	rodinné domy	105 432	47,3%	282 908	52,0%
	bytové domy	117 423	52,7%	261 266	48,0%
	panelové byt. domy	61 580	27,6%		
Karlovarský kraj	rodinné domy	33 519	28,5%	93 369	33,4%
	bytové domy	83 906	71,5%	186 508	66,6%
	panelové byt. domy	48 521	41,3%		
Okr. Plzeň-město	rodinné domy	18 569	23,6%	50 405	28,2%
	bytové domy	60 123	76,4%	128 147	71,8%
	panelové byt. domy	32 598	41,4%		

Tab. 7: Rozvrstvení obyvatelstva dle typů domů v západních Čechách²⁴

V největším městě západních Čech, Plzni, byla postavena téměř třetina všech postavených panelových objektů v západních Čechách. V Plzni tvoří 40 % b.j. byty v panelových objektech a to především na velkých sídlištích.

Prvním sídlištěm na území Plzně byly Slovany, které vznikly roku 1950 a jejich výstavba probíhala až do 60. let 20. století. V této městské části můžeme nalézt nejvíce typových soustav postavených v Plzni. Z panelových typizovaných objektů postavených v Plzni zde chybí pouze ty, které byly vyvinuty až po dostavění Slovan. Jedná se především o typ T 06 B, PS 69 a jeho varianty. Vyskytují se zde především typy s označením T. Až v poslední fázi (V. fáze) se na Slovanech objevuje soustava T 03 B. Soustavy s označením T, jsou vystavěny také v dalších starších městských částích, jako je Jižním předměstí nebo Doubravka. Na Doubravce se kromě těchto soustav objevuje soustava T 03 B a PS 61. Na nověji vybudovaných sídlištích jako jsou Bory, Skvrňany, Lochotín, Bolevec, Košutka a Vinice je většinou využito stavebních soustav T 06 B, PS 69 a variant této soustavy.

²⁴ Český statistický úřad (2011 b,c,d).

V Tab. 8 nalezneme seznam typizovaných soustav, v jaké městské části se nacházejí, období výstavby městských částí a samotných soustav v daných oblastech.

Označení soustavy	Městská část	Hlavní výstavba městských částí	Výstavba panelových objektů daného typu
T 11	Slovany	1950 - 1967	1950 - 1955
	Jižní předměstí		1950 - 1951
T 12	Slovany	1950 - 1967	
	Jižní předměstí		1952 - 1953
	Doubravka	1962 - 1973	1954 - 1955
T 13	Slovany	1950 - 1967	1955 - 1956
	Jižní předměstí		1953
	Doubravka	1962 - 1973	1954 - 1955
T 15	Slovany	1950 - 1967	
T 16	Slovany	1950 - 1967	
T 20	Slovany	1950 - 1967	1953
	Jižní předměstí		
T 02 B	Slovany	1950 - 1967	1958
	Skvrňany	1968 - 1973	
	Lochoťín	1975 - 1980	
T 03 B	Slovany	1950 - 1967	1961 - 1967
	Doubravka	1962 - 1973	1962
T 06 B	Doubravka	1962 - 1973	1965 - 1970
	Bory	1965 - 1972	1965 - 1969
	Skvrňany	1968 - 1973	1968 - 1970
PS 61	Slovany	1950 - 1967	1961 - 1965
	Doubravka	1962 - 1973	1962 - 1965
PS 69 a jeho varianty	Bory	1965 - 1972	1970 - 1972
	Skvrňany	1968 - 1973	1970 - 1973
	Lochoťín	1975 - 1980	1975 - 1980
	Bolevec	1974 - 1980	1974 - 1980
	Košutka	1982 - 1988	1982 - 1988
	Vinice	1988 - 1990	1988 - 1990

Tab. 8: Typizované soustavy postavené na území města Plzně

V této tabulce jsou zvýrazněny typizované soustavy, jejichž obvodovými plášti se zabývám v další části této práce.

4 Metody posouzení tepelné techniky

Tato kapitola se zabývá metodami posouzení některých (dále uvedených) veličin z hlediska tepelné techniky použité v této práci.

V současné době je v platnosti velké množství evropských norem zabývajících se tepelnou technikou a hodnocením energetické náročnosti objektů (některé pouze v angličtině). Zdaleka neúplný seznam platných norem:

ČSN EN ISO 6946 - Stavební prvky a stavební konstrukce - Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla - Výpočtová metoda

ČSN EN ISO 10077 - Tepelné chování oken, dveří a okenic - Výpočet součinitele prostupu tepla

ČSN EN ISO 10211 - Tepelné mosty ve stavebních konstrukcích - Tepelné toky a povrchové teploty - Podrobné výpočty

ČSN EN ISO 12569 - Tepelné vlastnosti budov a materiálů - Stanovení výměny vzduchu v budovách - Metoda poklesu koncentrace značkovacího plynu

ČSN EN ISO 12631 - Tepelné chování lehkých obvodových pláštěů - Výpočet součinitele prostupu tepla

ČSN EN 12831 - Tepelné soustavy v budovách - Výpočet tepelného výkonu

ČSN EN ISO 13370 - Tepelné chování budov - Přenos tepla zeminou - Výpočtové metody

ČSN EN ISO 13788 - Tepelně-vlhkostní chování stavebních dílců a stavebních prvků - Vnitřní povrchová teplota pro vyloučení kritické povrchové vlhkosti a kondenzace uvnitř konstrukce - Výpočtové metody

ČSN EN ISO 13789 - Tepelné chování budov - Měrné tepelné toky prostupem tepla a větráním - Výpočtová metoda

ČSN EN ISO 13790 - Energetická náročnost budov - Výpočet spotřeby energie na vytápění a chlazení

ČSN EN ISO 13791 - Tepelné chování budov - Výpočet vnitřních teplot v místnosti v letním období bez strojního chlazení - Základní kritéria pro validační postupy

ČSN EN 13829 - Tepelné chování budov - Stanovení průvzdušnosti budov - Tlaková metoda

ČSN EN ISO 14683 - Tepelné mosty ve stavebních konstrukcích - Lineární činitel prostupu tepla - Zjednodušené metody a orientační hodnoty

Zde se zabývám především požadavky z hlediska tepelné techniky základní normy ČSN 73 0540 Tepelná ochrana budov. Pro výpočty jsem užíval norem v platném znění.

Norma ČSN 73 0540 je členěna na čtyři části. ČSN 73 0540 – Část 1: *Terminologie* se zabývá vymezením termínů užívaných v oboru stavební tepelné techniky, definicí veličin, jejich značek a jednotek popisující šíření tepla, vlhkosti a vzduchu stavebními materiály a konstrukcemi a popisující stav vnitřního a venkovního prostředí používané v ČSN 73 0540 - 2, 3 a 4. Termíny a definice veličin, jejich značky a jednotky, lze použít i při aplikaci souvisejících norem. Norma sjednocuje a zpřesňuje termíny a definice v uvedených oblastech²⁵. Část 2: *Požadavky* stanovuje tepelně technické požadavky pro navrhování a ověřování budov s požadovaným stavem vnitřního prostředí při jejich užívání, které zajišťují plnění základních požadavků na stavby, zejména hospodárné splnění základního požadavku na úsporu energie a tepelnou ochranu budov. Norma platí pro nové budovy a pro stavební úpravy, udržovací práce, změny v užívání budov a jiné změny dokončených budov²⁶. Část 3: *Návrhové hodnoty veličin* stanovuje normové, charakteristické a návrhové hodnoty fyzikálních veličin stavebních materiálů, výrobků, výplní otvorů, zdicích prvků a zdiva, návrhové hodnoty veličin venkovního prostředí, vnitřního prostředí a vzduchu pro navrhování a ověřování stavebních konstrukcí z hlediska šíření vlhkosti a budov z hlediska jejich tepelné ochrany podle ČSN 73 0540-4 a norem souvisejících²⁷. Poslední, Část 4: *Výpočtové metody* stanovuje a upřesňuje výpočtové metody pro navrhování a ověřování konstrukcí a budov podle požadavků na tepelnou ochranu budov a úsporu energie na jejich vytápění, daných v ČSN 73 0540-2²⁸. Všechny části normy ČSN 73 0540 jsem měl pro potřeby diplomové práce zapůjčeny od prof. Ing. Františka Pláničky, CSc. z archivu katedry mechaniky Západočeské univerzity v Plzni.

Pro hodnocení jednotlivých stavebních soustav jsem postupoval dle požadavků normy ČSN 73 0540-2. Postupně jsem pro obvodové konstrukce zjišťoval tepelný odpor konstrukce, posuzoval součinitel prostupu tepla, výskyt

²⁵ ČSN 73 0540-1 (2005, 10).

²⁶ ČSN 73 0540-2 (2011, 5).

²⁷ ČSN 73 0540-3 (2005, 7).

²⁸ ČSN 73 0540-4 (2005, 6).

kondenzace vodní páry a akumulaci konstrukce dle zadání diplomové práce. Dále jsem doplnil výpočty o výpočet tepelných ztrát prostupem tepla přes obvodovou konstrukci, průběh teplot v konstrukci s výpočtem nejnižší vnitřní povrchové teploty konstrukce a posouzení na teplotní faktor vnitřního povrchu. Jelikož jsem posuzoval pouze charakteristický výsek konstrukce jednotlivých stavebních soustav, nikoliv konkrétní objekt, nemohl jsem posoudit některé parametry, které vyžaduje norma ČSN 73 0540-2. Mezi tyto parametry například patří pokles dotykové teploty podlahy nebo tepelná stabilita místnosti, ať už v letním, nebo zimním období.

K hodnocení a výpočtům tepelné techniky budov existuje velké množství méně či více sofistikovaných programů, avšak ne vždy je snadné s těmito programy pracovat a odhalit do jaké hloubky a jakým postupem jsou výpočty prováděny. Často jsou tyto programy nepřehledné nebo obsahují chyby. Bez znalosti norem zabývajících se těmito výpočty není často možné zadat parametry výpočtu správně. Hlavně z tohoto důvodu jsem se rozhodl vytvořit si vlastní výpočtový program na výpočet a porovnání výše zmíněných veličin. Jen pro příklad uvádím některé programy zabývajících se výpočty stejných veličin.

Energetika, Tepelná technika 1D, 2D, 3D – DEKSOFT

Area 2015, Energie 2015, Teplo 2015 – K-CAD spol. s r.o.

Prostup tepla vícevrstvou konstrukcí a průběh teplot v konstrukci – TZB-info

WUFI 2D – WUFI Software

Výpočtový program jsem si vytvořil v programu Microsoft Office Excel 2007. Tento program možná nemá tolik funkcí co jiné, ani není určitě tak elegantní, ale určitě se v něm orientuji nejvíce. Přesně vím, kde co hledat a jak výpočty fungují. Příklad výstupu tohoto programu naleznete v Příloze C Výpočet programu. Program je také k dispozici ke stažení (<http://ulozto.cz/xaffjeoy/tepelna-technika-vypocty-xlsx>, heslo: DiplomovaPrace). Do programu lze zadat konstrukce maximálně o osmi vrstvách.

4.1 Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla

Tepelný odpor udává, při jakém rozdílu teplot na povrchích vrstev a při jaké ploše této vrstvy dojde k přenosu energie o velikosti 1 J/s (Joule za sekundu), tedy 1 W (Watt). Dle ČSN 73 0540-1 je tepelný odpor vrstvy/konstrukce označen jako

tepelně izolační vlastnost materiálu, ze které je vrstva/konstrukce vytvořena. Norma udává vztah pro výpočet nestejnorodé vrstvy pomocí plošné tepelné propustnosti a vztah pro vrstvy s povrchy kolmými ke směru tepelného toku, které jsou vzájemně rovnoběžné. Vrstvou tedy proudí rovnoměrný tepelný tok. K aplikování tohoto vztahu musíme znát šířku vrstvy a součinitel tepelné vodivosti materiálu, který je v této vrstvě konstantní²⁹.

Součinitel prostupu tepla říká, kolik tepla unikne při rozdílu teplot povrchů konstrukce 1 K (Kelvin) při ploše konstrukce 1 m². Norma ČSN 73 0540-4 definuje součinitel prostupu tepla jako vlastnost, která hodnotí vliv celé konstrukce a k ní přilehlých vzduchových vrstev na šíření tepla prostupem. Tato veličina je odvozena z tepelného odporu konstrukce popsaného výše³⁰. Součinitel prostupu tepla se podle normy ČSN 73 0540-2 hodnotí dvěma způsoby. Oba požadavky však musí být současně splněny. Prvním požadavkem je hodnocení pro jednotlivé konstrukce a druhým pro budovu jako celek³¹. Jako celek se budova hodnotí pomocí průměrného součinitele prostupu tepla U_{em} . Ten vyjadřuje vliv samotného stavebního řešení celého objektu na potřebu energie na vytápění. Nezohledňují tedy nejisté faktory, jako je chování uživatelů či vliv klimatických podmínek³². Jelikož tento součinitel vyjadřuje vlastnost celého objektu a já se v této práci zabývám pouze posouzením obvodového pláště, nemohl jsem tento součinitel dle této normy posoudit. Proto jsem ve výpočtovém programu posuzoval pouze požadavek součinitele prostupu tepla U pro jednotlivé konstrukce. V mém případě tedy pro obvodový plášť skládající se z panelů štítových a průčelních. Dle požadavku³³ musí být součinitel prostupu tepla pro jednotlivé konstrukce nižší nebo roven požadované hodnotě součinitele prostupu tepla U_N . Tyto hodnoty udává pro převažující návrhovou vnitřní teplotu θ_{im} v intervalu 18 až 22 °C Tabulka 3 v ČSN 73 0540-2.

²⁹ ČSN 73 0540-1 (2005, 32).

³⁰ ČSN 73 0540-4 (2005, 9).

³¹ ČSN 73 0540-2 (2011, 12).

³² Svoboda, Z. (2014,1).

³³ ČSN 73 0540-2 (2011, 12).

Popis konstrukce	Součinitel prostupu tepla [W/(m ² ·K)]		
	Požadované hodnoty	Doporučené hodnoty	Dop. hodnoty pro pasivní budovy
	$U_{N,20}$	$U_{rec,20}$	$U_{pas,20}$
Stěna vnější	0,30	těžká: 0,25 lehká: 0,20	0,18 až 0,12

Tab. 9: Požadované a doporučené hodnoty součinitele tepla pro vnější stěny³⁴

Nyní se přesuneme do výpočtu programu (k nahlédnutí v Příloze C Výpočet programu) výše zmíněných veličin. Výpočet těchto veličin nalezneme ve výpočtovém programu na listu 1 s názvem U, souč.pros.tep..

Výpočet součinitele prostupu tepla je proveden metodou charakteristického výseku. Součinitel prostupu tepla a tepelný odpor je stanoven pro podmínky ustáleného šíření tepla při zimních návrhových okrajových podmínkách³⁵. Do tabulky skladby konstrukce je vypsána skladba konstrukce od interiéru do exteriéru. Do tabulky je nutno dopsat tloušťku, hustotu a součinitel tepelné vodivosti jednotlivých vrstev konstrukce. V této práci je ve výpočtu uvažována tepelná izolace z polystyrenu se součinitelem tepelné vodivosti $\lambda = 0,039$ W/(m·K). Polystyren s těmito izolačními vlastnostmi je dnes používán jako izolační materiál nejčastěji. Tuto hodnotu také udává ČSN 73 0540-3. Tepelný odpor těchto vrstev je dopočítáván³⁶. Při doplnění hodnot odporu při prostupu tepla na vnější a vnitřní straně konstrukce (R_{si} a R_{se})³⁷ je spočítán úhrnný tepelný odpor R_T ³⁸ bránící výměně tepla mezi prostředím oddělenými od sebe stavební konstrukcí o tepelném odporu R s přilehlými mezními vzduchovými mezerami. Výsledný součinitel prostupu tepla je součtem součinitele prostupu tepla ideálního výseku konstrukce (U_{id}) a celkovým zvýšením součinitele prostupu tepla vlivem všech tepelných mostů v konstrukce (ΔU_{tbk})³⁹. Zvýšení součinitele prostupu tepla vlivem tepelných mostů je možné do programu zadávat pro jednotlivé vrstvy konstrukce

³⁴ Výňatek z Tabulky 3 z ČSN 73 0540-2 (2011, 13).

³⁵ ČSN 73 0540-4 (2005, 9).

³⁶ ČSN 73 0540-4 (2005, 22).

³⁷ ČSN 73 0540-3 (2005, 83).

³⁸ ČSN 73 0540-1 (2005, 33).

³⁹ ČSN 73 0540-4 (2005, 21).

dvěma způsoby. Buď orientačními součiniteli tepelných mostů Z_{tm} ⁴⁰ nebo metodou charakteristických tepelných mostů⁴¹ závislých na lineárních činitelích prostupu tepla pro lineární tepelné mosty a na bodových činitelích prostupů tepla pro bodové tepelné mosty. Do výpočtu je použita vyšší hodnota celkového zvýšení součinitele prostupu tepla vlivem tepelných mostů v konstrukci. Výsledná hodnota součinitele prostupu tepla je posouzena s požadavky normy⁴². Pro objekty, které nesplňují podmínku intervalu převažující návrhové vnitřní teploty pro užití hodnot z Tabulky 3 normy ČSN 73 0540-2 udávající požadované součinitele prostupu tepla je v programu umístěn přepočít těchto požadavků dle převažující návrhové vnitřní teploty⁴³. Program na tomto listu ještě obsahuje výpočet tepelné ztráty prostupem tepla přes obvodovou konstrukci dle ČSN EN 12831. Po zadání ploch, součinitelů prostupů tepla a zvýšení součinitelů prostupů tepla jednotlivých částí konstrukce (konstrukce, okna, dveře, atd.) získáme tepelnou ztrátu prostupem tepla přes zadaný výsek konstrukce. Aby bylo možné porovnávat výsledky tepelných ztrát prostupem přes různé konstrukce je zavedena v programu ztráta prostupem tepla vztažená na 1 m² zadané konstrukce. Tento výpočet je pouze orientační.

4.2 Průběh teplot v konstrukci a teplotní faktor

Nejnižší vnitřní povrchovou teplotou konstrukce $\Theta_{si,min}$ ve °C se hodnotí možnost pravděpodobného vzniku růstu plísní, který je ovlivněn nepříznivým působením kritické povrchové teploty. Nejnižší vnitřní povrchová teplota konstrukce se určuje pro ustálené šíření tepla při zimních návrhových teplotách vnitřního a venkovního vzduchu dle ČSN 73 0540-3⁴⁴.

Teplotní faktor vnitřního povrchu f_{Rsi} vyjadřuje vliv konstrukce a přestupů tepla v daném místě vnitřního povrchu na vnitřní povrchovou teplotu nezávisle na teplotách přilehlých k prostředí. Je také doplňkem poměrného teplotního rozdílu vnitřního povrchu ξ_{Rsi} a je definován poměrem rozdílu mezi vnitřní povrchovou teplotou a teplotou venkovního vzduchu a rozdílu mezi teplotou vnitřního vzduchu

⁴⁰ Šála, J. (2000, 67).

⁴¹ ČSN 73 0540-4 (2005, 21).

⁴² ČSN 73 0540-2 (2011, 13).

⁴³ ČSN 73 0540-2 (2011, 12).

⁴⁴ ČSN 73 0540-4 (2005, 8).

a teplotou venkovního vzduchu⁴⁵. Konstrukce a styky konstrukcí musí v zimním období za normových podmínek vykazovat v každém místě takovou vnitřní povrchovou teplotu, aby odpovídající teplotní faktor vnitřního povrchu byl větší nebo roven požadované hodnotě nejnižšího teplotního faktoru vnitřního povrchu, který je roven kritickému teplotnímu faktoru vnitřního povrchu⁴⁶. To platí pro prostory s návrhovou relativní vlhkostí vnitřního vzduchu φ_i menší nebo rovnou 60 %.

Výpočty hodnot těchto veličin jsou v programu umístěny na listu 2 s názvem θ_{si} , fR_{si} průběh teplot v kci. V tabulce na tomto listu je již vyplněna skladba konstrukce s údaji o materiálech již z výpočtu z předchozího listu. Nejprve je z teplotní oblasti a nadmořské výšky dle umístění objektu (v této práci Plzeň, tzn. teplotní oblast 2 s nadmořskou výškou 311 m.n.m.) určena návrhová teplota venkovního vzduchu v zimním období⁴⁷ a návrhová teplota vnitřního vzduchu v zimním období⁴⁸. Dále je nutno ve výpočtu určit hodnotu odporu tepla při prostupu tepla na vnitřní a vnější straně konstrukce⁴⁹. Pozor, hodnoty těchto odporů nejsou totožné jako při výpočtu součinitele prostupu tepla. V programu je uvedena tabulka s teplotou povrchů jednotlivých vrstev, ze které je vytvořen graf průběhu teplot v konstrukci. Výpočet nejnižší vnitřní povrchové teploty konstrukce ve °C vychází z již neplatné normy ČSN 73 0540-2:2002. Přesto jsem se rozhodl tento výpočet do programu umístit, jelikož vyjádření ve °C je příjemnější než vyjádření v bezrozměrné veličině teplotního faktoru. Tento výpočet je zde tedy pouze jako orientační a jeho výsledky jsou mírně přísnější.

Posouzení teplotního faktoru vnitřního povrchu je dle požadavků normy zajištěno porovnáním s požadovanou hodnotou nejnižšího teplotního faktoru vnitřního povrchu. Ten je roven kritickému teplotnímu faktoru. Kritická vnitřní povrchová vlhkost $\varphi_{si,cr}$ je uvažována 80 %. Tato hodnota by ve vnitřním prostředí v obytných objektech neměla být nikdy překročena. Ve výpočtu je uvažováno s bezpečnostní vlhkostní přírážkou $\Delta\varphi_i = 5 \%$ podle ČSN EN ISO 13788⁵⁰.

⁴⁵ ČSN 73 0540-1 (2005, 31).

⁴⁶ ČSN 73 0540-2 (2011, 8).

⁴⁷ ČSN 73 0540-3 (2005, 24).

⁴⁸ ČSN 73 0540-3 (2005,28).

⁴⁹ ČSN 73 0540-3 (2005, 83).

⁵⁰ ČSN 73 0540-2 (2011, 9).

Porovnáním hodnot dle výše uvedeného požadavku je konstatováno, zda posuzovaná konstrukce vyhovuje či nevyhovuje na teplotní faktor vnitřního povrchu.

4.3 Kondenzace vodní páry

Vznik vodní páry v objektech je spojen s jejich užíváním. Hlavním zdrojem v obytných objektech je dýchání živých organismů. Jeden člověk za noc vyprodukuje dýcháním a odparem přibližně jeden litr vody. Dalšími zdroji vodní páry v objektech je odpařování z rostlin a odpar z vlhkých procesů při užívání objektu. Mezi procesy s největším odparem vodní páry patří vaření, sprchování, mytí nádobí, praní a sušení prádla. Nesmíme ale opomenout ani na odpařování z vlhkých povrchů při vytírání⁵¹. Těmito a jistě i dalšími způsoby se ve vnitřním prostředí budov hromadí vodní pára, která prochází skrz obvodovou konstrukci směrem do vnějšího prostředí. Stejným směrem probíhá v zimním i letním období. Vzduch procházející konstrukcí může dosáhnout nasycení vodní párou a může dojít ke kondenzaci vodní páry v konstrukci. Kondenzace je často viditelná u výplní otvorů kde můžeme pozorovat rosení především na prosklených částech. Tomu lze předcházet dostatečným větráním vnitřního prostoru. To je důležité především při výměně výplně okenních otvorů s velmi dobrou těsnicí schopností mezi rámem a vlastním křídlem okna, ale také mezi rámem okna a obvodovou konstrukcí.

Riziko vzniku kondenzace vodní páry uvnitř konstrukce vlivem difuze vodní páry se hodnotí tlakovou podmínkou⁵², která říká, že kondenzace vodní páry v konstrukci nenastane, je-li pro každé místo v konstrukci splněna podmínka, že částečný tlak nasycené vodní páry je větší než částečný tlak vodní páry v témže místě⁵³. Pro stavební konstrukce, u kterých by zkondenzovaná vodní pára uvnitř konstrukce mohla ohrozit její funkci, nesmí dojít ke kondenzaci vodní páry uvnitř konstrukce. Ohrožením požadované funkce je obvykle podstatné zkrácení životnosti konstrukce, snížení vnitřní povrchové teploty konstrukce vedoucí ke vzniku plísní, objemové změny a výrazné zvýšení hmotnosti konstrukce mimo rámec rezerv statického výpočtu, zvýšení hmotnostní vlhkosti materiálu na úroveň

⁵¹ Šubrt, R. (2006).

⁵² ČSN 73 0540-4 (2005, 10).

⁵³ ČSN 73 0540-4 (2005, 37).

způsobující jeho degradaci⁵⁴. To se týká především stavebních konstrukcí ze dřeva nebo materiálů na jeho bázi. Pro stavební konstrukce, u kterých kondenzace vodní páry uvnitř konstrukce neohrozí její požadovanou funkci, nesmí v roční bilanci kondenzace a vypařování vodní páry zůstat žádné zkondenzované množství vodní páry, které by trvale zvyšovalo vlhkost konstrukce. Roční množství zkondenzované vodní páry uvnitř konstrukce musí být nižší než roční množství vypařitelné vodní páry uvnitř konstrukce⁵⁵.

Výpočet opět začíná tabulkou skladby konstrukce, která je částečně vyplněná již z předchozích listů. Do tabulky je zapotřebí doplnit pouze faktor difuzního odporu. Tato veličina udává, kolikrát lépe propouští nehybná vrstva vzduchu vodní páru, než stejná tloušťka daného materiálu⁵⁶. Tato veličina je bezrozměrná a díky ní je určena ekvivalentní difúzní tloušťka jednotlivých vrstev konstrukce. Ta udává, jak široká vrstva nehybného vzduchu musí být, aby byla svým difúzním odporem ekvivalentem dané vrstvy konstrukce. Tato veličina je většinou udávaná v metrech. Po zadání okrajových podmínek proběhne posouzení podmínky vyloučení vnitřní kondenzace přibližnou, graficko-výpočtovou metodou, kterou se kontroluje, zda lineární závislost částečného tlaku vodní páry uvnitř konstrukce je ve všech místech konstrukce nižší než lomená křivková závislost částečného tlaku nasycené vodní páry. Tato křivka je lomená vždy na rozhraní jednotlivých materiálových vrstev⁵⁷. Výstupem graficko-výpočtové metody je graf průběhu tlaků v konstrukci, jehož pomocí je určena případná oblast kondenzace vodní páry uvnitř konstrukce. Výskyt a oblast kondenzace vodní páry jsou stanoveny výpočtem pro ustálené šíření tepla a vodní páry, při zimních návrhových okrajových podmínkách podle ČSN 73 0540-3⁵⁸.

4.4 Akumulace konstrukce

Tepelná akumulace konstrukce, je schopnost odevzdat dříve nabranou tepelnou energii z vnitřního prostředí zpět do vnitřního prostředí ve chvíli, kdy teplota vnitřního prostředí klesne pod povrchovou teplotu konstrukce. Dá se říci,

⁵⁴ ČSN 73 0540-2 (2011, 21).

⁵⁵ ČSN 73 0540-2 (2011, 21).

⁵⁶ Hejhálek, J. (2010).

⁵⁷ ČSN 73 0540-4 (2005, 38).

⁵⁸ ČSN 73 0540-4 (2005, 11).

že teplo naakumulované v konstrukci je zpět vydáváno do vnitřního prostředí. K tomu dochází například při intenzivním větrání. Důležité je, aby při větrání nedocházelo k nadměrnému ochlazování vnitřního povrchu konstrukce. Proto je důležité větrat raději krátce a intenzivně, než dlouze a málo oknem v poloze k větrání (lidově řečeno ventilačka). Přesto musíme dbát na větrání v dostatečné míře nejen kvůli odvětrávání vlhkosti, ale hlavně kvůli obsahu oxidu uhličitého (CO₂). Dalším případem kdy je naakumulované teplo z konstrukce vraceno do vnitřního prostředí, je po přerušení dodávky tepla. V kombinaci s vnější tepelnou izolací také zajistí pozvolnější klesání vnitřní teploty při náhlém snížení vnější teploty. Tím poskytne delší čas pro reakci otopného systému.

Tepelná akumulace jednotlivých materiálů a jejich vliv na tepelnou stabilitu vnitřního prostředí lze vyjádřit pomocí měrné tepelné kapacity. Ta udává kolik energie je potřeba dodat, aby se teplota jednoho kilogramu látky zvýšila o jeden kelvin. Ta však popisuje pouze vlastnosti materiálu, z kterého je vrstva konstrukce vyrobena. Z měrné tepelné kapacity, hmotnosti a šíře materiálu lze určit tepelnou kapacitu, která udává množství tepla, které stěna pohltí nebo vydá při ohřátí nebo ochlazení o jeden kelvin. Tepelná kapacita lze ještě vztáhnout na jednotku plochy. Tato veličina může sloužit pro porovnání různých materiálů mezi sebou, ale není vyjádřena v jednotkách, které by umožňovali rozpoznat vliv konstrukce na tepelnou stabilitu. Pro lepší popis schopnosti stěny stabilizovat vnitřní teplotu je definována relaxační doba. Ta vyjadřuje dobu (v hodinách) než dojde ke srovnání teplot působících z interiéru a exteriéru. Relaxační doba je tedy závislá i na rozdílu teplot prostorů, které stěna odděluje a je nepřímo úměrná rychlosti chladnutí vnitřního povrchu. Jelikož je hodnota vypočtené relaxační doby jedno číselná, lze si udělat okamžitou představu o teplotní setrvačnosti konstrukce. U vícevrstevných konstrukcí je relaxační doba nesymetrickou funkcí, jejíž hodnota závisí na pořadí jednotlivých vrstev. Bohužel je výpočet relaxační doby kvůli předpokladu stacionárního průběhu chladnutí konstrukce nepřesný, avšak i přesto lze konstrukce tímto parametrem porovnávat. Nesmíme ale tyto hodnoty považovat za absolutní. Přesnější stanovení teplotní setrvačnosti je možné přímým řešením rovnice vedení tepla. Tato možnost ovšem skýtá nemalé úskalí jako je například obtížné určení okrajových podmínek a absenci analytického řešení⁵⁹.

⁵⁹ Hejhálek, J. (2006).

Výpočet akumulace konstrukce nalezneme ve výpočtovém programu na Listu 4 - τ_0 , akumulace. Zde je zapotřebí do tabulky skladby konstrukce opět doplnit chybějící údaje. Tím je měrná tepelná kapacita jednotlivých vrstev. Dále je nutné ověřit hodnoty okrajových podmínek výpočtu. Těmi jsou návrhová teplota venkovního vzduchu a návrhová teplota vnitřního vzduchu v zimním období. Ty by měly být již předvyplněny z listu 3 - průběhu teplot v konstrukci. Výpočet začíná stanovením rychlosti poklesu vnitřní povrchové teploty. Ta udává, o kolik kelvinů (tedy i °C) klesne vnitřní povrchová teplota za hodinu. Před výpočtem relaxační doby je ještě nutno spočítat součinitel teplotní vodivosti jednotlivých vrstev konstrukce. Dále je určena relaxační doba konstrukce a vnitřní povrchové teploty konstrukce v čase 0,5 1, 5, 8, 10 a 12 hodin po vypnutí otopné soustavy.

4.5 Infračervená termografie

V této části bych se pouze krátce zmínil o infračervené termografii což je věda využívající elektrooptických systémů k detekci a měření tepelné radiace a jejího přepočtu na teplotu⁶⁰. Měření probíhají termokamerou, která snímá infračervené záření ze sledovaného povrchu a transformuje reliéf teplotního pole na viditelný obraz s volitelnou stupnicí barev odpovídající daným teplotám. Tento výstup z měření se nazývá termogram. Ve stavebnictví je termografie dobrým nástrojem pro zobrazení teplotních polí stavebních konstrukcí, jejichž analýza umožní posoudit obvodové pláště budov z tepelně technického hlediska a možná lokalizovat místa zvýšených tepelných toků tedy tepelných mostů⁶¹.

Pořizování termogramů za účelem lokalizace tepelných mostů není možné provádět celoročně. Podmínkou je výskyt tepelných toků, což znamená, že na obou stranách konstrukcí musí panovat rozdílná teplota. Každá tepelná ztráta a intenzita sálání tepla z povrchu konstrukce se projeví lépe, čím bude teplotní rozdíl větší. Doporučený teplotní rozdíl mezi vnitřním a vnějším prostředím je minimálně 20 kelvinů⁶². To znamená, že měření lze provádět v zimních měsících, kdy je interiér budov temperován, a teploty v exteriéru se pohybují pod bodem mrazu. Vnější povrch objektů nesmí být během měření ani v průběhu osmi hodin před

⁶⁰ Bayer, R.

⁶¹ Počinková, M. – Rubinová, O. (2009).

⁶² Počinková, M. – Rubinová, O. (2009).

měřením vystaven slunečnímu záření, jelikož by výsledky byly ovlivněny solárními zisky. Těmto podmínkám odpovídají ranní hodiny v zimním období. Měřit nelze nejen při slunečném počasí, ale také v prudším dešti, sněžení a při silném větru. Mokrý konstrukce mohou také vést k nepřesnostem výsledků.

Termokamery lze využít kromě již zmíněné vizualizace tepelných ztrát a vyhledávání tepelných mostů také k rozpoznání chybně provedené tepelné izolaci, ke zjištění vzduchové netěsnosti, k nalezení vlhkosti v izolaci ve střeších a stěnách jak ve vnitřní tak i vnější konstrukci, k nalezení míst s možnými zárodky plísní, k rozpoznání poruch teplovodních trubek například podlahového nebo dálkového vytápění, k odhalení konstrukčních vad, k odhalení elektrických závad a termokamery lze také využít k rozpoznání rozrušování konstrukce či sledování jejího vysušování⁶³.

Měření se také potýká s chybami. Jednou z chyb je zdánlivá odražená teplota. To znamená, že tepelné záření z okolí dopadá na povrch měřené konstrukce, od níž se odráží do infračervené termokamery. Eliminace této chyby se provádí korekcí přímou nebo nepřímou metodou⁶⁴. Chyby v měření tak mohou způsobit pouliční lampy či reklamy umístěné na budovách. Chybou měření je také emisivita, která je stanovena s určitou nejistotou. Emisivita závisí na několika parametrech, kterými je například typ konstrukce, teplota, drsnost a barva povrchu a úhel pod kterým je vůči ose měření. Díky tomu se hůře měří barevné objekty s různými povrchovými úpravami. Vysokou emisivitou působí například kovy nechráněné nátěrem, protože vyzařují mnohem méně vlastní energie, než odrážejí z okolí⁶⁵. Omezení vlivu emisivity na termogram lze jejím stanovením z tabulek, kontaktní metodou, metodou využívající materiál s referenční emisivitou, použitím černého tělesa či metodou využívající fázový přechod⁶⁶. Další nejistotou měření je útlum atmosféry, který se zvyšuje s rostoucí vzdáleností od objektu či s rostoucí relativní vlhkostí vzduchu.

Mým plánem bylo si termografické snímky k této práci naměřit sám. Bohužel s posunem zadání diplomové práce na červen tohoto roku a termínem

⁶³ FLIR. (2012, 14).

⁶⁴ Sova, J.

⁶⁵ Bayer, R.

⁶⁶ Sova, J.

odevzdání v prosinci nebylo možné tak učinit. V těchto měsících nepanují vhodné klimatické podmínky pro měření touto metodou. Termogramy mi s laskavým svolením do mé práce poskytl z osobního archivu Ing. Václav Petráš.

V mé práci je tato metoda okrajová a slouží pouze k doplnění výpočtových hodnot. Cílem termogramů v této práci není určení povrchových teplot, ale slouží k názorné lokalizaci tepelných mostů, vad a poruch posuzovaných obvodových plášťů panelových soustav. Umožňují také porovnání tepelných toků před a po provedení zateplení obvodových stěn a tím i zhodnotit kvalitu těchto prací. Termogramy nalezneme v příloze B.

5 Stavební soustava T 06 B

Panelová soustava T 06 B byla určena pro výstavbu bytů ve všech krajích České republiky a Praze. Postupně se soustava T 06 B zařadila mezi nejrozšířenější panelové systémy v České republice. V roce 1963 byla tato soustava vypracována ve Studijním a typizačním ústavu a v roce 1965 byla schválena. Přestože byla určena pro výstavbu do roku 1970, přetrvala její výstavba v ČR až do roku 1985. V typovém celostátním podkladu byla zpracována série sekcí hloubky 9,60 – 10,80 – 12,00 – 13,20 m⁶⁷.

Západočeská krajská varianta byla vypracována roku 1963 podle v té době ještě neschváleného typového podkladu. V roce 1965 vznikla revize krajské materiálové varianty soustavy, kterou zpracoval Krajský projektový ústav v Plzni a na jejím základě byl vypracován doplněk typového podkladu.

Konstrukční systém T 06 B lze charakterizovat jako otevřenou krabicovou konstrukci s příčnými stěnami. Jedná se o malorozponovou soustavu s modulovou vzdáleností příčných stěn 3,6 m. Krabicová konstrukce je pak dotvořena vnitřními podélnými nosnými stěnami, které zajišťují tuhost konstrukce ve všech směrech. Stropní panely jsou umístěny v podélném směru. Soustavy T 06 B ZČKMV byly navrženy pro bytovou výstavbu pro výšku zástavby 4, 6 a 8 podlaží⁶⁸. Objekty jsou nepodsklepené, se zapuštěným instalačním podlažím nebo s polozapuštěným suterénem. Objekty jsou řadové, bodové a výjimečně desetipodlažní deskové. Bodové domy jsou tvořeny jednou sekcí z 5 modulů a jsou pouze 4 podlažní o hloubce 9,6 m. Řadové domy jsou tvořeny dilatačními celky z dvou zalomených sekcí (tzv. dvousekce) tvořené devíti moduly po 3,6 m. Délka dvousekce je tedy 32,4 m. Skladebná hloubka pro 4 a 6 podlažní zástavbu je 9,6 m, pro 4 a 8 podlažní zástavbu 12,0 m. Deskové domy se realizovali pouze jako 10 podlažní s hloubkou 10, 8 m. Systém T 06 B obsahoval různé velikosti bytů pro 1 až 6 osob.

Technologie výstavby byla původně dvou tunová, později se přepracovala na čtyř tunovou. Soustava T 06 B byla celá montovaná včetně základových pasů. Ojedinele byly realizovány i základy monolitické. Výstavbou T 06 B ZČKMV

⁶⁷ Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR (2003, 6).

⁶⁸ Hapl, L. (1998).

v Západočeském kraji byly pověřeny Pozemní stavby Plzeň a Pozemní stavby Karlovy Vary. Oba podniky měli své vlastní varianty, které se od sebe drobně lišili. Výstavba T 06 B ve variantě Pozemních staveb Plzeň probíhala od první poloviny 60. let až do začátku 70. let. V plzni a jejím okolí byla poté nahrazena nově vyvinutou soustavou PS 69. Výstavba této soustavy v ČR dále pokračovala a o další přírůstky i v Západočeském kraji a v okolí města Plzně se postarali Pozemní stavby Karlovy Vary. Díky tomu je v Západních Čechách rozšířenější varianta Karlovy Vary. Mezi nejvýznamnější oblasti s realizací soustavy T 06 B varianty Plzeň patří plzeňská sídliště Doubravka a Skvrňany.

V této části diplomové práce se dále zabývám krajskou materiálovou variantou T 06 B ZčKMV a to v dílčí modifikaci realizovanou Pozemními stavbami Plzeň.

5.1 Schéma soustavy

Schéma panelové soustavy T 06 B je k nahlédnutí v části Příloha A - Schémata panelových soustav. V příloze F naleznete detaily spojů stavební soustavy T 06 B.

V příloze, mimo vazbu v kapse desek, jsou umístěny kopie původních výkresů této soustavy. Soupis a informace o výkresech jsou v příloze E.

5.2 Technické podklady

Nosným systémem konstrukce příčný stěnový systém s osovou vzdáleností 3,6 m. Podélné ztužující stěny rozdělují různé byt, nebo byt a schodišťový prostor. Ve středním modulu každé sekce je umístěna vertikální komunikace ve formě dvouramenného schodiště. V objektech o více jak 4 podlažích je ve vertikální komunikaci umístěn výtah v zrcadle schodiště. Strojovna výtahu je společně s hlavicí vyústění vzduchotechniky na střeše objektu. Konstruktivní výška podlaží je 2,8 m. Krajská materiálová varianta je doplněna lodžemi částečně předsazenými před líc fasády, čímž je narušena její jednotvárnost. Obvodový plášť krajské materiálové varianty je předsazený a byl realizován jako celostěnový panel. Výjimkou je skládaný panel z parapetních pásů a meziokenních vložek, který je použit u méně častých deskových objektů. Štítové panely jsou jednovrstvé a plní dvojí funkci a to nosnou a tepelně izolační.

Tuhost objektu jako celku byla zajištěna svařováním stykové výztuže jednotlivých prvků a provedením záливky spár panelů jak vodorovných, tak svislých betonovou záливkou B 170 (dnešní třída C 10/13,5 tj. v základní řadě C 8/10⁶⁹).

V následující tabulce je uveden výpis základních prvků, které jsou blíže popsány dále.

Typ konstrukce	Tloušťka konstrukce [mm]	Skladebná šířka [mm]	Materiál	Poznámka
Strop	120	600, 1200, 2400	B 250	
Stěny příčné	140	1200, 2400	B 170	
Stěny podélné	140	1050, 3450	B 170	
Štít	290	1200, 1500, 2400	KB 60	do 1977
	485	1200, 1500, 2400	KB 60 a B 170	od 1977
Obvodový plášť	250	3600	KB 40	do 1977
	300	3600	KB 40	od 1977

Tab. 10: Výpis základních prvků stavební soustavy T 06 B

5.2.1 Založení soustavy

Založení objektu nebylo součástí typových podkladů a pro každý projekt byl upraven dle místních podmínek. Objekty byly zakládány na montovaných pasech a jen ve výjimečných případech na monolitických.

V ZČKMV byly navrženy pro 4 a 6 podlažní objekty montované základové pásy o šířce 700 mm pod štítové stěny a 1 000 mm pod vnitřní nosné stěny. Dilatační stěny jsou založeny na montovaných pasech šířky 1 400 mm. Pro 8 podlažní objekty byly navrženy montované pásy šířky 1 000 mm pro štítové stěny a 1 400 mm pro vnitřní nosné stěny. Dilatační stěny 8 podlažních objektů jsou založeny na monolitických základových pasech šířky 1 900 mm. Monolitické základy byly provedeny z betonu B 170 (dnešní třída C 10/13,5 tj. v základní řadě C 8/10) a montované pásy z betonu B 250 (C 16/20). Výška montovaných pásů je 250 mm. Montované základové pásy jsou podsypány vyrovnávací vrstvou jemného písku o tloušťce 100 mm. Podélné obvodové stěny pláště jsou provedeny na podsypu ze škváry⁷⁰.

⁶⁹ Ředitelství vodních cest (2009, 22).

⁷⁰ Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR (2003, 20).

Lišili-li se výrazně základové poměry, navrhovali se monolitické pásy i pod příčné stěny dle příslušného dovoleného namáhání zeminy. Tyto pásy byly provedeny z betonu B 105 (C -/7,5) nebo B 135 (C 8/10). V tomto případě se prováděli monolitické pásy i pod obvodovými stěnami. Dovolené namáhání zeminy pro 4 podlažní zástavbu bylo uvažováno $1,5 \text{ kg/cm}^2$ (150 kPa) a pro objekty s 6 a 8 podlažními $2,0 \text{ kg/cm}^2$ (200 kPa)⁷¹. Vrchní líc základů byl opatřen věncem (4 profily a třmínky).

Spodní stavba byla navržena ve dvou variantách. První variantou je zapuštěné instalační podlaží, jehož stěny jsou tvořeny vylehčenými kazetovými železobetonovými panely z betonu B 250 tloušťky 300 mm a výšky 1 500 mm. Druhou variantou je polozapuštěné suterénní podlaží. Stěny tohoto podlaží jsou z bloků NB1 šířky 850 mm a výšky 2 500 mm a bloky NB2 stejné šířky, ale výšky 1 250 mm. Tyto bloky mají tloušťku 450 mm a jsou z betonu B 170 nebo z B 135.

Počet podlaží	Pod konstrukcí	Šířka základu [mm]
4 a 6	Štítová stěna	700
	Nosné stěny	1 000
	Dilatační stěny	1 400
8	Štítová stěna	1 000
	Nosné stěny	1 400
	Dilatační stěny	1 900

Tab. 11: Šířka prefabrikovaných základových pasů dle typu konstrukce a počtu nadzemních podlaží pro s.s. T 06 B

5.2.2 Stropní panely

Stropní konstrukce je provedena jako montovaná z železobetonových panelů o tloušťce 120 mm z betonu B 250 (C 16/20). Skladebná délka panelů odpovídá modulové vzdálenosti 3,6 m. U tohoto systému se používaly panely ve dvou stupních únosnosti. Rozdíl byl ve způsobu vyztužení. Panel normální se používal na stropní konstrukci obytných pokojů a panel zesílený na stropní konstrukci kuchyní a hygienického zařízení bytu. Skladebné šířky panelů se používaly 600, 1 200 a 2 400 mm. Výjimkou byly instalační panely s prostupy pro rozvod technických zařízení, které se vyráběly pouze ve skladebné šířce 2400 mm. Spáry mezi panely se zalévaly betonovou zálivkou z betonu B 170

⁷¹ Hapl, L. (1998).

(dnešní třída C 10/13,5 tj. v základní řadě C 8/10). Na těchto panelech byly provedeny plovoucí podlahy. Stropní panely byly ukládány do maltového lože.^{72 73}

5.2.3 Stěnové panely

Nosnou svislou konstrukci panelové soustavy tvoří prefabrikované panely montované na celou výšku podlaží. Skladebná výška těchto panelů je 2 660 mm. Tyto panely jsou tloušťky 140 mm a vyráběly se z prostého betonu B 170 s minimální konstrukční výztuží nebo ze železobetonu (B170) o objemové hmotnosti 2 500 kg/m³. Skladebná šířka příčných nosných panelů byla 1 200 mm a 2 400 mm a pro 4 tunovou technologii ještě 4 800 mm. Pro podélné stěny se ještě využívalo panelů se skladebnou šířkou 1 050 mm a pro 4 tunovou technologii i 3 450 mm. Stěnové panely byly ještě rozděleny do 3 typů a to stěnové panely plné, panely s dveřním otvorem se zabudovanou ocelovou zárubní a schodišťové panely. Schodišťový panel má skladebnou délku 2 400 mm a výšku 1 400 mm.

Maximální přípustná excentricita pro ukládání nosných stěnových dílců byla ± 20 mm. Stěnové panely byly osazovány do maltového lože.

5.2.4 Štítové panely

Štítové panely byly nosné a byly vyrobeny ze slabě vyztuženého keramzitbetonu KB 60 o objemové hmotnosti 1 250 kg/m³. Panely měly tloušťku 310 mm⁷⁴ (290 mm bez povrchových úprav) a skladebnou výšku 2 800 mm. Pro bodové a řadové domy měly panely skladebné šířky 1 500 mm a 2 400 mm. Deskové domy měly také ještě panely ve skladebné šířce 1 200 mm. Štítové panely jsou buď plné, nebo s okenním otvorem.

Po revizi normy ČSN 73 0540 z roku 1977 byla zvětšena tloušťka štítového panelu na 485 mm ve složení 150 mm vnitřní nosný železobetonový panel a samonosný 320 mm tlustý keramzitbetonový panel. Mezi těmito panely je vzduchová mezera 15 mm⁷⁵.

⁷² Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR (2003, 20).

⁷³ Hapl, L. (1998).

⁷⁴ Hapl, L. (1998).

⁷⁵ Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR (2000b, 12).

Označení: T 06 B_3
 Typ konstrukce: **Štítová stěna, 290 mm (před rokem 1977)**

j-tá vrstva*	Materiál	Tloušťka	Hustota	Souč. tep. vodivosti	Tepelný odpor
		d_j [mm]	ρ_j [kg/m ³]	λ_j [W/(m·K)]	R_j [m ² ·K/W]
1	Omítka vápenná	10	1600	0,880	0,011
2	Keramzitbeton KB 60	290	1250	0,580	0,500
3	Omítka vápenocementová	10	2000	0,990	0,010

Tab. 12: Skladba původního štítového panelu T 06 B

Označení: T 06 B_4
 Typ konstrukce: **Štítová stěna, 485 mm (po roce 1977)**

j-tá vrstva*	Materiál	Tloušťka	Hustota	Souč. tep. vodivosti	Tepelný odpor
		d_j [mm]	ρ_j [kg/m ³]	λ_j [W/(m·K)]	R_j [m ² ·K/W]
1	Omítka vápenná	10	1600	0,880	0,011
2	Železobetonový panel	150	2400	1,580	0,095
3	Vzduchová mezera	15	1,3	0,088	0,170
4	Keramzitbeton KB 60	320	1250	0,580	0,552
5	Omítka vápenocementová	10	2000	0,990	0,010

Tab. 13: Skladba štítového panelu po roce 1977 T 06 B

5.2.5 Obvodový plášť

Obvodový plášť panelové soustavy T 06 B je řešen jako předsazený a ve statickém výpočtu byl zanedbán jeho ztužující účinek. Je tedy uvažován jako samostatný nenosný plášť budovy. Obvodový plášť není stejně tak jako základové konstrukce řešen v typovém podkladu k soustavě T 06 B. Je řešen až v typových podkladech pro jednotlivé KMV.

Obvodové panely pro ZČKMV panelové soustavy T 06 B byly vyrobeny z keramzitbetonu KB 40 o objemové hmotnosti 1 250 kg/m³ a byly vyztuženy pouze konstrukční výztuží. Tyto panely se zavěšovaly na nosnou konstrukci a jejich šířka činí 270 mm (250 mm bez povrchových úprav). Používaly se obvodové celostěnové panely se skladebnou šířkou 3 600 mm a výškou 2 800 mm, panely doplňkové se stejnou skladebnou šířkou, ale výškou 1 300 mm. Dále se používaly

celostěnové panely s okenními otvory, obvodové panely schodišťové, s větracími otvory a obvodové parapetní dílce pro nenosné lodžiové stěny.⁷⁶

V roce 1977 v důsledku revize normy ČSN 73 0540 dochází ke změně tloušťky průčelních panelů. Z původní tloušťky 270 mm narostl tento rozměr na 320 mm (bez povrchových úprav 300). Panel i nadále zůstal keramzitbetonový.⁷⁷

Deskové desetipodlažní domy postavené v Plzni měli kvůli požadavkům architekta nenosný obvodový plášť skládaný z parapetních panelů a meziokenních vložek.

Označení: T 06 B_1

Typ konstrukce: **Obvodová stěna - průčelí, 250 mm (před rokem 1977)**

j-tá vrstva*	Materiál	Tloušťka	Hustota	Souč. tep. vodivosti	Tepelný odpor
		d_j [mm]	ρ_j [kg/m ³]	λ_j [W/(m·K)]	R_j [m ² ·K/W]
1	Omítka vápenná	10	1600	0,880	0,011
2	Keramzitbeton KB 40	250	1250	0,580	0,431
3	Omítka vápenocementová	10	2000	0,990	0,010

Tab. 14: Skladba původního obvodového panelu T06 B

Označení: T 06 B_2

Typ konstrukce: **Obvodová stěna - průčelí, 300 mm (po roce 1977)**

j-tá vrstva*	Materiál	Tloušťka	Hustota	Souč. tep. vodivosti	Tepelný odpor
		d_j [mm]	ρ_j [kg/m ³]	λ_j [W/(m·K)]	R_j [m ² ·K/W]
1	Omítka vápenná	10	1600	0,880	0,011
2	Keramzitbeton KB 40	300	1250	0,580	0,517
3	Omítka vápenocementová	10	2000	0,990	0,010

Tab. 15: Skladba obvodového panelu po roce 1977 T 06 B

5.2.6 Střešní konstrukce

Řešení střešní konstrukce bylo zpracováno pro ZČKMV v jednoplášťovém i dvoupλάšťovém provedení. Nosnou konstrukcí jednoplášťové střechy je strop posledního podlaží, na kterém je umístěna spádová vrstva z písku nebo škváry. Na spádové vrstvě je položena pěnasilikátová tepelná izolace tloušťky 150 mm. Tato izolace má záměrně odsazené spáry, které slouží jako větrací kanálky.

⁷⁶ Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR (2003, 21).

⁷⁷ Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR (2000b, 12).

Bohužel větrání působí v obou směrech a stává se tak výrazným tepelným mostem. Na této izolaci je provedena povlaková krytina. Nosnou konstrukci dvouplášťové střechy rovněž tvoří strop posledního podlaží. Na něm jsou umístěny nosné železobetonové trámky zajišťující vzduchovou mezeru. Na trámcích jsou umístěny desky druhého pláště s povlakovou krytinou.

Atika je tvořena prefabrikovanými dílci, které se liší pro atiku podélnou, štítovou a dilatační. Dílce pro podélnou atiku mají průřez ve tvaru písmene L a zbylé dva druhy dílců jsou obdélníkové. Atikové železobetonové prvky byly z betonu B 170 a na stavbu se dodávaly ve skladebných délkách 1 200, 2 400, 3 600 a 4 800 mm⁷⁸.

Jednoplášťové střechy					
Skladba 1	[mm]	Skladba 2	[mm]	Skladba 3	[mm]
Vodotěsná krytina		Vodotěsná krytina		Vodotěsná krytina	
Plynosilikát. desky	150	Cementový potěr	40	Armaporit	95
Škvára/písek	100 - 220	Lepenka		Sypaný keramzit	80
ŽB stropní panel	120	Sypaný keramzit	200-350	Fibrex	15
		Lepenka		ŽB stropní panel	120
		ŽB stropní panel	120		

Tab. 16: Příklady skladeb jednoplášťových střech T 06 B⁷⁹

Dvouplášťová střecha	
Skladba	[mm]
Vodotěsná krytina	
ŽB střešní deska	80
Provětrávaná vzduchová dutina	120 - 230
Násyp keramzitu	180
ŽB stropní panel	120

Tab. 17: Příklad skladby dvouplášťové střechy T 06 B⁸⁰

5.3 Posouzení původního obvodového pláště

Obvodový plášť panelového objektu stavební soustavy T 06 B je složen z panelů ze dvou základních typů, kterými jsou panely štítové a obvodové (průčelní) panely. Tyto panely jsou blíže popsány v kapitole 5.2.4 a 5.2.5. V roce

⁷⁸ Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR (2003, 22).

⁷⁹ Hapl, L. (1998).

⁸⁰ Hapl, L. (1998).

1977 vstoupila v platnost nová norma ČSN 73 0540 s přísnějšími nároky na součinitel prostupu tepla. Norma nabyla plné platnosti v roce 1979. Vlivem této normy musely být upraveny původní panely tvořící obvodový plášť. Obvodové panely v průčelí objektu byly rozšířeny o 50 mm. Panely štítové se nově neskládaly pouze z keramzitbetonu, ale obsahují nosný železobetonový panel, k němuž je připevněn panel keramzitbetonový. Mezi panely je vzduchová vrstva. Následující tabulka zobrazuje označení jednotlivých panelů. Skladby s vybranými vlastnostmi jednotlivých vrstev jsou uvedeny v části 5.2.4 Štítové panely a 5.2.5. Obvodové panely.

Č.	Označení	Typ	Šířka (bez povrch. uprav) [mm]	Dodatečná izolace [mm]	Poznámka
1	T 06 B_1	Průčelí	250		- původní panel před r. 1977
16	T 06 B_2	Průčelí	300		- původní panel po r. 1977
31	T 06 B_3	Štít	290		- původní panel před r. 1977
46	T 06 B_4	Štít	485		- původní panel po r. 1977

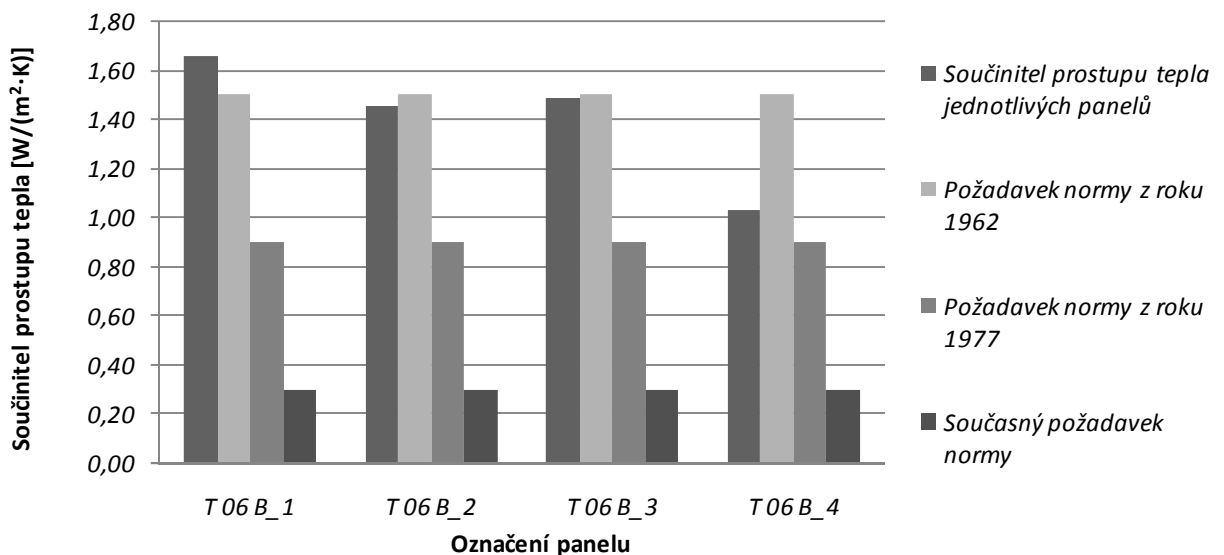
Tab. 18: Označení jednotlivých panelů T 06 B

Další tabulka má za úkol zpřehlednění výstupů z výpočetního programu. V tabulce nalezneme hodnoty součinitele prostupu tepla, teplotního faktoru vnitřního povrchu, množství zkondenzované vodní páry, relaxační doby, teplotu vnitřního povrchu po 8 hodinách po ukončení vytápění a tepelnou ztrátu prostupem tepla vztáženou na 1 m² konstrukce jednotlivých panelů. Písmeno N za hodnotou v tabulce značí, že nevyhovuje dnešní normě. Písmeno V značí opačnou situaci.

Č.	Součinitel prostupu tepla	V/N	Teplotní faktor vnitřního povrchu	V/N	Kondenzace vodní páry	V/N	Relaxační doba	Teplota vnitřního povrchu po 8 h	Tepelná ztráta prostupem přes 1 m ² konstrukce
	U [W/(m ² ·K)]		f _{RSi} [-]		Mc [kg/m ² ·a]		τ ₀ [h]	θ _{i,1} [°C]	Φ _{T,ie} [W/m ²]
1	1,65	N	0,663	N	0	V	18,9	5,2	56,2
16	1,45	N	0,698	N	0	V	26,6	9,5	49,4
31	1,49	N	0,692	N	0	V	25,0	8,8	50,6
46	1,03	N	0,778	V	0	V	50,6	14,5	34,7

Tab. 19: Výsledky nezateplených obvodových panelů T 06 B

Následující graf porovnává hodnoty součinitele prostupu tepla vypočtených pro jednotlivé panely podle dnešních norem a požadavky normy z roku 1962 tedy normy, která byla v platnosti v době počátku výstavby konstrukčního systému T 06 B. Tyto hodnoty tedy platily pro původní panely. Zde průčelní panel s označením T 06 B_1 (respektive č. 1) a štítový panel s označením T 06 B_3 (31). Do grafu je přidána hodnota požadavku normy z roku 1977, která by měla být splněna panely použitými ve výstavbě po roce 1977. Tj. průčelní panel s označením T 06 B_3 (16) a štítový panel T 06 B_4 (46). Jen pro představu nalezneme v grafu hodnotu požadavku na součinitel prostupu tepla dle dnes platné normy.

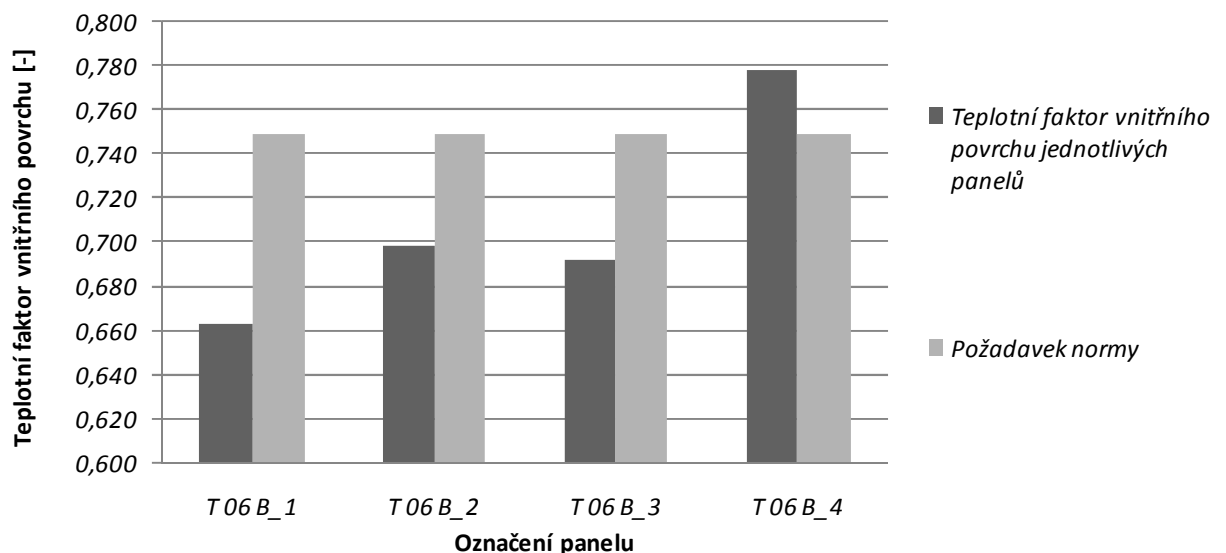


Graf 2: Porovnání součinitelů prostupu tepla původních obvodových panelů stavební soustavy T 06 B

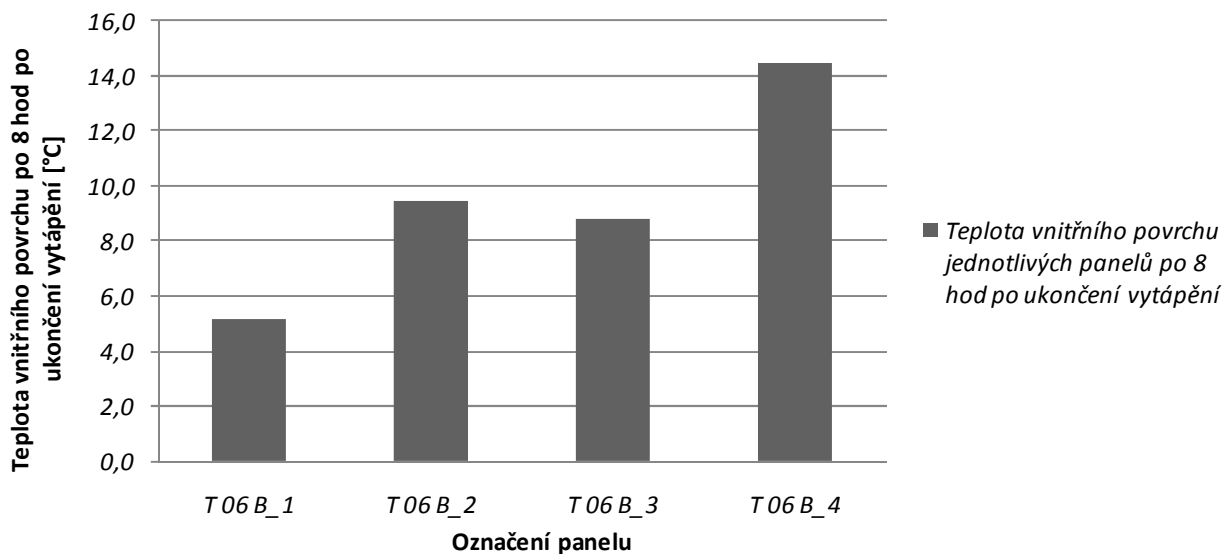
Z grafu vyplývá, dle výpočtů v dnes platné normě, že původní průčelní panel nevyhovuje požadavku normy z období jeho používání. Nutno opět podotknout, že hodnoty byly stanoveny dle dnes platných norem. Hodnoty součinitele prostupu tepla se liší především o zvýšení součinitele prostupu tepla vlivem tepelných mostů. Avšak tento panel nevyhoví ani po odečtení této přírážky. Štítový panel vyhověl hodnotě součinitele prostupu tepla normě z roku 1962. Panely používané po revizi normy roku 1977 již vykazují hodnoty součinitele prostupu tepla, které vyhoví normě z roku 1962 nikoliv však normě v té době platné (1977). Průčelní panel dokonce požadovanou hodnotu překračuje o více jak

60 %. V souhrnu lze říci, že obvodový plášť stavební soustavy T 06 B ZČKMV před revizí i po revizi normy nevyhovuje požadovaným hodnotám součinitele prostupu tepla v tehdy platných normách.

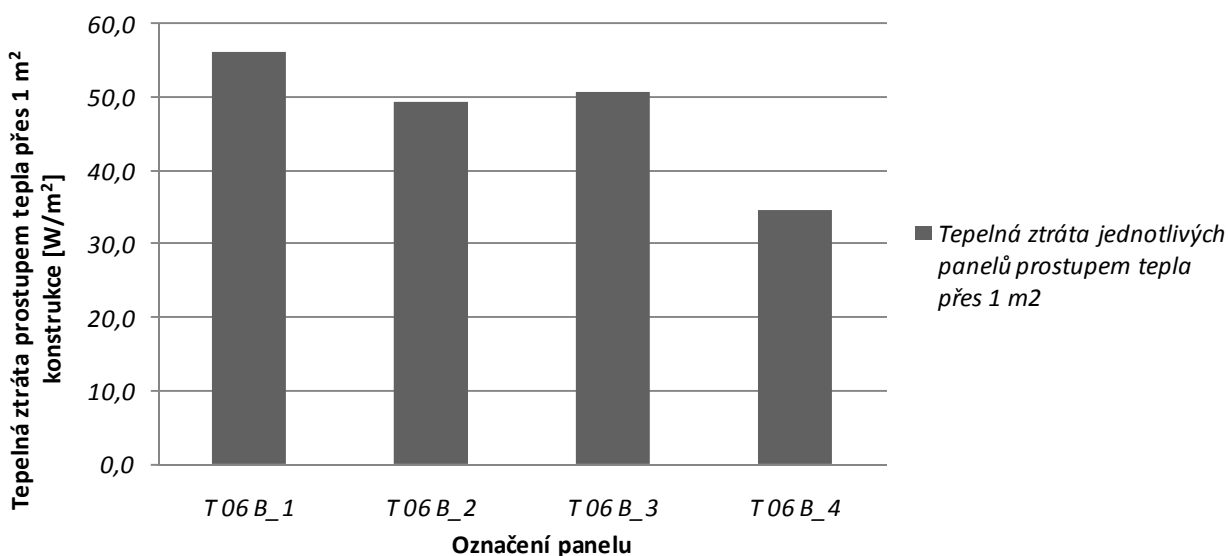
Z hlediska posouzení na teplotní faktor vnitřního povrchu vyhovuje pouze štítový panel používaný po roce 1977. Vlivem železobetonového panelu ve skladbě u vnitřního povrchu také výrazně vzrůstá relaxační doba konstrukce a teplota vnitřního povrchu. Relaxační dobu s hodnotou 50,6 hodin lze hodnotit jako dostatečnou v porovnání se zdívkou z cihel pálených tloušťky 450 mm, která má relaxační dobu 35 hodin. Povrchová teplota panelu po 8 hodinách po přerušení vytápění je 14,5 °C. Tato hodnota se jeví jako dostatečná v porovnání s požadavkem staré normy na nejnižší vnitřní povrchovou teplotu konstrukce, která činí 14,1 °C. Jistým pozitivem těchto panelů je, že v žádném dle výpočtů nedochází ke kondenzaci vodní páry.



Graf 3: Porovnání teplotního faktoru vnitřního povrchu původních obvodových panelů stavební soustavy T 06 B



Graf 4: Porovnání teplot vnitřního povrchu původních obvodových panelů stavební soustavy T 06 B po 8 hodinách po ukončení vytápění



Graf 5: Porovnání tepelných ztrát prostupem tepla původních obvodových panelů stavební soustavy T 06 B

5.4 Posouzení zateplených plášťů

Čtveřice původních panelů bez zateplení byla ve výpočtovém programu doplněna tepelnou izolací z polystyrenu EPS s hodnotou součinitele tepelné vodivosti $\lambda = 0,039 \text{ W/(m K)}$ postupně ve vrstvách 50, 80, 120, 150, 180, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600 a 800 mm z exteriérové strany konstrukce. Celkem vznikl soubor 60-ti posouzených obvodových panelů. Výsledky tohoto souboru

jsou k nahlédnutí v Příloze D Výsledky posouzení OP, konkrétně pro tento konstrukční systém v části D.1 T 06 B. Jako příklad skladby zateplených panelů uvádím skladbu zatepleného průčelního panelu z počátku výstavby konstrukčního systému. Ostatní skladby se liší pouze ve skladbě základního panelu.

j-tá vrstva*	Materiál	Tloušťka	Hustota	Souč. tep. vodivosti	Tepelný odpor
		d_j [mm]	ρ_j [kg/m ³]	λ_j [W/(m·K)]	R_j [m ² ·K/W]
1	Omítka vápenná	10	1600	0,880	0,011
2	Keramzitbeton KB 40	250	1250	0,580	0,431
3	Penetrační nátěr	0	0	0,000	0,000
4	Lepící tmel	4	1300	0,900	0,004
5	Polystyren EPS	50	30	0,039	1,282
6	Lepící tmel s rohoží	4	1300	0,900	0,004
7	Penetrační nátěr	0	0	0,000	0,000
8	Silikátová omítka	2	1650	0,800	0,003

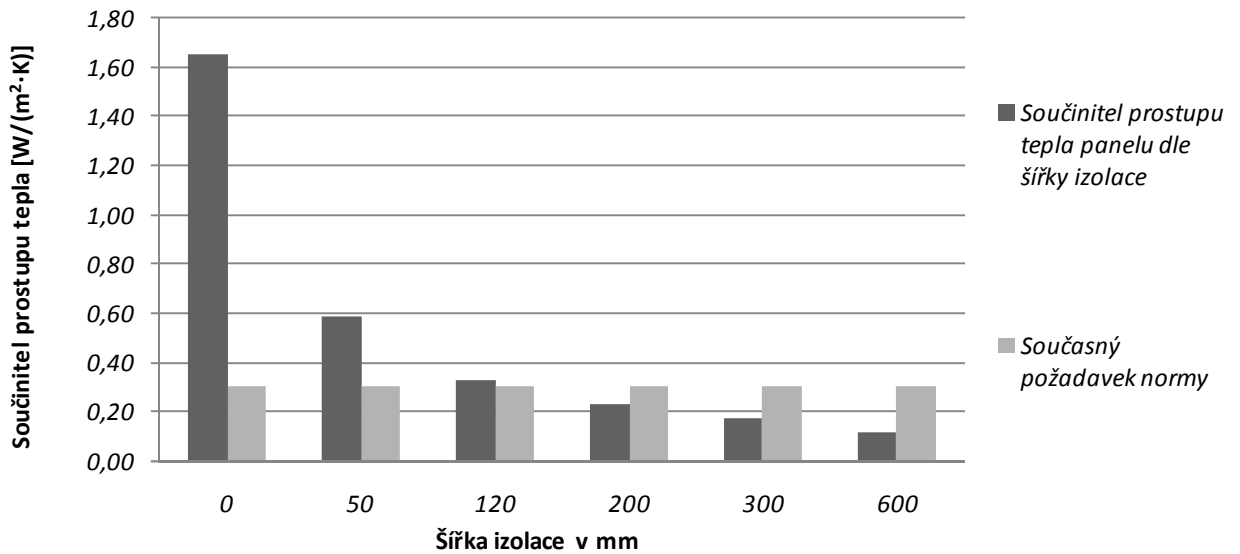
Tab. 20: Skladba zatepleného panelu stavební soustavy T 06 B

5.4.1 Zateplený průčelní panel (používaný před rokem 1977)

Původní průčelní panel před revizí normy vyhoví na součinitel prostupu tepla dle dnešních norem po zateplení izolačním materiálem s danými vlastnostmi z uvedené řady s vrstvou 150 mm (skladba vyhoví i pro vrstvu izolace 135 mm, která ale není v řadě s posuzovanými šířkami izolantu ve výpočtu). Pro dosažení doporučených hodnot součinitele prostupu tepla je potřeba panel zateplit minimálně 180 mm izolantu ($U = 0,24$ W/(m²·K)). Aby konstrukce vykazovala hodnotu na horní hranici doporučeného součinitele prostupu tepla pro pasivní domy, musí mít 275 mm tepelné izolace. Pro spodní hranici pak 500 mm izolantu. Následující graf znázorňuje hodnoty součinitele prostupu tepla pro šířky izolantu 0, 50, 120, 200, 300 a 600 mm na původním panelu a porovnává je s požadavkem současné normy.

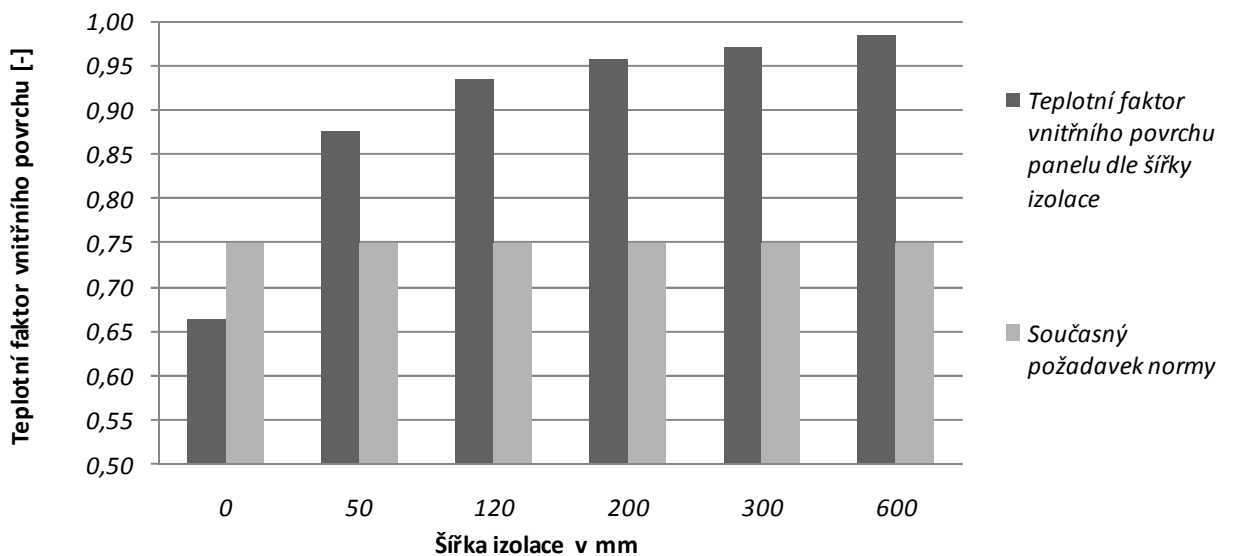
Požadavek normy na součinitel prostupu tepla	Tloušťka dodatečné izolace	
U [W/(m ² ·K)]	[mm]	
Požadovaný	0,30	135
Doporučený	0,25	180
Doporučený pro pasivní domy	0,18	275
	0,12	500

Tab. 21: Tloušťka dodatečné tepelné izolace pro splnění normových požadavků na součinitel prostupu tepla



Graf 6: Součinitel prostupu tepla pro různé šířky izolantu na panelu označeném T 06 B_1

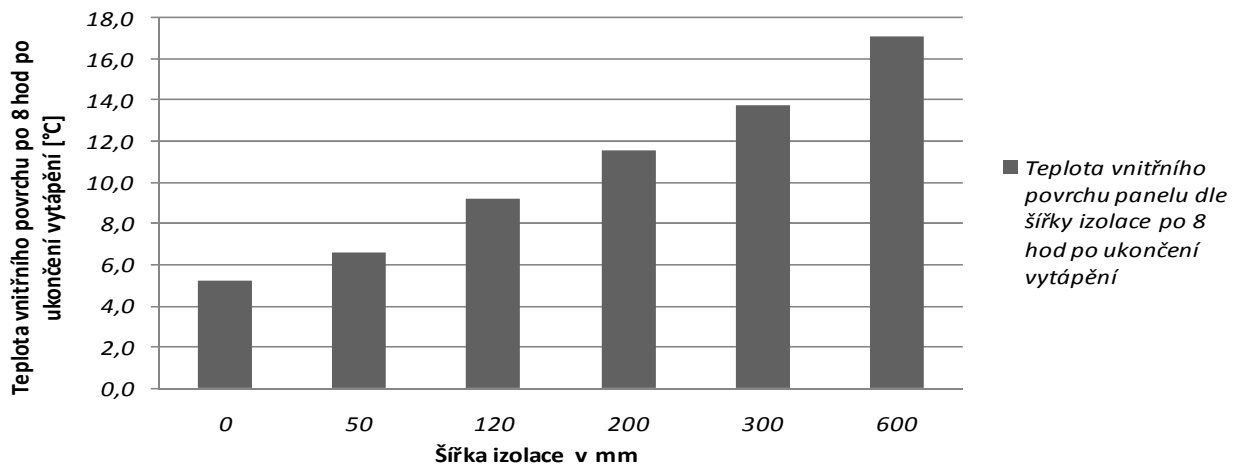
Původní panel nevyhověl na teplotní faktor vnitřního povrchu, ale při použití pouhých 50 mm izolantu je tento požadavek bez problémů splněn. Následující graf porovnává hodnoty teplotního faktoru podle šířky izolace.



Graf 7: Teplotní faktor vnitřního povrchu pro různé šířky izolantu na panelu označeném T 06 B_1

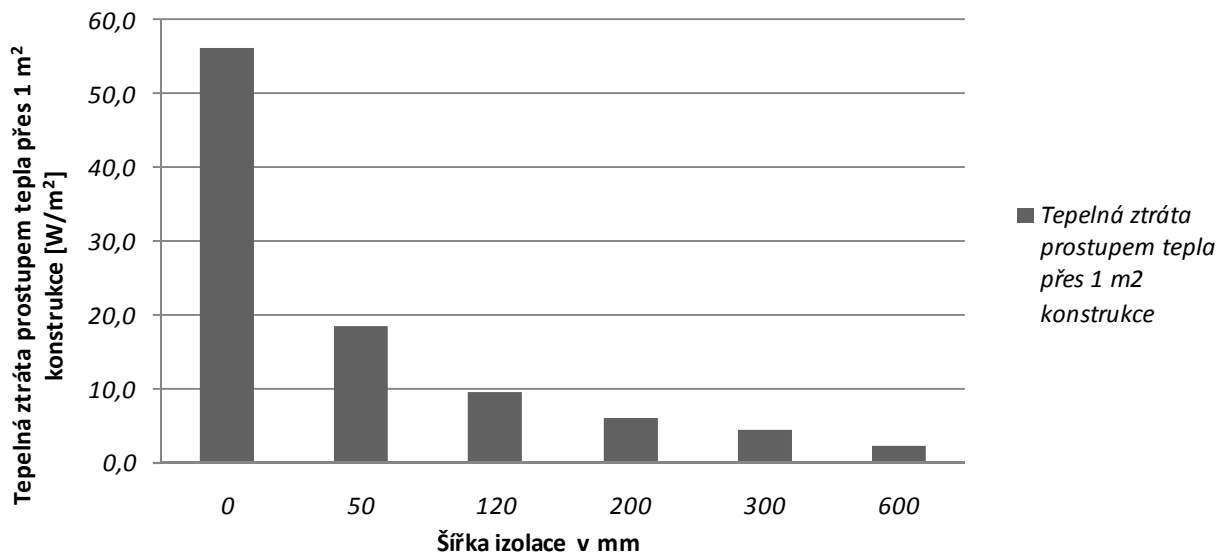
Teplota vnitřního povrchu původního panelu bez zateplení dosahuje po osmi hodinách po ukončení vytápění pouze 5,2 °C. Pro větší tloušťky izolace povrchová teplota pozvolna roste. Pokud bychom měli zajistit, aby v prostoru kde došlo k přerušení vytápění, byla teplota povrchu po osmi hodinách vyšší, než je

nejnižší vnitřní povrchová teplota určena starou normou (teplota pro vytápěný prostor), museli bychom k této konstrukci dodat 350 mm izolantu.



Graf 8: Teplota vnitřního povrchu pro různé šířky izolantu na panelu označeném T 06 B_1 po 8 hodinách po ukončení vytápění

Původní panel bez izolace vykazoval dle výpočtu tepelnou ztrátu prostupem tepla přes 1 m² konstrukce 56,2 W/m². Při tloušťce tepelné izolace 50 mm tato hodnota razantně klesla na 18,4 W/m². Zvětšováním šířky izolace tato hodnota klesá, velikost poklesu tepelné ztráty prostupem se snižuje se zvětšující se tloušťkou izolantu. Tento pokles je popsán exponenciální klesající křivkou.



Graf 9: Tepelná ztráta prostupem tepla pro různé šířky izolantu na panelu označeném T 06 B_1

5.4.2 Zateplený průčelní panel (používaný po roce 1977)

U následujících panelů z této konstrukční soustavy již nebudu uvádět grafy pro porovnání jednotlivých veličin, jelikož jejich průběhy mají podobný charakter jako grafy uvedené u předchozího panelu. Hodnoty veličin pro různé tloušťky izolace těchto panelů jsou uvedeny v příloze D.

K dosažení požadavku na součinitel prostupu tepla dle dnes platných norem musí být tento panel zateplen vrstvou 125 mm izolantu (daných vlastností). Z mnou zvolené řady pak 150 mm izolantu, při které dosáhne součinitel prostupu tepla hodnoty $U = 0,26 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. K splnění podmínek doporučených hodnot součinitele prostupu tepla pak konstrukce potřebuje 160 mm izolantu. Rozmezí doporučených hodnot součinitele prostupu tepla pro pasivní domy odpovídá tloušťkám 250 až 450 mm izolantu.

Původní panel nevyhovoval požadavkům na teplotní faktor vnitřního povrchu, ale při použití 50 mm izolantu na vnější straně již skladba s dostatečnou rezervou vyhoví.

Pokud bychom chtěli dosáhnout povrchové teploty po osmi hodinách po ukončení vytápění vyšší, než jaký byl požadavek na nejnižší povrchovou teplotu, musí být stěna opatřena více než 250 mm izolantu.

Požadavek normy na součinitel prostupu tepla		Tloušťka dodatečné izolace
U [W/(m ² ·K)]		[mm]
Požadovaný	0,30	125
Doporučený	0,25	160
Doporučený pro pasivní domy	0,18	250
	0,12	450

Tab. 22: Tloušťka dodatečné tepelné izolace pro splnění normových požadavků na součinitel prostupu tepla

5.4.3 Zateplený štítový panel (používaný před rokem 1977)

Pro tento panel je potřeba tloušťky izolace o šířce 125 mm, aby vyhověl požadované hodnotě prostupu tepla. Pro splnění doporučených hodnot je potřeba 225 mm izolantu. Pro doporučené hodnoty pro pasivní domy je zapotřebí minimálně 165 mm izolantu. Pro splnění spodní hodnoty doporučené hodnoty prostupu tepla pro pasivní domy musí skladba konstrukce obsahovat 450 mm izolantu.

Původní panel nevyhovuje na teplotní faktor vnitřního povrchu, ale stejně tak jako u předchozích panelů bezpečně na tento požadavek vyhoví již při použití 50 mm izolantu.

Pro splnění požadavku nejnižší vnitřní povrchové teploty je zapotřebí 275 mm izolantu.

Požadavek normy na součinitel prostupu tepla		Tloušťka dodatečné izolace
U [W/(m ² ·K)]		[mm]
Požadovaný	0,30	125
Doporučený	0,25	165
Doporučený pro pasivní domy	0,18	250
	0,12	450

Tab. 23: Tloušťka dodatečné tepelné izolace pro splnění normových požadavků na součinitel prostupu tepla

5.4.4 Zateplený štítový panel (používaný po roce 1977)

Tento panel je ze základních panelů z hlediska tepelné techniky nejlepší. Při použití 120 mm izolace je již dosaženo požadovaných hodnot součinitele prostupu tepla. Pro doporučenou hodnotu je zapotřebí 150 mm izolantu. Rozmezí odpovídající intervalu doporučených hodnot součinitele prostupu tepla odpovídá vrstva izolantu o šířce 250 až 450 mm.

Původní panel bez zateplení vyhovuje na požadovaný teplotní faktor vnitřního povrchu a díky železobetonové vrstvě ve skladbě konstrukce umístěné u vnitřního povrchu také výrazně vzrostla oproti ostatním panelům relaxační doba a minimální povrchová teplota po osmi hodinách po ukončení vytápění je vyšší než nejmenší požadovaná vnitřní povrchová teplota i bez použití dodatečného zateplení. Tepelná ztráta prostupem tepla je však stále vysoká (34,7 W/m²). Již při použití 50 mm izolantu tato hodnota klesne na méně než polovinu. Při umístění 120 mm izolantu ve skladbě konstrukce, což je množství pro splnění požadované hodnoty součinitele prostupu tepla, tato hodnota dokonce klesne na méně než čtvrtinu.

Požadavek normy na součinitel prostupu tepla		TLoušťka dodatečné izolace
U [W/(m ² ·K)]		[mm]
Požadovaný	0,30	120
Doporučený	0,25	150
Doporučený pro pasivní domy	0,18	250
	0,12	450

Tab. 24: Tloušťka dodatečné tepelné izolace pro splnění normových požadavků na součinitel prostupu tepla

5.5 Termovizní měření

Termogramy k nahlédnutí jsou v této práci umístěny v příloze B. Při srovnání termogramů konstrukčního systému T 06 B před a po zateplení je viditelný velký rozdíl. Konstrukce před zateplením „svítí“ což indikuje vyšší povrchové teploty tím pádem i větší úniky tepla. Na snímku před zateplením je viditelná zvýšená teplota povrchu konstrukce v ostění okenních otvorů a ve spojích jednotlivých panelů. Nejvýraznější ztráty ve spojích panelů jsou ve spojích obvodového průčelního panelu s dilatační stěnou mezi dvěma sekcemi. Značný tepelný most je také viditelný ve spoji stropních a obvodových panelů.

Na termogramu po zateplení konstrukce můžeme vidět znatelné zlepšení vnější povrchové teploty v ploše konstrukce. Tepelné mosty ve spojích panelů byly zcela odstraněny. Výrazným tepelným mostem na tomto snímku se jeví pouze ostění okenního otvoru. Na tomto snímku jsou ještě viditelné bodové tepelné mosty způsobené kotvením izolantu.

5.6 Vady a poruchy obvodového pláště

Keramzitbetonové štítové i průčelní panely bývají často zasaženy karbonací betonu, která podstatně omezuje životnost betonových konstrukcí. Karbonatace vzniká působením vzdušné vlhkosti na povrch betonové konstrukce. Pronikáním oxidu uhličitého a vodní páry do betonu klesá hodnota pH betonu. To je způsobeno vznikem neutralizačních reakcí vzniklých pronikáním plynného oxidu uhličitého do konstrukce. Snižováním hodnoty pH betonu se snižuje ochrana výztuže a vzniká příznivější prostředí pro vznik její koroze. V silně alkalickém prostředí betonu tvoří ochrannou vrstvu výztuže oxidy a hydroxidy železa, které stále vznikají na povrchu výztuže. Tato vrstva velice brzdí průběh koroze. Při

snížování hodnoty pH (snížení alkality) se ochranné vrstvy na výztuži stávají málo stálými a pórovitými. Pokles hodnoty pH pod 9 má za následek rozpuštění těchto vrstev, což vede za přítomnosti vlhkosti a kyslíku k intenzivní korozi⁸¹. Karbonatace betonu probíhá ve čtyřech fázích, které se liší probíhajícími neutralizačními reakcemi v betonu. To znamená, že fázi můžeme určit podle hodnoty pH. Koroze výztuže postupuje při karbonataci betonu rychleji, než rozrušování betonu. Konstrukce většinou přestane plnit svoji funkci vlivem koroze výztuže, nikoli rozpadem betonu dříve, než dojde ke čtvrté fázi karbonatace. Koroze výztuže v betonu probíhá při snížení hodnoty pH pod 11,5 nebo při zvýšení hodnoty pH nad 13,8⁸².

5.6.1 Štítové stěny

Mezi projektové vady štítových panelů konstrukční soustavy T 06 B patří chybějící příčná výztuž v patě štítových panelů, chybějící konstrukční výztuž při obvodu štítových panelů ze slabě vyztuženého keramzitbetonu a nedostatečný tepelný odpor konstrukce, který vede k nadměrné spotřebě energie na vytápění objektů. Nedostatečně je také řešena problematika tepelných mostů v místě uložení stropních panelů na štítové stěny⁸³. Nevhodně řešení bylo také použito pro styky mezi štítovými a podélnými ztužujícími stěnami. To vede k namáhání těchto styků vlivem objemových změn štítových panelů způsobených změnou teploty a společně s rozdílným modulem pružnosti materiálů štítových a podélných stěn, které mají za následek jejich rozdílné dotlačení vlivem působícího zatížení, způsobují trhliny ve stycích mezi podélnými a štítovými panely. Šířky těchto trhlin se zvětšují směrem k vrchním podlažím⁸⁴.

Mezi montážní vady štítových stěn patří především nedostatečné vzájemné propojení jednotlivých panelů, nedodržení montážních tolerancí, nedostatečné podmaltování dílců a použití nevhodných tmelů ve spárách mezi dílci. Při výrobě byl použit nevhodný postup výroby panelů (délka doby vibrování, způsob propařování), docházelo k nedodržení výrobních tolerancí a bylo použito

⁸¹ Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR (2003, 95).

⁸² Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR (2003, 96).

⁸³ Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR (2003, 80).

⁸⁴ Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR (2003, 92).

nevhodných povrchových úprav, které nedostatečně odolávaly působení povětrnostních podmínek a vývoji karbonatace⁸⁵.

5.6.2 Stěny průčelí

Průčelní stěny obvodového pláště ZČKMV vykazují následné projektové vady. Štítové stěny vykazují nedostatečný tepelný odpor, který má vliv na spotřebu energie na vytápění. Styky mezi nenosným obvodovým pláštěm a nosnou konstrukcí objektu neumožňují dostatečné dilatační pohyby v rovině obvodového pláště. Tyto pohyby vznikají cyklickými objemovými změnami vzniklými vlivem teplotních změn obvodového pláště⁸⁶. Tato vada se projevuje svislými trhlinami ve stycích mezi obvodovým dílcem a vnitřními stěnovými dílci. Projevuje se také vodorovnými trhlinami mezi obvodovým pláštěm a stropní konstrukcí. Šířka trhlin se zvětšuje směrem k vrchním podlažím a k okrajům objektu. Trhliny dosahují šířky několika milimetrů. Trhliny se vyskytují i mezi jednotlivými panely obvodového pláště. Důsledkem této vady je zatékání vlhkosti do panelů, které vede ke zhoršení vlastností panelů, zvýšenému riziku koroze kotevní výztuže mezi panely obvodovými, stěnovými a stropními. Vlivem těchto trhlin může dojít i ke znehodnocení vnitřních povrchových úprav a tvorbě plísní v interiéru⁸⁷. Stejně důsledky má i vznik trhlin na površích obvodových pláštů. Tyto trhliny vznikají vlivem nevhodných vlastností a nedostatečnou odolností materiálů povrchové úpravy proti působení klimatických účinků a agresivních vlivů okolního prostředí. Důsledkem těchto vad bývá rozpad a odlupování povrchových úprav panelů, vznik a rozvoj trhlin spojené se zatékáním vlhkosti do panelů, které napomáhá vzniku koroze výztuže, vzniku plísní a zhoršení tepelných vlastností obvodových pláštů⁸⁸.

Kromě výrobních a montážních vad, které se vyskytují u štítových panelů (vyjma nedostatečného spojení jednotlivých dílců a nedostatečné podmaltování dílců) se u průčelních stěn vyskytují ještě další vady. Jednou z nich je odchylka dílců od svislé roviny v jednotlivých podlažích, která vede k nesymetrickému

⁸⁵ Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR (2003, 82).

⁸⁶ Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR (2003, 80).

⁸⁷ Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR (2003, 93).

⁸⁸ Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR (2003, 94).

zatížení konstrukce. Vadou také je absence krycích lišt v místech dilatačních spár⁸⁹.

5.7 Doporučené řešení úprav obvodového pláště

Před zahájením prací na obvodovém plášti je zapotřebí postupovat v duchu komplexní rekonstrukce. Je důležité vyměnit výplně otvorů za kvalitnější z hlediska tepelné techniky. Před zateplením obvodového pláště je možné využít trubkového lešení potřebného k provedení zateplení i ke statické sanaci dílců obvodového pláště. Statické sanace je důležité nezanedbávat. Umístěním vnějšího zateplovacího systému dochází k zakrytí poruch a jejich změna či detekce se výrazně komplikuje a prodražuje. Mezi statické sanace patří i odstranění karbonatace keramzitbetonových panelů. Ta závisí na fázi průběhu karbonatace. Pokud je karbonatace v málo pokročilém stádiu, hodnota pH betonu u výztuže není nižší než 11,5, postačí odstranění povrchové úpravy a narušeného a uvolněného betonu mechanicky nebo otryskáním tlakovým vzduchem či vodním paprskem. Po odstranění částí betonu následuje jeho nahrazení speciální neprofilační maltou. Při velmi pokročilém stádiu karbonatace je zapotřebí odstranit povrchovou úpravu a veškerý zkarbonatovaný a narušený beton. Při obnažení výztuže je nutné odstranit beton minimálně do vzdálenosti 20 mm od prutů výztuže a výztuž poté mechanicky očistit od rzi až na kov. Při velkém napadení výztuže je nutné posoudit, zda není ohrožena nosnost prvku. Po očištění výztuže následuje její ošetření nátěrem s pasivačním účinkem. Celá ošetřovaná plocha se opatří nátěrem, který vytvoří adhezní kontaktní můstek. Chybějící objem betonu se opět nahradí neprofilační maltou s kompenzovaným smršťováním. Po vyschnutí se povrch opatří dvousložkovou maltou a vyhladí se do ztracena. Poslední sanační úpravou by mělo být vyspravení spár mezi jednotlivými panely obvodového pláště.

K zateplení obvodových plášťů doporučuji využít vnějších kontaktních zateplovacích systémů. Díky vnější izolaci konstrukce dosahuje lepších výsledků z hlediska kondenzace vodní páry, relaxační doby a také nejnižší vnitřní povrchové teploty (teplotní faktor vnitřního povrchu). Při realizaci zateplení je nutné klást důraz na kvalitu provedení, dodržení technologií a užití systémového řešení. Po dokončení tepelné izolace je také důležité vyvarovat se chyb, které

⁸⁹ Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR (2003, 82).

v systému byly před zateplením. U této stavební soustavy mám na mysli správné vyřešení detailu dilatační spáry a její krycí lišty.

Co se týče šířky izolantu, je pro splnění požadované hodnoty součinitele prostupu tepla nutné použít izolaci šířky 135 mm pro původní obvodový plášť používaný před rokem 1977 a 125 mm pro obvodový plášť po roce 1977. Pro splnění doporučených hodnot je zapotřebí 180 mm izolantu pro první případ a 160 mm pro případ druhý. Doporučených hodnot součinitele prostupu tepla pro pasivní domy bude dosaženo použitím 275 až 500 mm izolantu pro plášť před rokem 1977 a 250 až 450 mm izolantu pro obvodový plášť po roce 1977.

Dle mého názoru tvoří dostatečnou tepelnou izolaci všech panelů použitých v obvodovém plášti stavební soustavy T 06 B vrstva 250 mm izolantu. Pro štítový panel použitý po roce 1977 postačuje tloušťka izolantu 220 mm. Při požadavku na větší zateplení se není čeho obávat do tloušťky izolace 300 mm. Pro izolaci o větší mocnosti jsou kladeny velké požadavky na kotvicí prvky zateplovacího systému a jejich posouzení doporučuji učinit pro jednotlivé objekty dle větrné oblasti, výšky objektu, druhu izolace, stavu konstrukce a povrchové úpravy, do které je izolant kotven. Pro tloušťky izolací při spodní hranici doporučeného součinitele prostupu tepla pro pasivní domy běžné kotevní prvky nevyhovují a kotvení takové šířky izolace se stává problematické.

Pro určení nejvýhodnější šířky izolace z hlediska ekonomického by bylo zapotřebí spočítat dobu návratnosti pro jednotlivé provedené revitalizace a zvolit tu s nejkratší dobou návratnosti.

6 Stavební soustava PS 61

V Plzni byla konstrukční soustava PS 61 používána od roku 1961 a navazuje na předchozí soustavy T16 a T 03 B. Konstrukční systém převzal spousta prvků z uvedených konstrukčních soustav.

6.1 Schéma soustavy

Schéma panelové soustavy PS 61 je k nahlédnutí v části Příloha A - Schémata panelových soustav. V příloze F naleznete detaily spojů této stavební soustavy.

V příloze, mimo vazbu v kapse desek, jsou umístěny kopie původních výkresů soustavy PS 61. Soupis a informace o výkresech jsou v příloze E.

6.2 Technické podklady

Stavební soustava PS 61 má příčný konstrukční systém o osové vzdálenosti příčných nosných prvků 3 850 mm. Tj. modul 3 850 mm. Při použití dutinových stopních panelů ze stavební soustavy T 16 je konstrukční výška podlaží 2 750 mm případně 2730 mm při použití plných stropních panelů. Světla výška podlaží je 2 550 mm⁹⁰. Systém PS 61 byl využíván pro 4, 6 a 7 podlažní objekty⁹¹.

Typ konstrukce	Tloušťka konstrukce [mm]	Skladebná šířka [mm]	Materiál	Poznámka
Strop	140		dutinové	z T 16
	140	2390, 1790, 590	ŽB lehčené B 250	
	120	2390, 1790, 590	plné B 250	po 1963
Stěny příčné	250		Š 80 a Š 105	
Dělicí příčky			Zděné	
	60		B 170	
Štít	385		Š 80 a Š 105	
Obvodový plášť	250		Š 80 a Š 105	

Tab. 25: Výpis základních prvků stavební soustavy PS 61

⁹⁰ Vejvara, L.

⁹¹ Hapl, L. (1998).

6.2.1 Založení soustavy

Pro soustavu PS 61 byly navrženy základové konstrukce z monolitických pasů z prostého betonu B 105 pod příčnými a obvodovými stěnami. Dovolené namáhání základové spáry bylo stanoveno 2 kg/cm^2 z čehož byly určeny rozměry základových pasů⁹².

Počet podlaží	Pod konstrukcí	Šířka základu [mm]	Hloubka základu [mm]
4	Vnitřní stěna	965	400
	Vnější stěna	855	400
6	Vnitřní stěna	1 265	600
	Vnější stěna	1 065	600
7	Vnitřní stěna	1 465	700
	Vnější stěna	1 165	700

Tab. 26: Rozměry monolitických základových pasů dle typu konstrukce a počtu nadzemních podlaží pro s.s. PS 61

6.2.2 Stropní panely

Stropy byly prováděny jako montované z prefabrikátů na světlou délku 3 600 mm při modulu 3 850 mm. Používali se dutinové stropní panely převzaté z konstrukční soustavy T 16, železobetonové lehčené stropní panely tloušťky 140 mm ve skladebných šířkách 2 390, 1 790 a 590 mm o jednotné délce 3 790 mm. Na výrobu panelů použit beton B 250. V roce 1963 navrženy pro soustavu PS61 také plně stropní panely tlusté 120 mm⁹³.

Vzájemná spojení stropních panelů nad příčnými stěnami bylo provedeno rádlváním profilem 4 mm a betonovou zálivkou B 170 v příčném i podélném směru.

Šířka podlah u stavební soustavy PS 61 činí 60 mm⁹⁴. V kuchyních jsou podlahy z xylolitových dlaždic, na lodžích, v předsíních, koupelnách a WC byly použity dlažby z teracových dlaždic. V ostatních bytových prostorách se prováděli podlahy vlysové⁹⁵.

⁹² Hapl, L. (1998).

⁹³ Hapl, L. (1998).

⁹⁴ Vejvara, L.

⁹⁵ Hapl, L. (1998).

6.2.3 Stěnové panely

Svislé konstrukce podzemních podlaží nebo technického a montážního podlaží bylo provedeno z monolitického betonu či z betonových bloků osazených do cementové malty. Nosné příčné zdi ve vyšších patrech byly provedeny jako celostěnové škvárobetonové panely o tloušťce 250 mm. Pro výrobu panelů bylo užito škvárobetonu Š 80 a Š 105. Spojení jednotlivých panelů zajištěno zálivkou z malty M100 pro Š 105 a M50 pro Š 80. Příčky byly původně zděné a později byly nahrazeny betonovými příčkami z dílců tloušťky 60 mm z betonu B 170⁹⁶.

6.2.4 Štítové panely

Štítové stěny jsou celostěnové ze škvárobetonových panelů tloušťky 385 mm. I tyto panely jsou ze škvárobetonu Š 105 a Š 80⁹⁷.

Označení: PS 61_2
Typ konstrukce: Štítová stěna, 385 mm

j-tá vrstva*	Materiál	Tloušťka	Hustota	Souč. tep. vodivosti	Tepelný odpor
		d_j [mm]	ρ_j [kg/m ³]	λ_j [W/(m·K)]	R_j [m ² ·K/W]
1	Škvárobeton	385	1200	0,650	0,592

Tab. 27: Skladba štítového panelu PS 61

6.2.5 Obvodový plášť

Obvodový plášť je složen ze celostěnových škvárobetonových panelů s tloušťkou 250 mm⁹⁸. Pro vzájemné spojení mezi panely byly prováděny zálivky. Obvodový plášť zajišťuje u tohoto konstrukčního systému ztužení v podélném směru. V příčném směru pak jako náhrada za věnec slouží svaření 1 profilu III A 8, který probíhá při horním povrchu panelu⁹⁹.

⁹⁶ Hapl, L. (1998).

⁹⁷ Hapl, L. (1998).

⁹⁸ Vejvara, L.

⁹⁹ Hapl, L. (1998).

Označení: PS 61_1
 Typ konstrukce: **Obvodová stěna - průčelí, 250 mm**

j-tá vrstva*	Materiál	Tloušťka	Hustota	Souč. tep. vodivosti	Tepelný odpor
		d_j [mm]	ρ_j [kg/m ³]	λ_j [W/(m·K)]	R_j [m ² ·K/W]
1	Škvárobeton	250	1200	0,650	0,385

Tab. 28: Skladba průčelního panelu PS 61

6.2.6 Střešní konstrukce

Pro konstrukční systém PS 61 byly navrženy ploché jednoplášťové střechy v různých sestavách. Příklady skladeb střešních konstrukcí znázorňuje následující tabulka¹⁰⁰.

Jednoplášťové střechy			
Skladba 1	[mm]	Skladba 2	[mm]
Vodotěsná krytina		4x pomocný asfaltový nátěr	
Cementový potěr	10	6x filerový asfaltový nátěr	
Cementový potěr s rabszovím pletivem	30	2x lepenka A500 + verisol /ASP/ + 1x T500	
Lepenka A 500		Penetrační nátěr	
Dusaná škvára	130 - 280	Cementový potěr	20
Parotěsná zábrana		Penobetonové desky	80
Stropní konstrukce	140	Spádový škvárobeton	20 - 220
		Parotěsná zábrana	
		Stropní konstrukce	140

Tab. 29: Příklady skladeb jednoplášťových střech PS 61¹⁰¹

6.3 Posouzení původního obvodového pláště

Plášť objektu je složen ze štítových a průčelních panelů. Jejich označení a hodnoty veličin vypočtených programem nalezneme v následujících tabulkách.

Č.	Označení	Typ	Šířka (bez povrch. uprav) [mm]	Dodatečná izolace [mm]	Poznámka
1	PS 61_1	Průčelí	250	-	původní panel
16	PS 61_2	Štít	385	-	původní panel

Tab. 30: Označení jednotlivých panelů PS 61

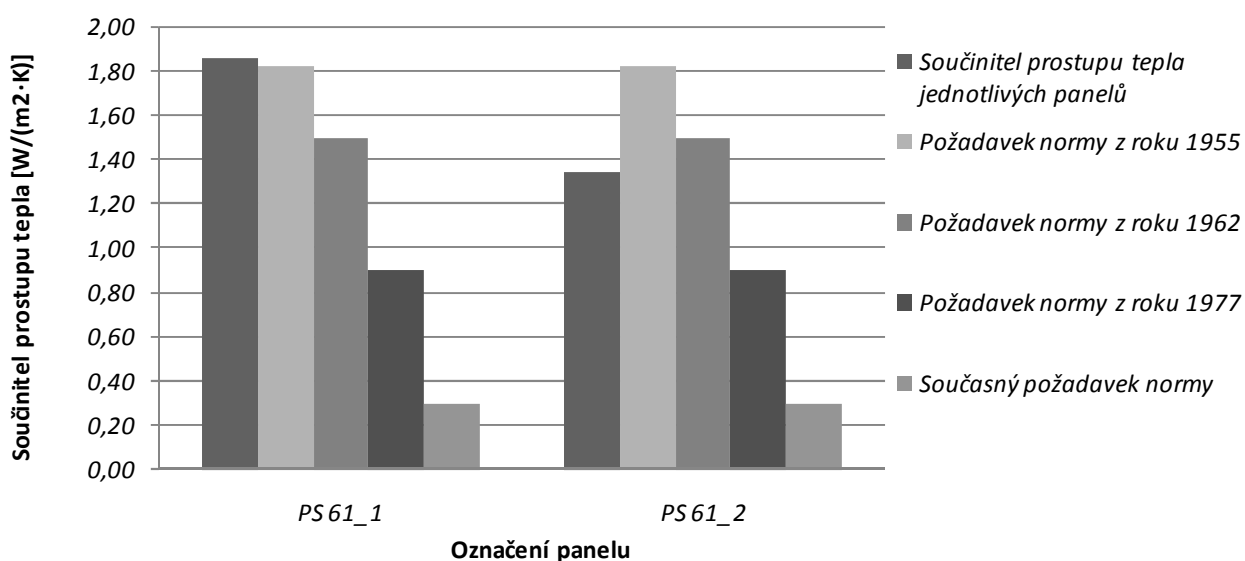
¹⁰⁰ Hapl, L. (1998).

¹⁰¹ Původní technická dokumentace ke stavební soustavě PS 61.

Č.	Součinitel prostupu tepla	V/N	Teplotní faktor vnitřního povrchu	V/N	Kondenzace vodní páry	V/N	Relaxační dobu	Teplota vnitřního povrchu po 8 h	Tepelná ztráta prostupem přes 1 m ² konstrukce
	U [W/(m ² ·K)]		f _{Rsi} [-]		Mc [kg/m ² ·a]		τ ₀ [h]	θ _{i,1} [°C]	Φ _{T,ie} [W/m ²]
1	1,86	N	0,629	N	0	V	13,3	-1,1	63,1
16	1,35	N	0,717	N	0	V	31,5	11,1	45,9

Tab. 31: Výsledky nezateplených obvodových panelů PS 61

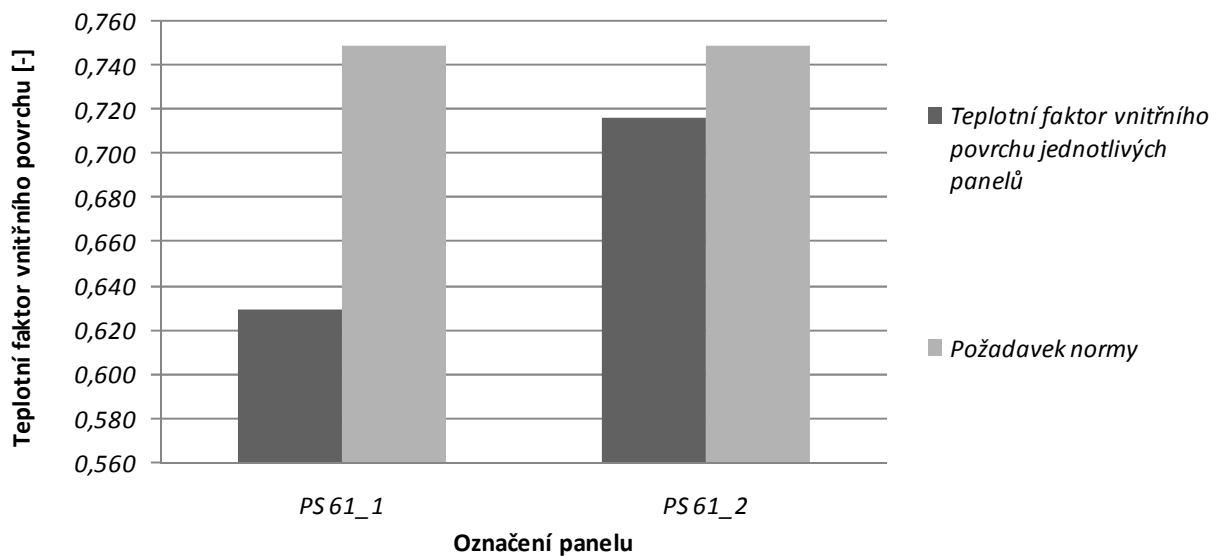
V následujícím grafu jsou porovnány součinitele prostupu tepla jednotlivých panelů s požadavky již neplatných norem tak i s požadavky dnes platnými.



Graf 10: Porovnání součinitelů prostupu tepla obvodových panelů stavební soustavy PS 61

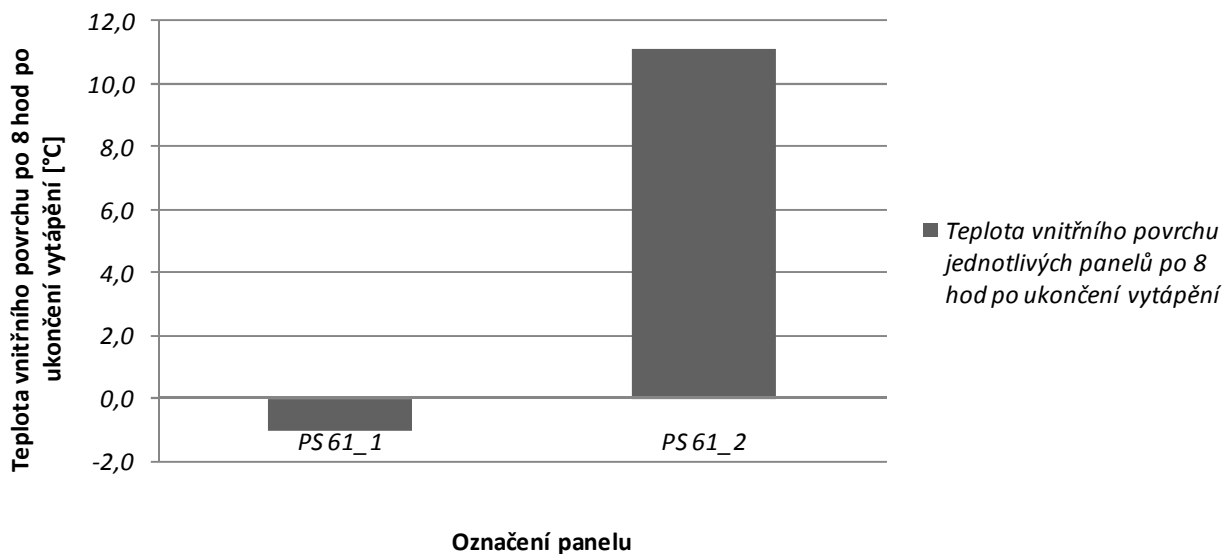
Stavební soustava má své počátky v roce 1961, tedy v době platnosti normy z roku 1955. Z porovnání vyplývá, že původní průčelní panel nevyhovoval požadavkům tehdy platné normy. Nutno opět ale podotknout, že hodnoty byly stanoveny dle dnes platných norem. Hodnoty součinitele prostupu tepla se liší především o zvýšení součinitele prostupu tepla vlivem tepelných mostů, po jehož odečtení by hodnota součinitele prostupu tepla normu splňovala. Hned následující rok vstoupila v platnost nová norma s přísnějšími požadavky, kterou tento panel ani po odečtení zvýšení součinitele prostupu tepla vlivem tepelných mostů nespĺňuje. Štítový panel dosahuje hodnot součinitele prostupu tepla, které splňují požadavky normy platné od roku 1962.

Ani jeden z panelů nevyhovuje na teplotní faktor vnitřního povrchu. Tento požadavek je splněn při použití 50 mm izolantu z vnější strany panelů. Nejnižší vnitřní povrchová teplota konstrukce vypočtena podle neplatné ČSN 73 0540 z roku 1994 je pro průčelní panel pouze 7,66 °C a pro panel štítový 10,80 °C. Požadavkem této normy bylo dosažení minimální teploty 14,1 °C. Povrchová teplota těchto panelů je velmi malá a to může vést ke vzniku růstu plísní na vnitřním povrchu konstrukce.

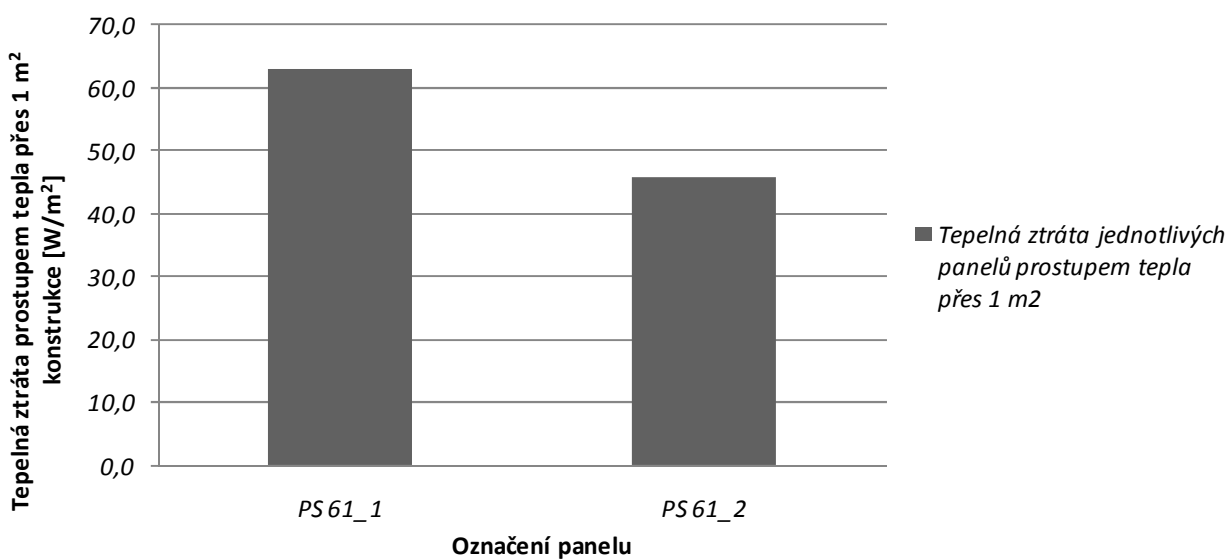


Graf 11: Porovnání teplotního faktoru vnitřního povrchu původních obvodových plášťů stavební soustavy PS 61

Relaxační doba konstrukce průčelního panelu je 13,3 hodiny. Tato hodnota není vyhovující, jelikož po 8 hodinách po ukončení vytápění dosahuje teplota vnitřního povrchu panelu dokonce -1,1 °C. To znamená, že konstrukce a objekty v její blízkosti promrzají. Štítový panel je z tohoto pohledu na tom výrazně lépe. S relaxační dobou 31,5 dosahuje vnitřní povrchová teplota po 8 hodinách po ukončení vytápění 11,1 °C. Tato hodnota je stále nižší, než hodnota nejnižší vnitřní povrchové teploty dle staré normy, ale je výrazně vyšší než teplota průčelního panelu. Tepelná ztráta prostupem tepla vztažená na 1 m² konstrukce je pro průčelní panel 63,1 W/m² a 45,9 W/m². Tyto hodnoty jsou vysoké a způsobují neekonomický provoz objektu z hlediska vytápění.



Graf 12: Porovnání teplot vnitřního povrchu původních obvodových panelů stavební soustavy PS 61 po 8 hodinách po ukončení vytápění



Graf 13: Porovnání tepelných ztrát prostupem tepla původních obvodových panelů stavební soustavy PS 61

6.4 Posouzení zateplených plášťů

Původní panely bez zateplení byly ve výpočtovém programu doplněny tepelnou izolací z polystyrenu EPS s hodnotou součinitele tepelné vodivosti $\lambda = 0,039 \text{ W/(m K)}$ postupně ve vrstvách 50, 80, 120, 150, 180, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600 a 800 mm z exteriérové strany konstrukce. Celkem vznikl

soubor 30-ti posouzených obvodových panelů. Výsledky tohoto souboru jsou k nahlédnutí v Příloze D Výsledky posouzení OP, konkrétně pro tento konstrukční systém v části D.2 PS 61. Skladba dodatečného zateplení je totožná jako u stavební soustavy T 06 B.

Materiál	Tloušťka	Hustota	Souč. tep. vodivosti	Tepelný odpor
	d_j [mm]	ρ_j [kg/m ³]	λ_j [W/(m·K)]	R_j [m ² ·K/W]
Penetrační nátěr	0	0	0,000	0,000
Lepící tmel	4	1300	0,900	0,004
Polystyren EPS	50	30	0,039	1,282
Lepící tmel s rohoží	4	1300	0,900	0,004
Penetrační nátěr	0	0	0,000	0,000
Silikátová omítka	2	1650	0,800	0,003

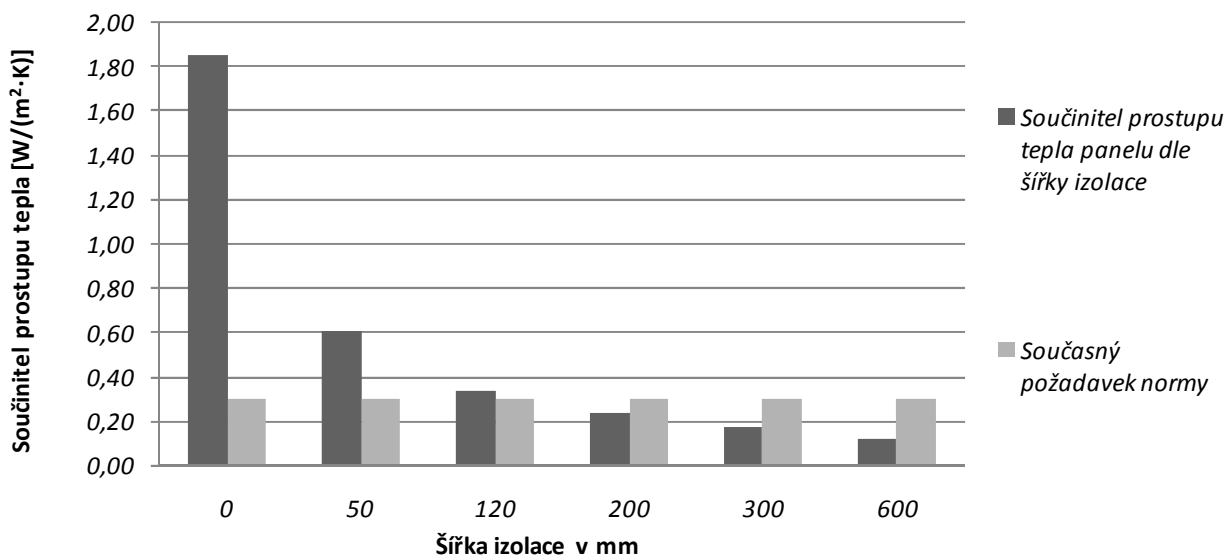
Graf 14: Skladba dodatečného zateplení

6.4.1 Zateplený průčelní panel

Splnění požadovaných hodnot součinitele prostupu tepla dle dnes platné normy je zapotřebí 140 mm izolantu. Pro doporučené hodnoty pak 180 mm a pro doporučené hodnoty pro pasivní domy rozmezí od 300 do 530 mm.

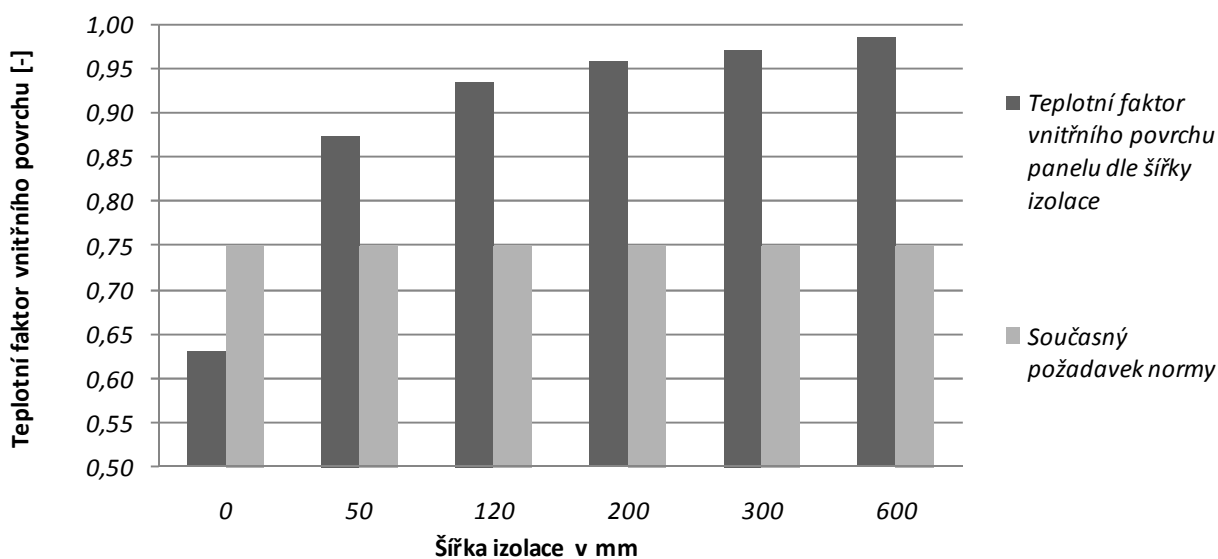
Požadavek normy na součinitel prostupu tepla		Tloušťka dodatečné izolace
U [W/(m ² ·K)]		[mm]
Požadovaný	0,30	140
Doporučený	0,25	180
Doporučený pro pasivní domy	0,18	300
	0,12	530

Tab. 32: Tloušťka dodatečné tepelné izolace pro splnění normových požadavků na součinitel prostupu tepla



Graf 15: Součinitel prostupu tepla pro různé šířky izolantu na panelu s označením PS 61_1

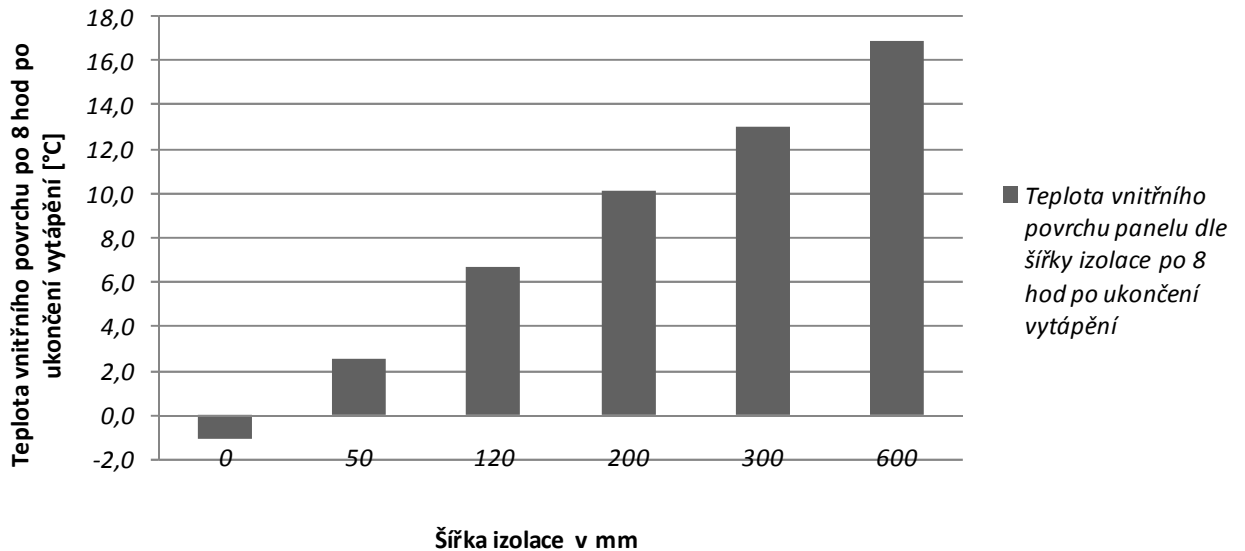
Původní panel nevyhověl na teplotní faktor vnitřního povrchu, ale při použití pouhých 50 mm izolantu je tento požadavek bez problémů splněn. Následující graf porovnává hodnoty teplotního faktoru podle šířky izolace.



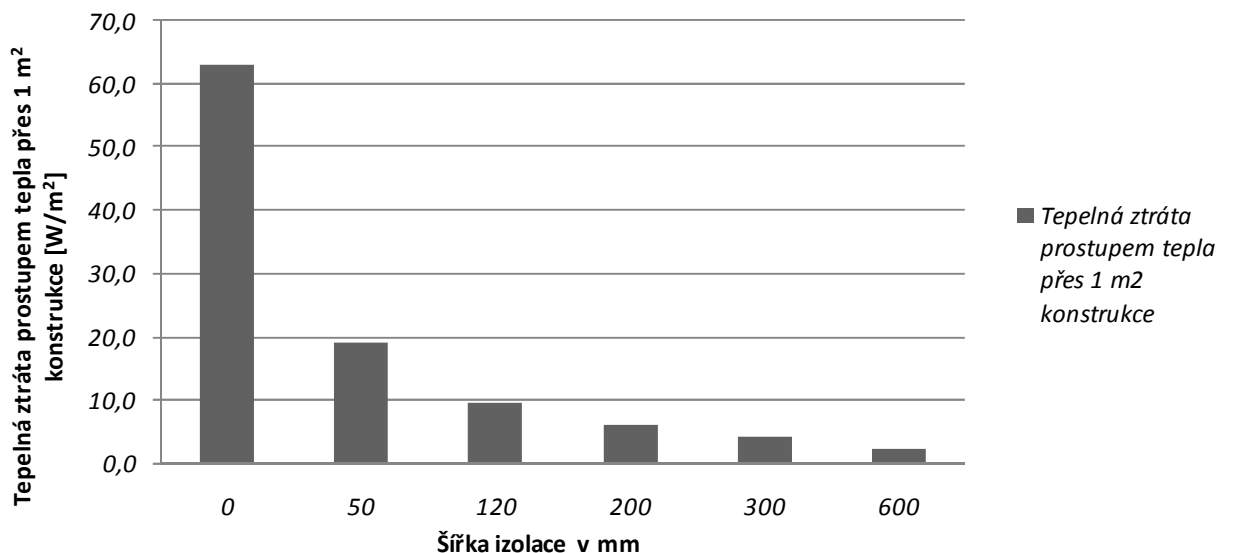
Graf 16: Teplotní faktor vnitřního povrchu pro různé šířky izolantu na panelu PS 61_1

V průřelním panelu nedochází ke kondenzaci vodní páry. Vzhledem ke krátké relaxační době původního panelu a malé schopnosti škvárobetonu absorbovat tepelnou energii relaxační doba a povrchová teplota roste při použití izolantu pomalým tempem. K dosažení požadované nejnižší povrchové teploty dle

staré normy po osmi hodinách po ukončení vytápění, je zapotřebí více jak 350 mm izolace. Razantně se použití již 50 mm izolace projevuje na hodnotě tepelné ztráty prostupem, která klesla o více než 60 %. Při použití 200 mm izolace tato hodnota klesne na 10 % původní hodnoty.



Graf 17: Teplota vnitřního povrchu pro různé šířky izolantu na panelu označením PS 61_1 po 8 hodinách po ukončení vytápění



Graf 18: Tepelná ztráta prostupem tepla pro různé šířky izolantu na panelu označeném PS 61_1

6.4.2 Zateplený štítový panel

U následujících panelů z této konstrukční soustavy již nebudu uvádět grafy pro porovnání jednotlivých veličin, jelikož jejich průběhy mají podobný charakter jako grafy uvedené u předchozího panelu.

Pro splnění normativních požadavků dle ČSN 73 0540 je zapotřebí použití 120 mm izolantu. Tím je dosaženo požadované hodnoty součinitele prostupu tepla. Chceme-li splnit doporučené požadavky je zapotřebí 155 mm izolantu. Použití 235 mm pak odpovídá vrchní hranici doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla pro pasivní domy. Ke splnění spodní hranice je zapotřebí 410 mm izolantu.

Požadavek normy na součinitel prostupu tepla		Tloušťka dodatečné izolace
U [W/(m ² ·K)]		[mm]
Požadovaný	0,30	120
Doporučený	0,25	155
Doporučený pro pasivní domy	0,18	235
	0,12	410

Tab. 33: *Tloušťka dodatečné tepelné izolace pro splnění normových požadavků na součinitel prostupu tepla*

V tomto panelu nedochází ke kondenzaci vodních par. Teplotní faktor vnitřního povrchu je splněn při použití 50 mm izolantu. Díky větší tloušťce škvárobetonu vykazuje štítový panel oproti průčelnímu panelu lepší hodnoty relaxační doby, vnitřní povrchové teploty a tepelné ztráty prostupem. Pro dosažení nejnižší požadované teploty vnitřního povrchu i po osmi hodinách po ukončení vytápění je zapotřebí více než 200 mm izolantu. Tepelná ztráta prostupem tohoto panelu je 45,9 W/m². Při použití tloušťky izolantu pro splnění požadovaných hodnot součinitele prostupu tepla tato hodnota klesne více jak 5 krát.

6.5 Termovizní měření

Termogram stavební soustavy PS 61 je k nahlédnutí v příloze B. Snímek průčelí stavební soustavy PS 61 před zateplením vykazuje velké tepelné mosty ve svislých spárách panelů. Ty jsou způsobeny průnikem nosných příčných stěn obvodovým pláštěm. Velké tepelné mosty také vykazují spoje obvodového pláště

se stropním panelem. Nezanedbatelné tepelné mosty také figurují v ostění okenních otvorů.

6.6 Vady a poruchy obvodového pláště

Největší vadou stavební soustavy PS 61 je absence podélných ztužujících stěn. To způsobuje nedostatečnou tuhost celé konstrukce. Vlivem chybějících ztužujících stěn tuto úlohu částečně přebírají vnitřní dělicí příčky a obvodový plášť. Ty ale nebyly navrženy na takové namáhání a tak dochází k jejich nadměrnému zatížení a následně k poruchám. Styky mezi nenosným obvodovým pláštěm a nosnou konstrukcí jsou navrženy tak, že neumožňují dilatační pohyby v rovině obvodového pláště vzniklé v důsledku zatížení rozdílnou teplotou. K této vadě také negativně přispívá velké dotvarování nestejnorožého škvárobetonu. Nepříznivý poměr vysoké tuhosti a nízké únosnosti těchto styků jsou příčinou jejich poruch¹⁰².

Vlivem cyklického střídání teplot obvodového pláště dochází k trhlinám v obvodovém plášti a mezi pláštěm a nosnou konstrukcí. Tyto trhliny se zvětšují směrem k vyšším podlažím. To je způsobeno součtem posunů obvodového pláště po jednotlivých patrech. Obvodový plášť má tendenci v letním období stoupat vzhůru. Čím vyšší je teplota konstrukce, tím dochází k větším posuvům. Výrazným tepelným mostem v konstrukci obvodového pláště je předstoupení nosných stěn přes průčelí objektu. Vlivem smršťování a roztahování panelů dochází v tomto místě k rozvoji trhlin, které způsobují zatékání do konstrukce a snižují její životnost. U tohoto systému se často projevuje nedokonalost spojů mezi jednotlivými panely, které jsou opatřené pouze promaltováním. To je však často provedeno v nedostatečné míře a tak ještě přispívá k již tak nedokonalému přenášení smykového zatížení mezi panely.

6.7 Doporučené řešení úprav obvodového pláště

Chceme-li při jakékoliv rekonstrukci, aby byla účinná a cenově nejvýhodnější je zapotřebí postupovat v duchu komplexní rekonstrukce. Před zahájením prací na obvodovém plášti je nutné zkontrolovat stav obvodových panelů, zda nejsou rozrušeny trhlinami, karbonatácí nebo vegetací. Při výskytu těchto neduhů je zapotřebí vyhodnotit míru poškození jednotlivých částí a přikročit

¹⁰² Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR (2000a).

k jejich odstranění. U spojů jednotlivých panelů hledáme trhliny či jiné narušení zálivky.

Soustava PS 61 trpí velkým množstvím vad a poruch obvodových plášťů, které lze odstranit, nebo alespoň omezit požitím vnějšího kontaktního zateplovacího systému. Ten určitě nedokáže zajistit větší tuhost, která objektu chybí, naopak bude touto skutečností sám ohrožen, ale dokáže omezit pohyby obvodového pláště vzniklé vlivem roztažnosti od cyklického střídání teplot. Použitím vnějšího kontaktního zateplovacího systému dojde k omezení rozsahu teplot probíhajících uvnitř konstrukce, čímž se zmenší i její pohyby. Tím je sníženo zatížení jednotlivých prvků i spojů mezi nimi. Vnější kontaktním zateplením je omezen tepelný most a namáhání spoje v místě předstoupených nosných stěn před průčelí objektu a tím je ochráněna nosná část konstrukčního systému.

Pro dosažení hodnot požadovaného součinitele prostupu tepla je zapotřebí 140 mm izolantu na stěně průčelí a 120 mm izolantu na štítové stěně. Dle mého názoru je tato vrstva izolace k přihlédnutí k cenám energií a jejich vývoje nedostatečná. Musíme však tloušťku izolace volit v rozumné míře jak s ohledem na ekonomickou stránku tak i na kvalitu užívání objektu. S přibývajícím tloušťkou izolantu se zvětšuje ostění okenních otvorů, čímž je způsoben menší průnik světla do obytných prostorů. Tento fakt výrazně ovlivňuje kvalitu bydlení. Domnívám se, že dostatečnou tepelnou izolaci představuje 250 mm izolantu na průčelní stěně a 220 mm na stěně štítové. Použitím této izolace se přiblížíme ($U = 0,20/0,19 \text{ W/m}^2 \text{ K}$) k doporučenému požadavku součinitele prostupu tepla pro pasivní domy ($U = 0,18 \text{ W/m}^2 \text{ K}$). Pro dosažení spodní hranice pro doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla pro pasivní domy je zapotřebí 530 mm izolantu pro průčelí a 410 mm izolantu pro štítové stěny. Toto množství izolantu sebou přináší technické problémy ohledně kotvení izolantu i snížený komfort bydlení způsobený velkou šířkou ostění způsobující nedostatečné množství denního světla v interiérech.

Pro určení nejvýhodnější šířky izolace z hlediska ekonomického by bylo zapotřebí spočítat dobu návratnosti pro jednotlivé provedené revitalizace a zvolit tu s nejkratší dobou návratnosti.

7 Stavební soustava PS 69

Konstrukční soustava PS 69 nahradila v roce 1970 při výstavbě bytových objektů v západočeském kraji v té době užívanou soustavu T 06 B. Typizační směrnice byla zpracována ve Stavoprojektu Plzeň a byla pojata jako prvková typizace bez objemového řešení. Jednotlivé dispoziční buňky lze skládat do sekcí a objektů. Dispoziční buňky jsou buď komunikační, nebo bytové. Z dispozičních buněk lze sestavit řadové a koncové čtyřpodlažní (bez výtahu), šesti a osmipodlažní (s výtahem) sekce. Lze také sestavit věžový dům do 14 NP (se dvěma výtahy) označovaný jako sekce G, dále sekce P (pila) a sekce BO (bodový dům). Pro horské podmínky lze využít variantu se šikmou střechou. Řadové sekce mají dva až tři byty na schodišti, bodový dům pět bytů. V části u schodiště jsou umístěny malé byty I. a II. kategorie, které je možné propojit s byty III. a IV. kategorie a vytvořit tak byt pro tři generace (tzv. elastický byt)¹⁰³¹⁰⁴.

7.1 Schéma soustavy

Schéma panelové soustavy PS 69 je k nahlédnutí v části Příloha A - Schémata panelových soustav. V příloze F naleznete detaily spojů stavební soustavy PS 69.

V příloze, mimo vazbu v kapse desek, jsou umístěny kopie původních výkresů této soustavy. Soupis a informace o výkresech jsou v příloze E.

7.2 Technické podklady

Soustava PS 69 lze charakterizovat jako panelový montovaný systém upravený pro přesnou montáž vertikálních prvků příčných nosných zdí a obvodových nosných zdí z celostěnových kompletizovaných dílců. Soustava je tedy řešena jako příčný nosný stěnový systém se základním modulem 3 600 mm. Základní modul je doplněn moduly 2 400 mm a 4 800 mm. Nosný systém obsahuje výztužné nosné podélné stěny. Navržené modulové sítě umožňují i orientaci nosných stěn v obou směrech v rámci jedné sekce. Umožněno je takto skládat i složitější půdorysy. Objekty o 4, 6 a 8 nadzemních podlaží jsou v celém rozsahu půdorysu podsklepeny. Konstrukční výška soustavy PS 69 je 2 800 mm a

¹⁰³ Hapl, L. (1998).

¹⁰⁴ Stavoprojekt Plzeň (1973a).

hloubka zástavby činí 11,20, 12,40, a 13,00 metru. Obvodový plášť je řešen v několika krajských materiálových variantách¹⁰⁵.

Počet dílců v soustavě před tepelně technickou revizí je 275 kusů, z toho 24 stropních, 94 stěnových, 51 obvodových, 18 příčkových a 88 ostatních. Objem dílců na byt (61 m²) je 30,25 m³. Hmotnost dílcům byt je 65,33 tuny¹⁰⁶.

Typ konstrukce	Tloušťka konstrukce [mm]	Skladebná šířka [mm]	Materiál	Poznámka
Strop	140	600, 1200, 1800, 2400	B 250	
Stěny příčné	140	od 1200 do 5100	B 250	
Stěny podélné	140	od 1200 do 5100	B 250	
Štít	240	1200, 1800,	ŽB + izolace	do 1977
	270	2400, 3600	ŽB + izolace	od 1977
Obvodový plášť	270	2400, 3600, 4800	KB 60	do 1977
	270	2400, 3600, 4800	ŽB + izolace	od 1977

Tab. 34: Výpis základních prvků stavební soustavy PS 69

7.2.1 Založení soustavy

Návrh založení byl proveden pro jednotlivé objekty dle základových podmínek. Základy byly navrhovány jako monolitické základové pasy nebo železobetonová deska.

7.2.2 Stropní panely

Stropní panely byly provedeny jako zesílené pod kuchyněmi a bytovým jádrem a v ostatních prostorách pak normální. Stropní konstrukce je provedena jako montovaná z železobetonových plných panelů tloušťky 140 mm z betonu B 250 v délkách 2 400, 3 600 a 4 800 mm a šířkách 600, 1 200, 1 800, 2 400 mm. Ve směru rozpětí jsou opatřeny úložnými betonovými konzolkami 50 mm širokými a 150 mm osově vzdálenými. Prostor mezi nimi je vyplněn zálivkovým betonem, který spolu s výztuží zaručuje zmonolitnění stropních panelů. Panely obsahují dutiny pro horizontální rozvody. Stropní panely se ukládají nasucho na horní

¹⁰⁵ Hapl, L. (1998).

¹⁰⁶ Stavoprojekt Plzeň (1973a).

plochu nosných stěn a nerovnosti se vyrovnávají podkládáním úložných konzolek ocelovými plechy¹⁰⁷.

U stavební soustavy PS 69 je využívalo nulových podlah (30, 20 ale i 10 mm)¹⁰⁸.

7.2.3 Stěnové panely

Nosné stěnové panely jsou plné v modulu 2 400, 3600, 4 800 mm a byly navrženy ze železobetonu s betonem B 250 o tloušťce 140 mm a mohou obsahovat dveřní otvor s již zabudovanou zárubní. Vyráběli se v různých délkách dle volby váhové kategorie od 1 200 mm do maximální délky 5 100 mm odstupňovaných po 300 mm s jednotnou výškou 2 630 mm. Panely jsou opatřeny dutinami pro svislý rozvod elektroinstalací¹⁰⁹.

Dílce příčných stěn, štítů a průčelí jsou montovány pomocí stavěcích šroubů, které zajišťovali přesnost montáže. Po zatvrdnutí ložného betonu se šrouby povolili¹¹⁰. Zálivky svislých spár, věnců a lože pro osazení stěnových panelů byly prováděny z betonu B 170.

Příčky o tloušťce 80 mm, výšky 2 620 mm a šířek od 1 050 do 3 450 mm ze železobetonu (s betonem B 170) byly navrženy jako plné nebo s dveřním otvorem. Tyto panely byly dodávány s osazenou ocelovou zárubní a elektroinstalací¹¹¹.

7.2.4 Štítové panely

Štítové panely byly prováděny jako sendvičové o tloušťce 240 mm. Sendvičová konstrukce se skládá ze 140 mm tlustého železobetonového panelu (B 250) na vnitřní straně konstrukce. Směrem do exteriéru je na panelu umístěna tepelná izolace z polystyrenu tloušťky 40 mm a vnější ochrannou moniérkou s konečnou fasádní úpravou v celkové mocnosti 60 mm¹¹². Pod označením PS 69_3 bude tento panel dále v práci posuzován z hlediska tepelné techniky.

Po revizi tepelně technické normy roku 1977 byl užíván sendvičový panel tloušťky 270 mm. Tento panel bude také posuzován v této práci z hlediska tepelné

¹⁰⁷ Stavoprojekt Plzeň (1973a).

¹⁰⁸ Vejvara, L.

¹⁰⁹ Hapl, L. (1998).

¹¹⁰ Stavoprojekt Plzeň (1973a).

¹¹¹ Hapl, L. (1998).

¹¹² Hapl, L. (1998).

techniky pod označením PS 69_4. Tento panel se používá pro štít stavební soustavy PS 69/2E. Panel je tvořen z vnitřní strany železobetonovým panelem (z B 250) tloušťky 140 mm, dále vrstvou polystyrenu 80 mm a z vnější strany je panel opatřen ochrannou betonovou moniérkou tloušťky 50 mm.

Označení: PS 69_3

Typ konstrukce: **Štítová sendvičová stěna - 240 mm (před rokem 1977)**

j-tá vrstva*	Materiál	Tloušťka	Hustota	Souč. tep. vodivosti	Tepelný odpor
		d_j [mm]	ρ_j [kg/m ³]	λ_j [W/(m·K)]	R_j [m ² ·K/W]
1	Železobetonový panel	140	2400	1,580	0,089
2	Polystyren	40	10	0,054	0,741
3	Ochranná betonová moniérka	60	2500	1,740	0,034

Tab. 35: Skladba původního štítového panelu PS 69:

Označení: PS 69_4

Typ konstrukce: **Štítová sendvičová stěna - 270 mm (po roce 1977)**

j-tá vrstva*	Materiál	Tloušťka	Hustota	Souč. tep. vodivosti	Tepelný odpor
		d_j [mm]	ρ_j [kg/m ³]	λ_j [W/(m·K)]	R_j [m ² ·K/W]
1	Železobetonový panel	140	2400	1,580	0,089
2	Polystyren	80	10	0,054	1,481
3	Ochranná betonová moniérka	50	2500	1,740	0,029

Tab. 36: Skladba štítového panelu po roce 1977 PS 69

7.2.5 Obvodový plášť

U obvodových stěn suterénu byly užívány panely suterénní z železobetonu (beton B 250) o tloušťky 240 mm. U obvodových stěn vyšších podlaží se navrhovaly dva způsoby. Prvním byl parapetní dílec proveden jako jednovrstvý tloušťky 270 mm z keramzitbetonu KB 60 v délkách 2 400, 3 600, 4 800 mm v kombinaci s meziokenními vložkami a okenními pásy. Druhou variantou byly jednovrstvé dílce z keramzitbetonu KB 60 tloušťky 270 mm konstruované na rozpon 3 600 a 2 400 mm¹¹³. Pod označením PS 69_1 bude tento panel dále v práci posuzován z hlediska tepelné techniky.

Pod označení PS 69_2 bude z hlediska tepelné techniky posuzován sendvičový panel používaný po revizi normy z roku 1977. Tento panel se používá

¹¹³ Hapl, L. (1998).

pro obvodový plášť stavební soustavy PS 69/2E. Panel se skládá z vrstvy 120 mm tlustého železobetonového panelu (beton B 250) na vnitřní straně konstrukce, dále z tepelné izolace tloušťky 100 mm z polystyrenu a z vnější ochranné moniérky.

Označení: PS 69_1

Typ konstrukce: **Obvodová stěna - průčelí, 270 mm (před rokem 1977)**

j-tá vrstva*	Materiál	Tloušťka	Hustota	Souč. tep. vodivosti	Tepelný odpor
		d_j [mm]	ρ_j [kg/m ³]	λ_j [W/(m·K)]	R_j [m ² ·K/W]
1	Omítka vápenná	10	1600	0,880	0,011
2	Keramzitbeton KB 60	250	1250	0,580	0,431
3	Omítka vápenocementová	10	2000	0,990	0,010

Tab. 37: Skladba původního obvodového panelu PS 69

Označení: PS 69_2

Typ konstrukce: **Obv. sendvičová stěna - průčelí, 270 mm (po roce 1977)**

j-tá vrstva*	Materiál	Tloušťka	Hustota	Souč. tep. vodivosti	Tepelný odpor
		d_j [mm]	ρ_j [kg/m ³]	λ_j [W/(m·K)]	R_j [m ² ·K/W]
1	Železobetonový panel	120	2400	1,580	0,076
2	Polystyren	100	10	0,054	1,852
3	Ochranná betonová moniérka	50	2500	1,740	0,029

Tab. 38: Skladba obvodového panelu po roce 1977

V některých pramenech¹¹⁴ se ještě uvádí možnost použití parapetního panelu z keramzitbetonu tloušťky 270 mm, parapetního sendvičového panelu tloušťky 220 mm a celostěnového sendvičového panelu tloušťky 270 mm. Skladbu těchto konstrukcí znázorňuje následující tabulka.

j-tá vrstva*	Materiál	Tloušťka
		d_j [mm]
1	Železobetonový panel	120
2	Polystyren	40
3	Vn. betonová vrstva s omítkou	60

Tab. 39: Alternativní skladba parapetního panelu PS 69

¹¹⁴ Stavoprojekt Plzeň (1973b, 1).

j-tá vrstva*	Materiál	Tloušťka
		d _j [mm]
1	Vnitřní omítka	10
2	Keramzitbeton KB 60	210
3	Vn. betonová vrstva s omítkou	50

Tab. 40: Alternativní skladba obvodového panelu PS 69

7.2.6 Střešní konstrukce

Střešní konstrukce je řešena jako dvouplášťová střecha se středním úžlabím. Spád byl u konstrukce vytvořen zešikmenými betonovými prahy izolačně oddělenými od stropních panelů heraklitem, který tvoří spodní stranu spádových trámů. Tvořící vzduchovou mezeru ve skladbě střechy. Vlastní tepelnou izolaci střechy tvoří sypaný keramzit a rohože z minerální plsti o mocnosti 80 mm. Horní plášť střešní konstrukce byl proveden ze střešních železobetonových střešních panelů (beton B170) tloušťky 80 mm, délky 3.600 mm uložených po 1.800 mm na spádové trámy¹¹⁵.

Dvouplášťová střecha	
Skladba	[mm]
Vodotěsná krytina třívrstvá (aralebit, IPA, 400 sklobit, rubol RS)	
ŽB střešní deska	80
Provětrávaná vzduchová dutina	120-230
Rohož z minerální plsti (VPD 90)	80
ŽB stropní panel	150

Tab. 41: Příklad skladby dvouplášťové střechy PS 69

7.3 Posouzení původního obvodového pláště

Obvodový plášť panelové soustavy PS 69 obsahuje dva základní typy panelů. Jedním typem je panel průčelní a druhý štítový. Po vydání revize normy ČSN 73 0540 v roce 1977, která vstoupila v platnost o dva roky později, byly původní panely upraveny. Popis a skladba původních i upravených panelů je popsána v kapitole 7.2.4 a 7.2.5. V následujících tabulkách je uvedeno označení jednotlivých panelů a hodnoty vybraných tepelně technických vlastností.

¹¹⁵ Hapl, L. (1998).

Č.	Označení	Typ	Šířka (bez povrch. uprav) [mm]	Dodatečná izolace [mm]	Poznámka
1	PS 69_1	Průčelí	250	-	původní panel před r. 1977
16	PS 69_2	Průčelí	270	-	původní panel po r. 1977
31	PS 69_3	Štít	240	-	původní panel před r. 1977
46	PS 69_4	Štít	270	-	původní panel po r. 1977

Tab. 42: Označení jednotlivých panelů PS 69

Č.	Součinitel prostupu tepla	V/N	Teplotní faktor vnitřního povrchu	V/N	Kondenzace vodní páry	V/N	Relaxační doba	Teplota vnitřního povrchu po 8 h	Tepelná ztráta prostupem přes 1 m ² konstrukce
	U [W/(m ² ·K)]		f _{Rsi} [-]		Mc [kg/m ² ·a]		T ₀ [h]	θ _{i,1} [°C]	Φ _{T,ie} [W/m ²]
1	1,65	N	0,663	N	0	V	18,9	5,2	56,2
16	0,48	N	0,889	V	ano	N	155,1	18,2	16,5
31	0,99	N	0,783	V	ano	N	75,5	16,3	33,9
46	0,58	N	0,868	V	ano	N	146,0	18,1	19,8

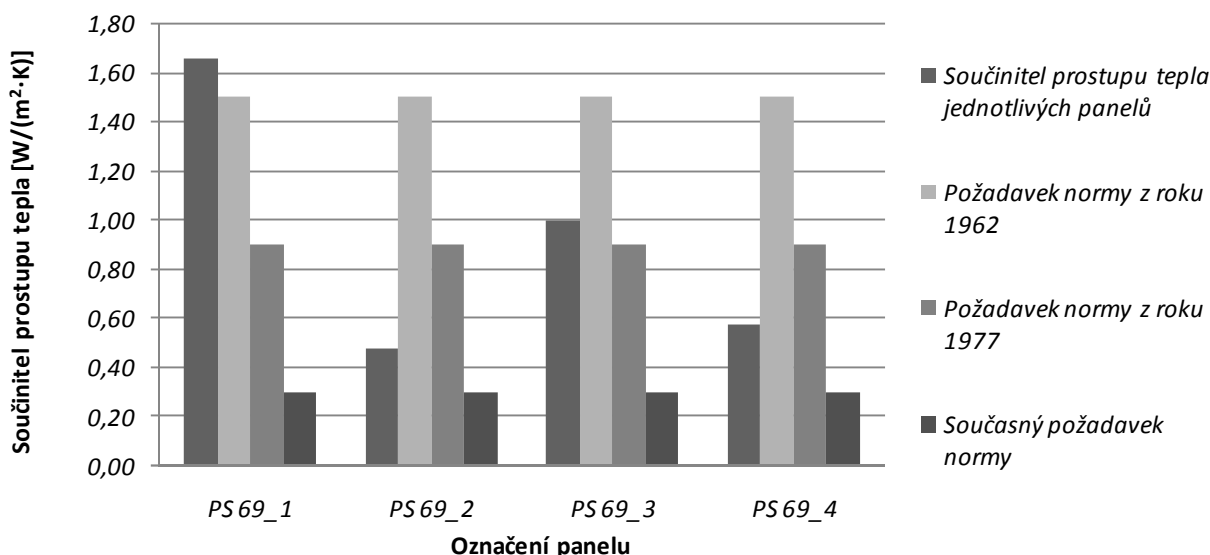
Tab. 43: Výsledky nezateplených obvodových panelů PS 69

Průčelní panel s označením PS 69_1, který byl používán před revizí normy má stejnou skladbu jako panel průčelní soustavy T 06 B ze stejného období. Zbylé panely již nejsou z keramzitbetonu, který je nahrazen nosnou železobetonovou vrstvou, vrstvou izolantu a vnější ochrannou moniérkou. Vložením polystyrenu jako tepelné izolace do skladby panelů, konstrukce vykazuje mnohem lepší tepelné vlastnosti při snížení tloušťky konstrukce.

Porovnáním vypočtených hodnot součinitelů prostupů tepla posuzovaných panelů s požadavkem normy z roku 1962 zjistíme, že nevyhovuje původní keramzitový panel použitý v průčelí objektu. Nutno ale opět podotknout, že hodnoty byly stanoveny dle dnes platných norem. Hodnoty součinitele prostupu tepla se liší především o zvýšení součinitele prostupu tepla vlivem tepelných mostů. Avšak tento panel nevyhoví ani po odečtení této přírážky. Zbylé panely díky tepelní izolaci z polystyrenu i v poměrně malé vrstvě vyhoví. Přestože původní štítový panel má výrazně nižší hodnotu než keramzitbetonové panely stále nevyhovuje požadavkům normy po roce 1977 a proto byl nahrazen panelem novým. Tloušťka tepelná izolace v novém štítovém panelu se zdvojnásobila. U průčelního panelu došlo k odklonění od keramzitbetonových panelů a i zde byla použita sendvičová konstrukce, dokonce s největší vrstvou izolace použité u

tohoto systému. Zde činila 100 mm a hodnota součinitele prostupu tepla pro tento panel byla nejnižší ze zde použitých. Jeho hodnota činí $U = 0,58 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Tato hodnota je ale stále téměř dvojnásobná oproti požadavku dnes platné normy. Upravené panely splňovaly požadavky tehdejší normy.

Následující graf porovnává hodnoty součinitele prostupu tepla vypočtených pro jednotlivé panely podle dnešních norem a požadavky normy z roku 1962 tedy normy, která byla v platnosti v době počátku výstavby konstrukčního systému PS 69. Tyto hodnoty tedy platily pro původní panely s označením PS 69_1 a PS 69_3. V grafu je i hodnota požadavku normy z roku 1977, která by měla být splněna panely použitými ve výstavbě po roce 1977. Tj. panely s označením PS 69_2 a PS 69_4. Jen pro představu nalezneme v grafu hodnotu požadavku na součinitel prostupu tepla dle dnes platné normy.



Graf 19: Porovnání součinitelů prostupu tepla původních obvodových panelů stavební soustavy PS 69

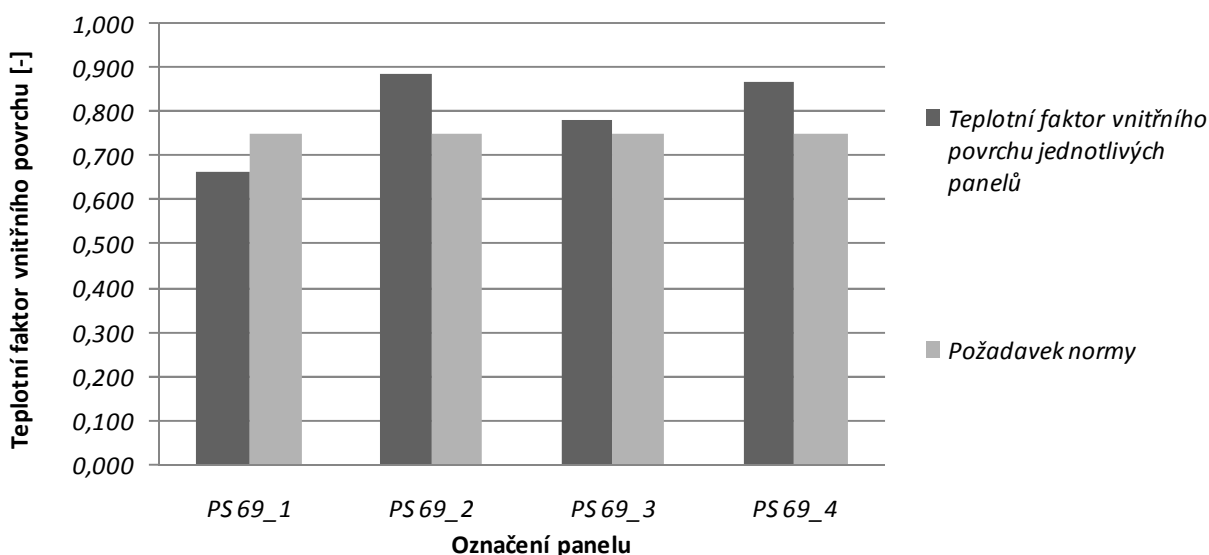
Z hlediska posouzení na teplotní faktor konstrukce nevyhovuje původní průčelní panel. Štítový panel použitý před rokem 1977 s malou rezervou vyhoví. U panelů použitých po roce 1977 tato rezerva výrazně roste.

Kondenzace v keramzitbetonovém panelu nenastává, ale v sendvičových panelech použitých jak před rokem 1977 tak i ty použité po něm vykazují riziko kondenzace na rozhraní vrstev polystyrenu a ochranné moniérky. Tato kondenzace je způsobena vysokým difúzním odporem těchto vrstev. Před

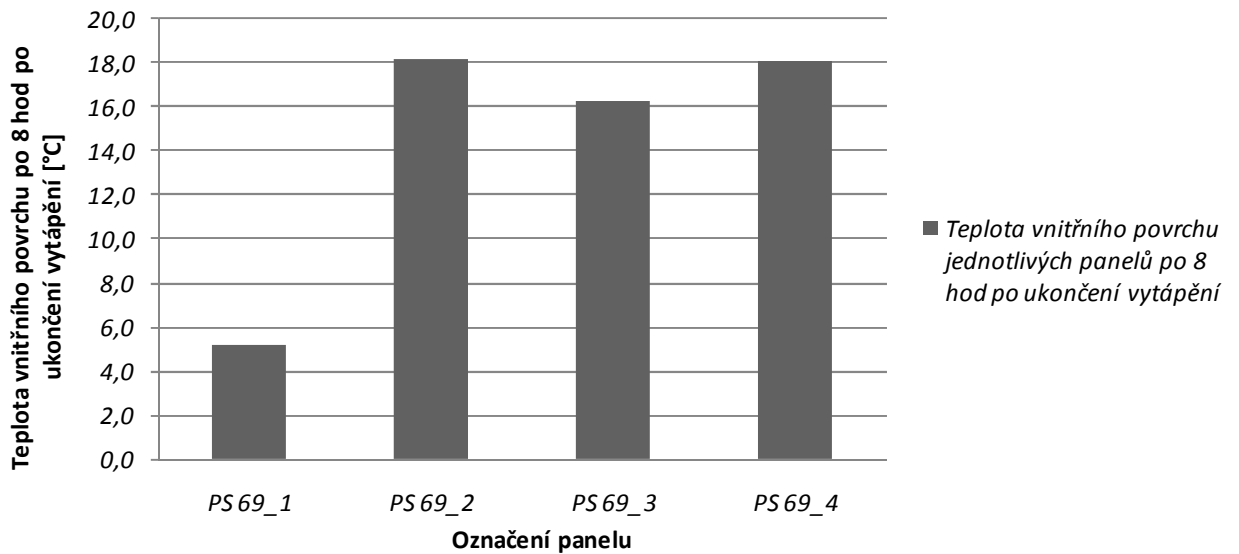
použitím dodatečné izolace je potřeba posoudit množství zkondenzované vody v konstrukci.

Vlivem použití železobetonového panelu na vnitřní straně konstrukce se výrazně zvýšila relaxační doba. Keramzitbetonový panel dosahoval pouze hodnoty relaxační doby 19, hodiny zatímco původní sendvičový panel použitý ve štítu objektu dosahoval hodnoty 75,5 hodiny. To znamená, že díky použití železobetonového panelu na vnitřní straně konstrukce došlo k prodloužení relaxační doby téměř na čtyřnásobek. Panely po revizi s tlustší vrstvou izolace v panelu dosahují hodnot relaxační doby okolo 150 hodin. Vlivem zvýšení hodnot relaxační doby došlo i ke zvýšení vnitřní povrchové teploty konstrukce po 8 hodinách po ukončení vytápění. Oproti chabým 5,2 °C, které vykazuje použitý keramzitbetonový panel, dosahuje povrchová teplota původního sendvičového panelu použitého ve štítu teplotu 16,3 °C. Tato teplota je tedy vyšší, než nejnižší vnitřní povrchová teplota dle staré normy. Teplota u panelů po revizi je dokonce vyšší než 18 °C. Se snížením součinitele prostupu tepla také klesá hodnota tepelné ztráty prostupem tepla. Tyto hodnoty jsou už nižší, než vykazovaly panely keramzitbetonové, stále jsou však poměrně vysoké.

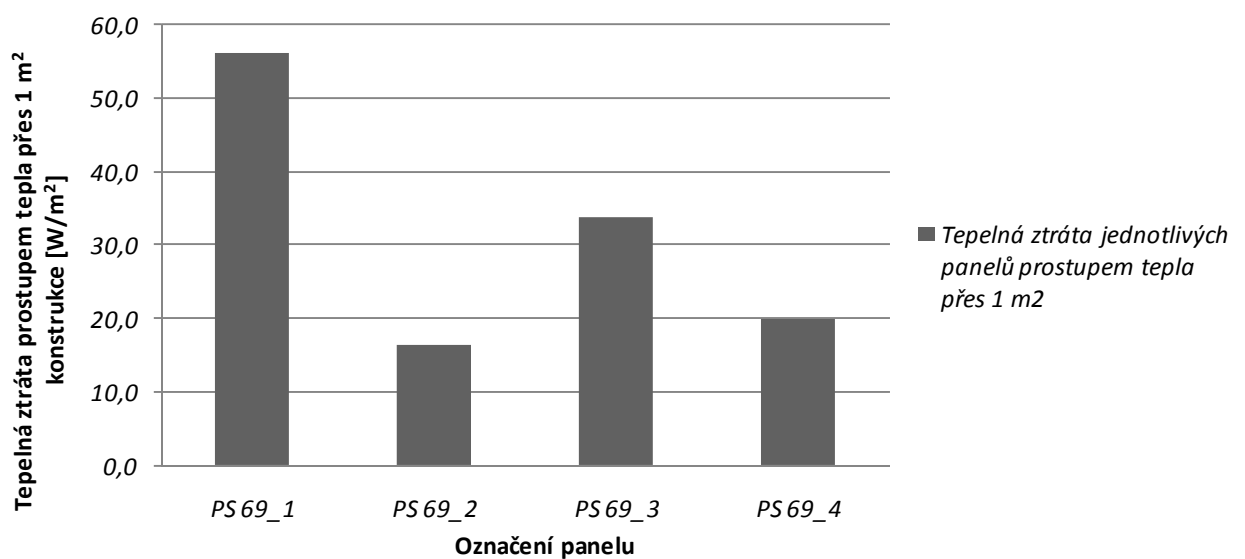
Následující grafy porovnávají panely použité u stavební soustavy PS 69.



Graf 20: Porovnání teplotního faktoru vnitřního povrchu původních obvodových panelů stavební soustavy PS 69



Graf 21: Porovnání teplot vnitřního povrchu původních obvodových panelů stavební soustavy PS 69 po 8 hodinách po ukončení vytápění



Graf 22: Porovnání tepelných ztrát prostupem tepla původních obvodových panelů stavební soustavy PS 69

7.4 Posouzení zateplených plášťů

Čtveřice původních panelů bez zateplení byla ve výpočtovém programu doplněna tepelnou izolací z polystyrenu EPS s hodnotou součinitele tepelné vodivosti $\lambda = 0,039 \text{ W/(m K)}$ postupně ve vrstvách 50, 80, 120, 150, 180, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600 a 800 mm z exteriérové strany konstrukce. Celkem

vznikl soubor 60-ti posouzených obvodových panelů. Výsledky tohoto souboru jsou k nahlédnutí v Příloze D Výsledky posouzení OP, konkrétně pro tento konstrukční systém v části D.3 PS 69. Skladba dodatečného zateplení je totožná jako u stavební soustavy T 06 B.

Materiál	Tloušťka	Hustota	Souč. tep. vodivosti	Tepelný odpor
	d_j [mm]	ρ_j [kg/m ³]	λ_j [W/(m·K)]	R_j [m ² ·K/W]
Penetrační nátěr	0	0	0,000	0,000
Lepící tmel	4	1300	0,900	0,004
Polystyren EPS	50	30	0,039	1,282
Lepící tmel s rohoží	4	1300	0,900	0,004
Penetrační nátěr	0	0	0,000	0,000
Silikátová omítka	2	1650	0,800	0,003

Tab. 44: Skladba dodatečného zateplení

7.4.1 Zateplený průčelní panel (používaný před rokem 1977)

Tento panel se vyskytuje i ve stavební soustavě T 06 B. Proto je už podrobněji jeho zateplení popsáno v kapitole 5.4.1. Zde jsou uvedeny i grafy změn vybraných veličin při změně tlouštěk izolantu. V následující tabulce jsou uvedeny hodnoty tlouštěk izolantu pro jednotlivé požadavky normy.

Požadavek normy na součinitel prostupu tepla	Tloušťka dodatečné izolace	
U [W/(m ² ·K)]	[mm]	
Požadovaný	0,30	135
Doporučený	0,25	180
Doporučený pro pasivní domy	0,18	275
	0,12	500

Tab. 45: Tloušťka dodatečné tepelné izolace pro splnění normových požadavků na součinitel prostupu tepla

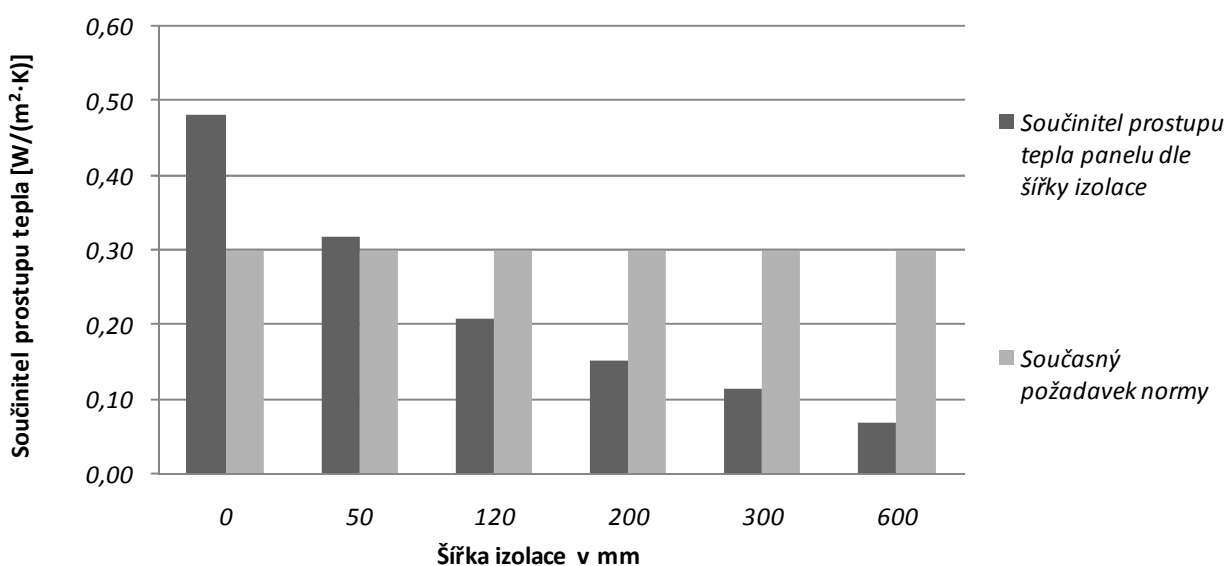
7.4.2 Zateplený průčelní panel (používaný po roce 1977)

Tento průčelní panel používaný po roce 1977 má díky nejtlustší vrstvě polystyrenu ve své skladbě nejlepší tepelně-technické vlastnosti z původních nezateplených panelů. Pro dosažení požadavků dnešní normy ČSN 73 0540 na součinitel prostupu tepla postačí 60 mm izolantu uvažovaných vlastností. Ke splnění doporučených hodnot pro těžké stěny je zapotřebí 85 mm izolantu a pro splnění rozmezí hodnot součinitele prostupu tepla pro pasivní domy je potřeba

150 – 270 mm izolantu. Následující graf znázorňuje změnu součinitele prostupu tepla v závislosti na tloušťce izolantu.

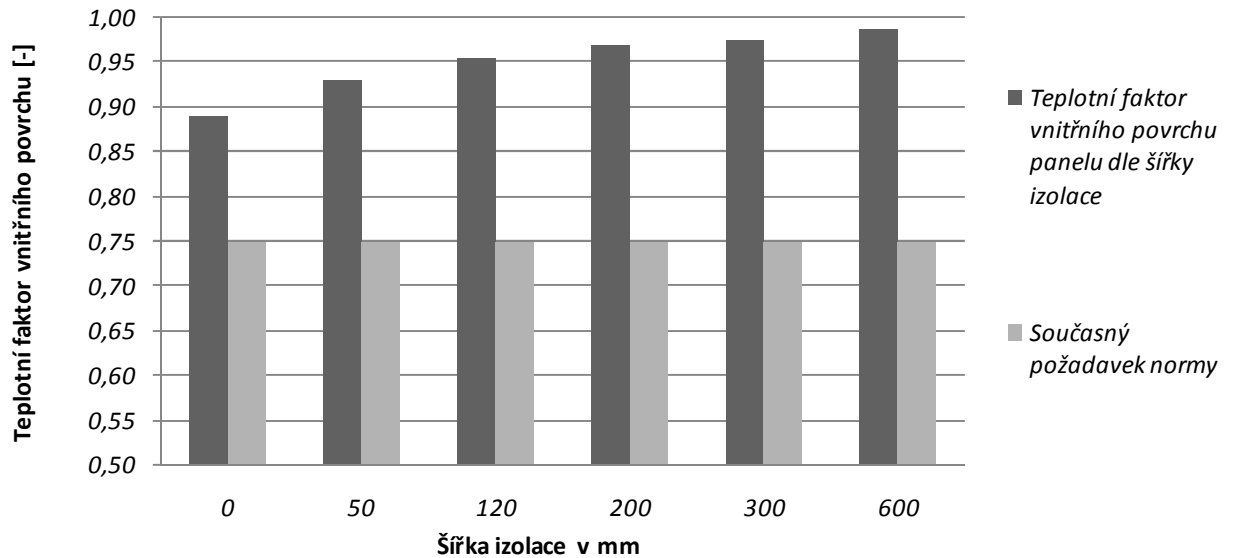
Požadavek normy na součinitel prostupu tepla		Tloušťka dodatečné izolace
U [W/(m ² ·K)]		[mm]
Požadovaný	0,30	60
Doporučený	0,25	85
Doporučený pro pasivní domy	0,18	150
	0,12	270

Tab. 46: Tloušťka dodatečné tepelné izolace pro splnění normových požadavků na součinitel prostupu tepla



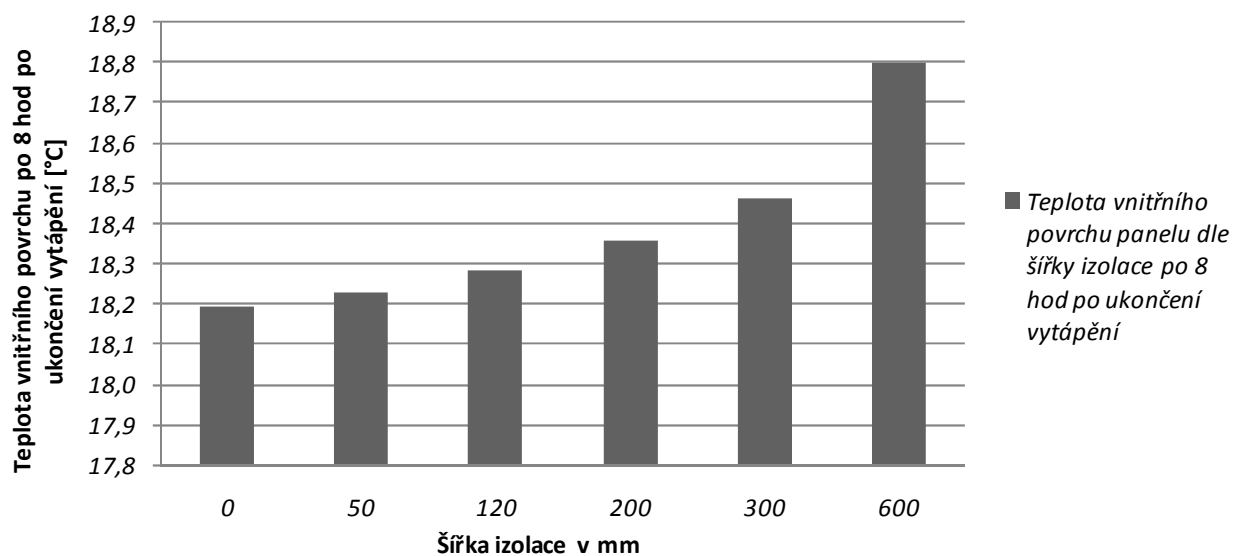
Graf 23: Součinitel prostupu tepla pro různé šířky izolantu na panelu s označením PS 69_2

Panel bez zateplení vyhovuje s dostatečnou rezervou na teplotní faktor vnitřního povrchu. Ve skladbě bez izolace dochází ke kondenzaci vodní páry na rozhraní vnitřní izolace a ochranné moniérky. Při zateplení panelu již 50 mm polystyrenu se oblast kondenzace z konstrukce ztratí a v konstrukci tak již nebude docházet k dalšímu vzniku kondenzátu.

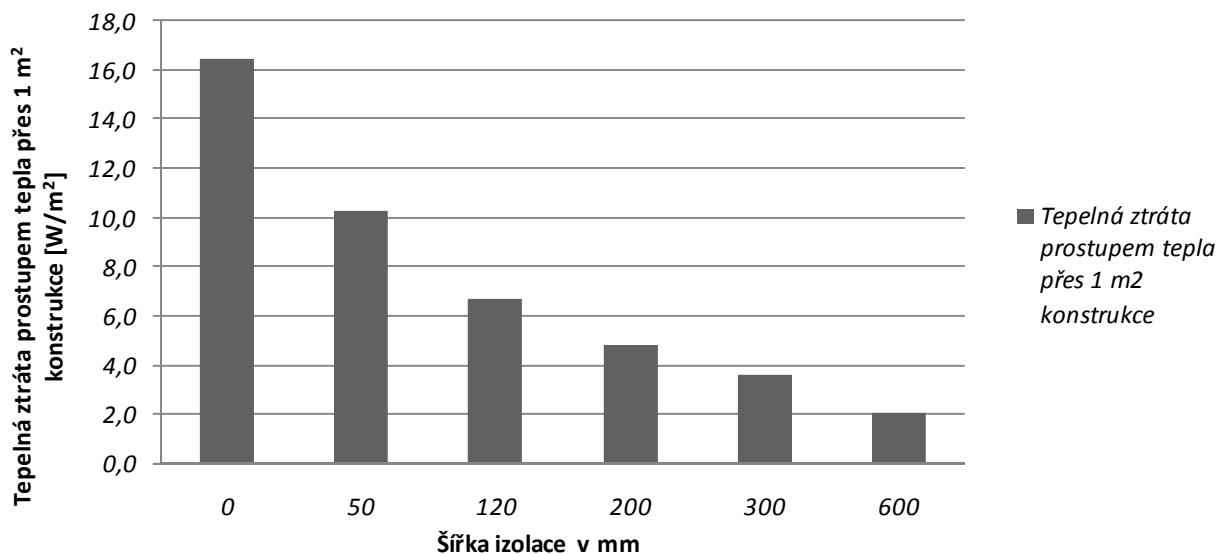


Graf 24: Teplotní faktor vnitřního povrchu pro různé šířky izolantu na panelu s označením PS 69_2

Teplota vnitřního povrchu bez izolace je po 8 hodinách po ukončení vytápění 18,2 °C. Tato hodnota je naprosto dostačující a přidáním izolantu již nedochází k razantnímu zvýšení. Podobně toto platí i pro relaxační dobu konstrukce, která se při použití 150 mm izolantu (dostačuje pro dosažení vrchní hranice doporučení hodnoty součinitele prostupu tepla pro pasivní domy) zvýší oproti hodnotě bez izolace o pouhých 6 %. Zlepšení je znatelné pouze u hodnocení tepelných ztrát prostupem tepla. Tato hodnota při použití 150 mm izolantu klesne na třetinu.



Graf 25: Teplota vnitřního povrchu pro různé tloušťky izolantu na panelu označeném PS 69_2 po 8 hodinách po ukončení vytápění



Graf 26: Tepelná ztráta prostupem tepla pro různé šířky izolantu na panelu označením PS 69_2

7.4.3 Zateplený štítový panel (používaný před rokem 1977)

U následujících panelů z této konstrukční soustavy již nebudu uvádět grafy pro porovnání jednotlivých veličin, jelikož jejich průběhy mají podobný charakter jako grafy uvedené u předchozího panelu. Hodnoty veličin pro různé tloušťky izolace těchto panelů jsou uvedeny v příloze D.

Původní štítový sendvičový panel nevyhovuje dnešním požadavkům na součinitel prostupu tepla. Ke splnění požadavku je zapotřebí 105 mm tepelného izolantu. 135 mm izolantu nám postačí ke splnění doporučených hodnot. Splnění doporučeného součinitele prostupu tepla pro pasivní domy bude zajištěno 215 až 370 mm izolace.

Požadavek normy na součinitel prostupu tepla		Tloušťka dodatečné izolace
U [W/(m ² ·K)]		[mm]
Požadovaný	0,30	105
Doporučený	0,25	135
Doporučený pro pasivní domy	0,18	215
	0,12	370

Tab. 47: Tloušťka dodatečné tepelné izolace pro splnění normových požadavků na součinitel prostupu tepla

Požadavek na teplotní faktor vnitřního povrchu je splněn s poměrně malou rezervou. Ta je vytvořena již při použití 50 mm izolantu. Ve skladbě bez izolace dochází ke kondenzaci vodní páry na rozhraní vnitřní izolace a ochranné

moniérky. Při zateplení panelu již 50 mm polystyrenu se oblast kondenzace z konstrukce ztratí a v konstrukci tak již nebude docházet k dalšímu vzniku kondenzátu. Relaxační doba i povrchová teplota po přerušení vytápění je dostatečná i na nezatepleném panelu. Největší vliv má tepelná izolace na pokles tepelné ztráty prostupem tepla. Z původní hodnoty $33,9 \text{ W/m}^2$ poklesne hodnota při použití 50 mm izolace o více jak 50 % na hodnotu 15 W/m^2 . Tento pokles se s přibývajícím izolantem zpomaluje.

V porovnání s průčelním panelem použitým ve stejných letech výstavby vychází dle výpočtů tento výrazně lépe z hlediska tepelné techniky. Lepších hodnot součinitelů prostupů tepla je dosaženo díky izolaci umístěné ve skladbě a delší relaxační doby a s tím spojené povrchové teploty na vnitřní straně konstrukce po přerušení vytápění skladby dosahuje díky železobetonové vrstvě u vnitřní strany panelu. V konstrukci štítu však dochází ke kondenzaci vodních par.

7.4.4 Zateplený štítový panel (používaný po roce 1977)

Štítový sendvičový panel již obsahuje 100 mm vnitřní izolace, přesto nedosahuje na dnešní požadovanou hodnotu součinitele prostupu tepla. Té je dosaženo při dodatečné aplikaci 65 mm izolantu. Při použití vrstvy izolantu 100 mm je splněn doporučený součinitel prostupu tepla. Součinitel pro pasivní domy je docílen dodatečnou vrstvou 165 až 290 mm.

Požadavek normy na součinitel prostupu tepla		Tloušťka dodatečné izolace
U [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$]		[mm]
Požadovaný	0,30	65
Doporučený	0,25	100
Doporučený pro pasivní domy	0,18	165
	0,12	290

Tab. 48: *Tloušťka dodatečné tepelné izolace pro splnění normových požadavků na součinitel prostupu tepla*

V původním nezatepleném panelu dochází ke kondenzaci vodních par, ale při použití 50 mm izolantu je tento jev odstraněn. Tento panel dosahuje velmi podobných hodnot jako průčelní panel použitý na této soustavě po roce 1977. Skladba panelů je podobná a liší se ve vnitřní železobetonové nosné vrstvě (tento panel ji má 140 mm proti 120 mm) a v mocnosti vnitřní izolace (80 mm ku 100

mm). Výsledné hodnoty relaxační doby, vnitřní povrchové teploty po 8 hodinách po ukončení vytápění a tepelné ztráty prostupem jsou zanedbatelně horší.

7.5 Termovizní měření

Termogramy k nahlédnutí jsou v této práci umístěny v příloze B. Na snímku PS 69 před zateplením je pohled na štítovou stěnu panelového objektu. Snímek zobrazuje zvýšenou teplotu povrchu v ploše a výrazné zvýšení teploty indikující tepelné mosty ve spojích panelů. Tepelné mosty jsou výrazné jak ve spojích vodorovných (napojení stropů na štítový panel) tak i svislých (napojení jednotlivých štítových panelů).

Termogram s názvem PS 69, po zateplení zobrazuje průběhy teplot na průčelní fasádě. Na termogramu je vidět nízká povrchová teplota objektu bez viditelných tepelných mostů. Výrazné tepelné mosty nejsou viditelné ani v ostění okenních otvorů. Jedinou vysokou teplotou viditelnou na snímku je chyba měření, vzniklá otevřením okenního křídla do polohy větrání (ventilačka).

7.6 Vady a poruchy obvodového pláště

Stavební soustava PS 69 obecně nevykazuje závažné vady ani poruchy. Lze říci, že tato stavební soustava má oproti starším soustavám (PS 61, T 06 B) mnohem lépe propracované spoje panelů, které dokážou odolávat větším silám, tak i výztuž jednotlivých panelů. Stavební soustava PS 69 se dokázala vyvarovat chyb předchozích stavebních soustav.

Za vadu obvodového pláště by se dala považovat kondenzace ve skladbě štítového i průčelního panelu, která může přispět ke vzniku a bujení plísní v interiérech objektu. To je podpořeno kombinací nedostatečné výměny vzduchu při užívání objektu a dlouhodobým přerušením vytápění.

Poruchami obvodového pláště jsou poškozené těsnění mezi panely a poškozená povrchová úprava. K těmto poruchám dochází vlivem stáří a opotřebování použitých materiálů, které byly v době výstavby k dispozici. Zanedbatelný vliv na tyto poruchy má i vandalismus a působení jiných živočišných druhů.

7.7 Doporučené řešení úprav obvodového pláště

Chceme-li při jakékoliv rekonstrukci, aby byla účinná a cenově nejvýhodnější je zapotřebí postupovat v duchu komplexní rekonstrukce. Před zahájením prací na obvodovém plášti je nutné zkontrolovat stav obvodových panelů, zda nejsou rozrušeny trhlinami, karbonatací nebo vegetací. Při výskytu těchto neduhů je zapotřebí vyhodnotit míru poškození jednotlivých částí a přikročit k jejich odstranění. U spojů jednotlivých panelů hledáme poškozené těsnění a zjišťujeme, je-li to možné, zda není poškozena zálivka a spojovací výztuž. To se může projevit stopami od zrezivělých výtoků.

Ve štítových a obvodových panelech před i po revizi normy roku 1977 dochází v nezateplených panelech ke kondenzaci vodní páry. Použitím vnějšího kontaktního zateplovacího systému s izolantem tloušťky 50 mm je kondenzaci vodní páry v konstrukci zamezeno, což je důležité jak pro životnost samotných panelů, tak i pro kvalitu vnitřního prostředí. Odstraněním kondenzace a zvýšením vnitřní povrchové teploty dochází k minimalizaci vzniku plísní v interiérech. Při zjištění nadměrné vlhkosti konstrukce je vhodné ve skladbě zateplovacího systému použít materiály s nižším faktorem difúzního odporu. Po dokončení zateplení je vhodné zvýšit intenzitu větrání a v zimním období nepřerušovat vytápění, aby došlo k odstranění vlhkosti z konstrukce.

Použitím vnějšího kontaktního zateplovacího systému dosahuje konstrukce lepších výsledků nejen z hlediska kondenzace vodní páry, ale také vykazuje vyšší hodnoty relaxační doby a nejnižší vnitřní povrchové teploty (teplotní faktor vnitřního povrchu). Při realizaci zateplení je nutné klást důraz na kvalitu provedení, dodržení technologií a užití systémového řešení.

Vlivem vzniku vlhkosti v obvodových konstrukcích považují za krok správným směrem provést vnější kontaktní zateplení objektu. K odstranění kondenzace v konstrukci postačí použití tloušťky 50 mm izolantu. Hodnota součinitele prostupu tepla pro tuto tloušťku izolace se však jeví jako nedostatečná při umístění na jakýkoliv panel použitý v tomto systému. Pro splnění tohoto požadavku je zapotřebí 135 mm izolantu na panelu užitém v průčelí před rokem 1977 a 105 mm pro panel štítový ze stejného období. Pro získání doporučených hodnot součinitele prostupu tepla by bylo zapotřebí 180 respektive 135 mm izolantu. Jako dostatečná vrstva tepelné izolace, z hlediska tepelné techniky, se

dle mého názoru jeví užití 250 mm na průčelním panelu a 200 mm na panelu štítovém z tohoto období, které nám zaručí hodnotu součinitele prostupu tepla $U = 0,19 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Použitím těchto tloušťek izolace se přiblížíme k hodnotám doporučených požadavků pro pasivní domy. Pro průčelní panely použité po roce 1977 bych doporučil použít 150 mm izolantu, pro panely štítové ze stejného období 180 mm. Při použití těchto tloušťek izolace se dostaneme na horní mez doporučených hodnot součinitele prostupu tepla pro pasivní domy. Ke splnění požadavků normy ČSN 73 0540 postačí 60 mm izolantu pro průčelní panel a 65 mm pro panel štítový. Ke splnění doporučených hodnot je zapotřebí 85 mm pro průčelí a 100 mm izolantu pro štítové stěny.

Pro určení nejvýhodnější šířky izolace z hlediska ekonomického by bylo zapotřebí spočítat dobu návratnosti pro jednotlivé provedené revitalizace a zvolit tu s nejkratší dobou návratnosti.

8 Varianty stavební soustavy PS 69

8.1 PS 69/1

Stavební soustava PS 69/1 byla vyvíjena kvůli maximálnímu možnému snížení pracnosti a navýšení uživatelského komfortu bydlení a vychází ze soustavy PS 69. U tohoto systému nedochází k zásadním změnám konstrukčním ani dispozičním oproti soustavě PS 69. Změnou je pouze přechod na 5 ti tunovou technologii čímž došlo ke změně skladby panelů. Byly navrženy a používány nové lehké dílce například ve formě lodžiových lehkých stěn či sádrokartonových příček¹¹⁶.

8.2 PS 69/2

PS 69/2 využívá vedle základního modulu 3 600 mm modul 4 800 mm, s hloubkou objektu převážně 11,20 m. Soubor konstrukčních prvků byl oproti PS 69 rozšířen o celostěnové sádrokartonové příčky s dřevěným rámem, lehký celostěnový fasádní panel na bázi dřeva a o kompletované vstupní dílce, které nahradily dozdívání vstupů. Dále také došlo ke změnám tloušťky hlavních prvků nosné konstrukce. Tloušťka stropních panelů činí 150 mm a stropní panely jsou provedeny z betonu B 250 – B 330. Stěnový panel mění tloušťku na 146 mm (z betonu B 250)¹¹⁷.

Ve skladbě dvouplášťových střech došlo k výměně betonových střešních desek za eternitové střešní dílce. Ve schodišťovém prostoru byly nahrazeny půlené schodišťové stěny celostěnovými s osazením podesty na konzoly. Modul schodišťového prostoru zůstal zachován (3 600 mm). V zrcadle schodiště je osazen výtah. U této soustavy se převážně využívala železobetonová jádra¹¹⁸.

8.3 PS 69/2E

Konstrukční řešení stavební soustavy PS 69/2E vychází se soustavy PS 69/2. Vlivem vstupu v platnost revize normy ČSN 73 0540 v roce 1979 schválené roku 1977 bylo zapotřebí zvýšit tepelně izolační vlastnosti obvodových

¹¹⁶ Hapl, L. (1998).

¹¹⁷ Hapl, L. (1998).

¹¹⁸ Hapl, L. (1998).

plášťů. Ve výsledku nedochází ve variantě PS 69/2E od varianty PS 69/2 k žádným změnám, pouze k zesílení tepelně izolační vrstvy u obvodového pláště. Ve štítových a parapetních dílcích je zvětšena vrstva polystyrenu na 80 mm a v průčelních panelech na 100 mm. Tloušťka panelů se tak sjednotila na 270 mm. Současně s tím byla zesílena i tepelná izolace ve dvouplášťové střešní konstrukci, jejíž nosnou část tvoří betonové střešní desky uložené na spádových trámčích, na tloušťku minerální plsti 120 respektive 130 mm dle teplotní oblasti¹¹⁹. Štítový panel stavební soustavy PS 69/2E je pod označením PS 69_4 a průčelní panel stavební soustavy PS 69/2E je pod označením PS 69_2 posouzen z hlediska tepelně technických vlastností v části Stavební soustava PS 69.

8.4 PS 69/3

Stavební soustava PS 69/3 vychází z konstrukční soustavy PS 69/2, ze které přebrala většinu konstrukčních prvků i konstrukční řešení. Z této soustavy byl experimentálně realizován pouze jeden objekt na sídlišti Plzeň – Lochotín. U soustavy bylo využito prostorových a plošných prvků na bázi silikátů a lehkých stavebních materiálů. Pro silikátové prostorové prvky se předpokládalo využití pro schodišťový prostor, prostor výtahu, pro podesty u výtahu a schodiště. Lehké prostorové prvky byly použity pro vstup do objektu, strojovnu výtahu a bytové jádro B 10¹²⁰.

¹¹⁹Hapl, L. (1998).

¹²⁰ Hapl, L. (1998).

9 Shrnutí a vyhodnocení

Má-li majitel objektu dostatek volných financí, nebo možnost jak finance získat, neměl by s investicí do zateplení objektu otálet, respektive s investicí do své nemovitosti. Objekt by měl být opravován komplexně, aby nedocházelo ke kolizi a prodražování jednotlivých rekonstrukčních kroků. Před instalací zateplovacího systému je nejprve nutné provést statické opravy ohrožující stabilitu objektu, statické opravy obvodového pláště a provést výměnu nebo opravu výplní otvorů. Po základních opravách by mělo následovat zateplení objektu, protože to je oprava, která má ekonomickou návratnost. Včasnou opravou obvodového pláště může vlastník zabránit dalším škodám na majetku způsobených degradací materiálů, vadami a poruchami na objektu. Provedením zateplení obvodového pláště dojde ke zvýšení ceny nemovitosti, prodloužení její životnosti, zvýšení kvality bydlení, a při správném architektonickém návrhu také zlepšení estetiky objektu.

Od roku 1955, kdy se obvodové konstrukce porovnávaly se zděnou stěnou z plných cihel tloušťky 450 mm, se požadavky konstrukce z hlediska tepelné techniky výrazně zpřísnily. Po přepočtení má hodnota požadavku součinitele prostupu tepla nyní hodnotu 16 % té z roku 1955. Tento trend je jistě správný a určitě nedosáhl konečné hodnoty. Vývoj těchto požadavků je nyní závislý na vývoji materiálů s lepšími tepelně technickými vlastnostmi.

V době, kdy ceny energií každým rokem rostou, a tento trend jak se zdá bude pokračovat i nadále, je zapotřebí s energiemi šetřit, ať už je to energie elektrická, nebo tepelná. K vytápění objektů potřebujeme velké množství energie, která jde zateplením objektů poměrně snadno a s poměrně krátkou dobou návratnosti vložených finančních prostředků ušetřit. Obecně lze říci, že se zvyšující se vrstvou izolantu se zvýší i úspora, ale toto tvrzení neplatí pro dobu návratnosti finančních prostředků. Nelze ovšem zvětšovat vrstvu izolantu do nekonečna. Musíme brát v potaz, že každý přidaný centimetr izolantu nám zmenší plochu pozemku, za který jsme draze zaplatili, a šel by jistě využít i jinak. Další překážkou jsou technická omezení reprezentovaná například limitovanou délkou kotvení sekundárního kotvícího systému. S přibývajícím tloušťkou izolantu se zvětšuje ostění okenních otvorů, čímž je způsoben menší průnik světla do obytných prostorů. Tento fakt výrazně ovlivňuje kvalitu bydlení, a to je přeci to

hlavní, proč tyto objekty stojí. Vlivem těchto faktorů, omezujících tloušťku izolantu, je při rekonstrukcích některých objektů obtížné dosáhnout pasivního standardu. Je proto nutné se při zateplování těchto objektů vydat cestou použití materiálů s lepšími tepelnými vlastnostmi. Takové materiály mají vyšší pořizovací cenu, která se bude snižovat s příchodem nových ještě lepších materiálů.

V této práci je uvažována tepelná izolace z polystyrenu se součinitelem tepelné vodivosti $\lambda = 0,039 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$. Polystyren s těmito izolačními vlastnostmi je dnes používán jako izolační materiál nejčastěji. Lepších hodnot součinitele tepelné vodivosti, než s kterým je ve výpočtu uvažováno, lze u polystyrenu dosáhnout. Lepších hodnot dosahují některé izolace z minerálních vláken ($\lambda = 0,036 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$), v dnešní době stále více oblíbený šedý polystyren ($\lambda = 0,032 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$), izolace z pěn PUR (polyuretan) a PIR (polyizokyanurát, až $\lambda = 0,023 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$). Hlubou budoucnosti je sériově vyráběná, cenově dostupná izolace z aerogelu (až $\lambda = 0,012 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$), či vakuová izolace se součinitelem tepelné vodivosti $\lambda = 0,004 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$. Nejčastěji používané a cenově dostupné izolace jsou desky z minerálních vláken a polystyrenu. Důležité je najít kompromis mezi cenou a výhodami jednotlivých materiálů izolací pro jednotlivé objekty.

Důležitou vlastností u občanských budov a objektů s požární výškou nad 12 metrů je požární odolnost izolace. Z tohoto pohledu je polystyren nevyhovující a používá se u těchto budov v kombinaci s minerální vatou ve formě požárních pásů nad výplněmi otvorů. Při požáru dochází k tavení polystyrenu, což znesnadňuje evakuaci osob z požárem zasaženého objektu. Kombinace materiálů s sebou přináší technické problémy v jejich spojích (rozdílná roztažnost, nasákavost, vzájemná nesoudržnost, atd.). V těchto místech se musí použít více výztužné tkaniny, která může způsobit nerovnost povrchové úpravy. Na tuto skutečnost zareagovali výrobci izolací a vytvořili dvouvrstvou izolaci složenou z šedého polystyrenu a minerální vlny umístěné na vnějším povrchu (např Isover Twinner). Ta působí jako protipožární ochrana a ochrana proti UV záření, které šedý polystyren poškozují. Tento systém slučuje výhody obou materiálů, je však dražší, než materiály samostatně použité.

Použitím dostatečné (závisí na skladbě konstrukce) vrstvy vnější tepelné izolace je vylepšena bilance kondenzace vodní páry v konstrukci. Docházelo-li ve skladbě konstrukce před zateplením ke kondenzaci vodních par, je potřeba po

zateplení objekt dostatečně temperovat a zároveň větrat, aby došlo k odpaření kondenzátu z konstrukce. Toto je nutné zdůrazňovat obyvatelům domu, případně umístit do objektu vlhkoměry, či automatické větrání. Ideální, nikoli nutné, je, aby materiály ve skladbě konstrukce měly směrem ven z interiéru menší faktor difúzního odporu. Není-li toto splněno, může docházet ke kondenzaci vodní páry na povrchu vrstvy s vyšším faktorem difúzního odporu. Nízký difúzní odpor je výhodou minerální vaty oproti polystyrenu. Tato výhoda je výrazně limitována vyšším difúzním odporem vrstvy lepidla a povrchové úpravy, bez které se skladba neobejde.

Panelové soustavy se vyvíjely postupem doby a stávaly se spolehlivějšími. Původní návrhy byly limitovány především kvalitou materiálů a technických předpisů své doby, a proto z hlediska dnešních norem nevyhovují. Nevyhovující se jeví především tuhost konstrukce a skladba obvodových plášťů z hlediska tepelné techniky. Je vidět, že se tvůrci návrhů panelových systémů vždy poučili z chyb návrhů předchozích, a tak se u posledních typů nachází jen minimum vad. U zkoumaných stavebních soustav v této práci, je znatelný pozitivní vývoj. Místa vad starších systémů jsou u novějších návrhů přepracovány a vzniklé vady odstraněny nebo alespoň minimalizovány dle tehdejších možností. Postupně je vidět i progres ve skladbě obvodových plášťů z hlediska tepelné techniky a pozadu nezůstala ani úroveň bydlení. Bylo by zajímavé, do jakého stádia by panelové objekty dospěly dnes, kdyby nebyly zrušeny výzkumné ústavy a státní podniky pozemních staveb.

U panelových objektů je nutné důkladně rozlišovat mezi jednotlivými stavebními soustavami, které procházely postupným vývojem. Často tak nové systémy navazují na systémy staré, z nichž přebírají některé prvky a nesou si tak s sebou i určité podobnosti. Rozlišovat jednotlivé typy je nutné nejen z hlediska tepelné techniky, skladeb konstrukce, použitých materiálů, ale především ze statického hlediska a s ním spojené životnosti objektů. Nejstarší systém posuzovaný v této práci je PS 61, jehož výstavba počala v roce 1961 a zakončena byla roku 1965. Při návrhové životnosti soustavy 80 let zbývá tedy prvním objektům z této soustavy 26 let předpokládané životnosti. Tyto objekty se tedy blíží do své závěrečné třetiny životnosti. Investice do zateplení se jistě za 26 let fungování objektu několikrát vrátí, ale nabízí se otázka do budoucna, jaké objekty

nahradí tyto systémy s velkým množstvím bytových jednotek, které budou ve velkých počtech dosluhovat. Během 30 let mezi léty 2040 a 2070 dosáhne konce své návrhové životnosti většina panelových objektů postavených v ČR. Možná už za 15 let budeme litovat nad rozhodnutím o zrušení výzkumných ústavů. To je totiž čas, který zbývá prvním panelovým objektům do dovršení své návrhové životnosti. Objektům stavební soustavy T 06 B používaných ve výstavbě mezi léty 1965 a 1970 zbývá minimálně 30 z návrhové životnosti. Začnou tedy dosluhovat po roce 2040. V tomto ohledu je na tom nejlépe nejnovější stavební soustava posuzovaná v této práci, kterou je soustava PS 69. Jak název napovídá, začátek výstavby je datován do roku 1969 a z návrhové životnosti zbývá prvním objektům z této soustavy 35 let. Varianty této soustavy, používané až do roku 1990, uzavírají období hromadné panelové výstavby na území ČR. Objekty postavené v tomto roce mají před sebou ještě 55 let své návrhové životnosti.

Pro zlepšení tepelně technických vlastností obvodových plášťů panelových budov doporučuji užití vnějších kontaktních zateplovacích systémů. Tento způsob přináší mnoho výhod, které odstraňují, nebo napomáhají k odstranění či omezení vad a poruch jednotlivých stavebních systémů.

Mnou doporučené tloušťky izolantu pro jednotlivé panely stavebních soustav splňují požadavky normy ČSN 73 0540 na doporučenou hodnotu součinitele prostupu tepla. Tyto hodnoty pro jednotlivé posuzované panely se blíží k požadavku na doporučený součinitel prostupu tepla pro pasivní domy. Některé panely tuto hodnotu splňují s hodnotami při horní hranici intervalu udávaného v normě. Pro stavební soustavu T 06 B doporučuji tloušťku izolantu 250 mm pro průčelní i štítový panel používaný před rokem 1977 a pro průčelní panel použitý po roce 1977. Štítový panel používaný po roce 1977 doporučuji zateplit vrstvou izolantu 220 mm. Stejnou tloušťku izolantu doporučuji použít na štítový panel stavební soustavy PS 61. Nezateplený průčelní panel této soustavy vykazuje horší tepelné vlastnosti než štítový panel a doporučuji jej zateplit vrstvou izolantu 250 mm. U objektů ze soustavy PS 69 postavené před rokem 1977 je zapotřebí použít 250 mm izolantu na stěně průčelí a 200 mm na štítové stěně. Po revizi tepelně technické normy z roku 1977, a s ní spjaté úpravě panelů soustavy, vykazující panely lepší vlastnosti z hlediska tepelné techniky. U těchto panelů doporučuji užití izolace o tloušťce 150 mm na stěně průčelí a 180 mm na štítové

stěně. V následující tabulce je souhrn mnou doporučených tloušťek tepelné izolace (s výše uvedenými vlastnostmi) pro jednotlivé panely zkoumaných stavebních soustav.

Stavební soustava	Typ panelu	Dodatečná izolace	Odpovídající součinitel prostupu tepla
		[mm]	U [W/m ² ·K]
T 06 B	Průčelí, před 1977	250	0,19
	Štít, před 1977	250	0,18
	Průčelí, po 1977	250	0,18
	Štít, po 1977	220	0,19
PS 61	Průčelí	250	0,20
	Štít	220	0,19
PS 69	Průčelí, před 1977	250	0,19
	Štít, před 1977	200	0,19
	Průčelí, po 1977	150	0,18
	Štít, po 1977	180	0,17

Tab. 49: Souhrn doporučených tloušťek tepelné izolace pro jednotlivé panely zkoumaných stavebních soustav

Závěrem bych chtěl dodat, že stát by měl výrazněji podporovat zateplování panelových objektů, čímž se zvýší nejen komfort bydlení velkého množství obyvatel a prodlouží životnost nemalé části bytového fondu, ale zároveň je to možnost jak vytvořit státní energetickou rezervu bez nutnosti stavby drahých zařízení na výrobu energií.

10 Závěr

Cílem mé práce bylo zhodnotit obvodové pláště panelových budov v západních Čechách v původním řešení, po zateplení a doporučit technické řešení na zvýšení izolační schopnosti pláště. V práci jsem se zabýval obvodovými plášti stavebních soustav T 06 B, PS 61 a PS 69. Pro každou soustavu jsem posoudil původní nezateplené panely obvodového pláště a zateplené pláště s postupně se zvyšující vrstvou izolantu (totožná pro všechny panely). Výstupem je soubor celkem 135 posouzených obvodových plášťů těchto soustav. Pro každý panel jsem určil potřebnou tloušťku izolantu, aby vyhověl požadovaným hodnotám součinitele prostupu tepla, doporučeným hodnotám součinitele prostupu tepla a doporučeným hodnotám součinitele prostupu tepla pro pasivní domy. Dále jsem určil tepelnou ztrátu prostupem tepla, průběh teplot v konstrukci, teplotní faktor vnitřního povrchu, zda v panelu dochází ke kondenzaci vodní páry, relaxační dobu konstrukce a teplotu povrchu po 8 hodinách po ukončení vytápění. Na závěr jsem vyhodnotil mnou doporučenou tloušťku izolantu pro jednotlivé panely.

V práci jsem chtěl využít mnou provedených termovizních měření panelových soustav, ale bohužel nebyly v době zpracování práce vhodné klimatické podmínky pro pořízení termogramů, a tak je v práci využito termogramů zapůjčených od Ing. Václava Petráše z jeho osobního archivu. Je škoda, že jsem neměl možnost získat zkušenosti s touto metodou v terénu a dodat potřebné snímky do práce sám. Proto je tato metoda v práci pouze doplňková.

Můj hlavní přínos vidím ve vytvoření výpočtového programu na posuzování obvodových plášťů z hlediska výše zmíněných veličin. Tento program mi umožňuje pohotové a rychlé posouzení obvodových plášťů dle potřeby. Mohu zkoušet jiné skladby a použití různých druhů izolačních materiálů bez vysoké časové náročnosti pro výpočet. Do budoucna uvažuji o rozšíření programu o další tepelně technické výpočty.

Přínosem je soupis skladeb jednotlivých systémů a jejich posouzení z hlediska tepelné techniky, což bylo i hlavním cílem práce. Porovnáním systémů mezi sebou i jednotlivých panelů použitých v systému je vytvořen soubor, se kterým se dají porovnat již provedené nebo plánované rekonstrukce a porovnat tak tepelně technické vlastnosti jednotlivých řešení. Celkové vyhodnocení může

pomoci investorům při rozhodování o tloušťce izolantu pro uvažovanou rekonstrukci jejich panelového objektu.

Výkresy detailů i jednotlivých stavebních soustav budou poskytnuty Ing. Ludku Vejvarovi, Ph.D. a Ing. Václavovi Petrášovi pro tvorbu studijních materiálů k předmětům vyučovaných na Západočeské univerzitě v Plzni.

Během tvorby práce jsem si udělal představu o stavu bytového fondu v panelových objektech, které se postupně revitalizují, ale ve skutečnosti jen malé procento těchto domů je opravováno komplexně. Při množství bytových jednotek umístěných v těchto objektech by mělo být v našem zájmu i zájmu státu, aby tyto objekty a jejich okolí měly co nejvyšší úroveň a minimalizoval se trend ze států, kde z panelových sídlišť vznikají ghetta. Při revitalizaci sídlišť by měl být kladen větší důraz na vizáž sídliště jako celku.

11 Seznamy

11.1 Značky, jednotky a veličiny

Značka	Veličina	Jednotka
a	Součinitel teplotní vodivosti	m^2/s
A	Plocha	m^2
c	Měrná tepelná kapacita	$\text{J}/\text{kg}\cdot\text{K}$
d	Tloušťka konstrukce	m
e_1	Součinitel typu budovy	-
e_j	Korekční činitel zahrnující klimatické vlivy	-
f_{Rsi}	Teplotní faktor vnitřního vzduchu	-
$f_{\text{Rsi,cr}}$	Kritický teplotní faktor vnitřního vzduchu	-
$f_{\text{Rsi,N}}$	Požadovaná hod. nejnižšího tepl. faktoru vnitřního vzd.	-
$H_{\text{T,ie}}$	Měrná tepelná ztráta prostupem	W/K
$p_{\text{v,sat,x}}$	Částečný tlak nasycené vodní páry	Pa
$p_{\text{v,x}}$	Částečný tlak vodní páry	Pa
R	Tepelný odpor	$\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$
R_{se}	Odpor při prostupu tepla na vnější straně konstrukce	$\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$
R_{si}	Odpor při prostupu tepla na vnitřní straně konstrukce	$\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$
R_{T}	Úhrnný tepelný odpor	$\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$
s_d	Ekvivalentní difúzní tloušťka	m
U	Součinitel prostupu tepla	$\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$
U_{id}	Součinitel prostupu tepla ideálního výseku konstrukce	$\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$
U_{N}	Požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla	$\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$
U_{pas}	Doporučená hod. souč. prostupu tepla pro pasivní domy	$\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$
U_{rec}	Doporučená hodnota součinitele prostupu tepla	$\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$
Z_{tbk}	Součinitel tepelných mostů	-
$\Delta\theta_{\text{si}}$	Bezpečnostní teplotní přírážka	$^{\circ}\text{C}$
$\Delta\varphi_i$	Bezpečnostní vlhkostní přírážka	%
$\Delta\varphi_r$	Změna relativní vlhkosti vnitřního vzduchu	K^{-1}
Δt	Rychlost poklesu vnitřní povrchové teploty	K/h
ΔT	Rozdíl vnitřní a vnější teploty	$^{\circ}\text{C}$
ΔU_{tbk}	Zvýšení součinitele prostupu tepla vlivem tep. mostů	$\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$
θ	Teplota	$^{\circ}\text{C}$
θ_{ai}	Výpočtová teplota vnitřního vzduchu v zimním období	$^{\circ}\text{C}$

* Pokračování Značky, jednotky a veličiny

Značka	Veličina	Jednotka
θ_e	Návrhová teplota venkovního vzduchu v zimním období	°C
θ_i	Návrhová teplota vnitřního vzduchu v zimním období	°C
θ_{im}	Převažující návrhová vnitřní teplota	°C
$\theta_{j,j+1}$	Teplota na rozhraní j-té a j+1 vrstvy	°C
$\theta_{si,cr}$	Kritická povrchová teplota	°C
$\theta_{si,min}$	Nejnižší vnitřní povrchová teplota konstrukce	°C
$\theta_{si,N}$	Požadovaná hodnota nejnižší vnitřní povrchové teploty	°C
λ	Součinitel tepelné vodivosti	W/(m·K)
μ	Faktor difúzního odporu	-
ρ	Hustota materiálu	kg/m ³
τ	Čas	h
τ_0	Relaxační doba	h
$\Phi_{T,ie}$	Tepelná ztráta prostupem tepla	W
φ_e	Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu	%
φ_i	Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu	%
$\varphi_{i,r}$	Relativní vlhkost vnitřního vzduchu	%
$\varphi_{i,r min}$	Minimální hodnota relativní vlhkosti vnitřního vzduchu	%
$\varphi_{si,cr}$	Kritická vnitřní povrchová vlhkost	%

Tab. 50: Značky, jednotky a veličiny

11.2 Seznam zkratek

B – beton (staré značení)

b.j. – bytová jednotka

C – beton (nové značení)

ČKAIT – Česká komora autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě

ČSN – Česká technická norma

EN – Evropská norma

ISO - Mezinárodní organizace pro normalizaci

JČ – Jihočeský kraj

JM – Jihomoravský kraj

KB – keramzitbeton

KMV – Krajská materiálová varianta

M – malta

OP – obvodový plášť

SČ – Severočeský kraj

SM – Severomoravský kraj

s.s. – stavební soustava

Š – škvárobeton

VČ – Východočeský kraj

VÚPS – Výzkumný ústav pozemních staveb

ZČ – Západočeský kraj

ZČKMV – Západočeská krajská materiálová varianta

11.3 Seznam obrázků

Obr. 1: Obvyklý podíl tepelných ztrát stavebními konstrukcemi u nezatepleného vícepodlažního bytového domu..... - 10 -

Obr. 2: Schéma panelové soustavy T 06 B - 115 -

Obr. 3: Schéma panelové soustavy PS 61 - 116 -

Obr. 4: Schéma panelové soustavy PS 69 - 117 -

11.4 Seznam grafů

Graf 1: Vývoj požadavku na součinitel prostupu tepla	- 16 -
Graf 2: Porovnání součinitelů prostupů tepla původních obvodových panelů stavební soustavy T 06 B.....	- 48 -
Graf 3: Porovnání teplotního faktoru vnitřního povrchu původních obvodových panelů stavební soustavy T 06 B	- 49 -
Graf 4: Porovnání teplot vnitřního povrchu původních obvodových panelů stavební soustavy T 06 B po 8 hodinách po ukončení vytápění	- 50 -
Graf 5: Porovnání tepelných ztrát prostupem tepla původních obvodových panelů stavební soustavy T 06 B.....	- 50 -
Graf 6: Součinitel prostupu tepla pro různé šířky izolantu na panelu označeném T 06 B_1	- 52 -
Graf 7: Teplotní faktor vnitřního povrchu pro různé šířky izolantu na panelu označeném T 06 B_1	- 52 -
Graf 8: Teplota vnitřního povrchu pro různé šířky izolantu na panelu označeném T 06 B_1 po 8 hodinách po ukončení vytápění	- 53 -
Graf 9: Tepelná ztráta prostupem tepla pro různé šířky izolantu na panelu označeném T 06 B_1	- 53 -
Graf 10: Porovnání součinitelů prostupů tepla obvodových panelů stavební soustavy PS 61	- 65 -
Graf 11: Porovnání teplotního faktoru vnitřního povrchu původních obvodových plášťů stavební soustavy PS 61.....	- 66 -
Graf 12: Porovnání teplot vnitřního povrchu původních obvodových panelů stavební soustavy PS 61 po 8 hodinách po ukončení vytápění	- 67 -
Graf 13: Porovnání tepelných ztrát prostupem tepla původních obvodových panelů stavební soustavy PS 61	- 67 -
Graf 14: Skladba dodatečného zateplení	- 68 -
Graf 15: Součinitel prostupu tepla pro různé šířky izolantu na panelu s označením PS 61_1	- 69 -
Graf 16: Teplotní faktor vnitřního povrchu pro různé šířky izolantu na panelu PS 61_1	- 69 -
Graf 17: Teplota vnitřního povrchu pro různé šířky izolantu na panelu označením PS 61_1 po 8 hodinách po ukončení vytápění	- 70 -

Graf 18: Tepelná ztráta prostupem tepla pro různé šířky izolantu na panelu označeném PS 61_1.....	- 70 -
Graf 19: Porovnání součinitelů prostupů tepla původních obvodových panelů stavební soustavy PS 69.....	- 81 -
Graf 20: Porovnání teplotního faktoru vnitřního povrchu původních obvodových panelů stavební soustavy PS 69.....	- 82 -
Graf 21: Porovnání teplot vnitřního povrchu původních obvodových panelů stavební soustavy PS 69 po 8 hodinách po ukončení vytápění	- 83 -
Graf 22: Porovnání tepelných ztrát prostupem tepla původních obvodových panelů stavební soustavy PS 69.....	- 83 -
Graf 23: Součinitel prostupu tepla pro různé šířky izolantu na panelu s označením PS 69_2	- 85 -
Graf 24: Teplotní faktor vnitřního povrchu pro různé šířky izolantu na panelu s označením PS 69_2.....	- 86 -
Graf 25: Teplota vnitřního povrchu pro různé tloušťky izolantu na panelu označeném PS 69_2 po 8 hodinách po ukončení vytápění	- 86 -
Graf 26: Tepelná ztráta prostupem tepla pro různé šířky izolantu na panelu označením PS 69_2.....	- 87 -

11.5 Seznam tabulek

Tab. 1: Struktura bytového fondu ČR	- 10 -
Tab. 2: Přehled vývoje typizovaných soustav bytových domů v ČR (včetně oblastních variant a experimentálních budov)	- 15 -
Tab. 3: Porovnání vybraných požadavků na součinitele prostupu tepla v čase se současnými	- 15 -
Tab. 4: Průměrné náklady na opravu 1 b.j.	- 18 -
Tab. 5: Efektivnost rekonstrukcí b.j. v panelových objektech mezi léty 1992 a 2009 pro jednotlivé regenerační kroky	- 18 -
Tab. 6: Stavební soustavy panelových domů na území západních Čech.....	- 23 -
Tab. 7: Rozvrstvení obyvatelstva dle typů domů v západních Čechách	- 24 -
Tab. 8: Typizované soustavy postavené na území města Plzně	- 25 -
Tab. 9: Požadované a doporučené hodnoty součinitele tepla pro vnější stěny	- 30 -
Tab. 10: Výpis základních prvků stavební soustavy T 06 B.....	- 41 -
Tab. 11: Šířka prefabrikovaných základových pasů dle typu konstrukce a počtu nadzemních podlaží pro s.s. T 06 B.....	- 42 -
Tab. 12: Skladba původního štítového panelu T 06 B	- 44 -
Tab. 13: Skladba štítového panelu po roce 1977 T 06 B.....	- 44 -
Tab. 14: Skladba původního obvodového panelu T06 B	- 45 -
Tab. 15: Skladba obvodového panelu po roce 1977 T 06 B.....	- 45 -
Tab. 16: Příklady skladeb jednoplášťových střech T 06 B	- 46 -
Tab. 17: Příklad skladby dvouplášťové střechy T 06 B.....	- 46 -
Tab. 18: Označení jednotlivých panelů T 06 B	- 47 -
Tab. 19: Výsledky nezateplených obvodových panelů T 06 B.....	- 47 -
Tab. 20: Skladba zatepleného panelu stavební soustavy T 06 B	- 51 -
Tab. 21: Tloušťka dodatečné tepelné izolace pro splnění normových požadavků.... na součinitel prostupu tepla	- 51 -
Tab. 22: Tloušťka dodatečné tepelné izolace pro splnění normových požadavků na součinitel prostupu tepla	- 54 -
Tab. 23: Tloušťka dodatečné tepelné izolace pro splnění normových požadavků na součinitel prostupu tepla	- 55 -

Tab. 24: Tloušťka dodatečné tepelné izolace pro splnění normových požadavků na součinitel prostupu tepla	- 56 -
Tab. 25: Výpis základních prvků stavební soustavy PS 61.....	- 61 -
Tab. 26: Rozměry monolitických základových pasů dle typu konstrukce a počtu nadzemních podlaží pro s.s. PS 61.....	- 62 -
Tab. 27: Skladba štítového panelu PS 61.....	- 63 -
Tab. 28: Skladba průčelního panelu PS 61	- 64 -
Tab. 29: Příklady skladeb jednoplášťových střech PS 61	- 64 -
Tab. 30: Označení jednotlivých panelů PS 61	- 64 -
Tab. 31: Výsledky nezateplených obvodových panelů PS 61.....	- 65 -
Tab. 32: Tloušťka dodatečné tepelné izolace pro splnění normových požadavků na součinitel prostupu tepla	- 68 -
Tab. 33: Tloušťka dodatečné tepelné izolace pro splnění normových požadavků na součinitel prostupu tepla	- 71 -
Tab. 34: Výpis základních prvků stavební soustavy PS 69.....	- 75 -
Tab. 35: Skladba původního štítového panelu PS 69:.....	- 77 -
Tab. 36: Skladba štítového panelu po roce 1977 PS 69.....	- 77 -
Tab. 37: Skladba původního obvodového panelu PS 69.....	- 78 -
Tab. 38: Skladba obvodového panelu po roce 1977.....	- 78 -
Tab. 39: Alternativní skladba parapetního panelu PS 69.....	- 78 -
Tab. 40: Alternativní skladba obvodového panelu PS 69	- 79 -
Tab. 41: Příklad skladby dvouplášťové střechy PS 69.....	- 79 -
Tab. 42: Označení jednotlivých panelů PS 69	- 80 -
Tab. 43: Výsledky nezateplených obvodových panelů PS 69.....	- 80 -
Tab. 44: Skladba dodatečného zateplení	- 84 -
Tab. 45: Tloušťka dodatečné tepelné izolace pro splnění normových požadavků na součinitel prostupu tepla	- 84 -
Tab. 46: Tloušťka dodatečné tepelné izolace pro splnění normových požadavků na součinitel prostupu tepla	- 85 -
Tab. 47: Tloušťka dodatečné tepelné izolace pro splnění normových požadavků na součinitel prostupu tepla	- 87 -
Tab. 48: Tloušťka dodatečné tepelné izolace pro splnění normových požadavků na součinitel prostupu tepla	- 88 -

Tab. 49: Souhrn doporučených tloušťek tepelné izolace pro jednotlivé panely zkoumaných stavebních soustav - 98 -

Tab. 50: Značky, jednotky a veličiny - 102 -

12 Použité zdroje

12.1 Literatura

Bayer, R.: Úvod do principů termografie. Fluke.

CERPAD, o.s. – ICC Praha (2009): Výtah ze závěrečné zprávy - Studie stavu bytového fondu panelové zástavby v ČR. Panel SCAN 2009 pro Státní fond rozvoje bydlení, Praha.

FLIR. (2012): Příručka využití termografie v oblasti stavebních a obnovitelných zdrojů energie. FLIR Systems AB.

Hapl, L. (1998): Nástavby panelových objektů v Plzni. Plzeň.

Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR (2003): Kompletní regenerace nosné konstrukce stavební soustavy T 06 B (Západočeská varianta – Plzeň). Informační centrum ČKAIT, s. r. o., Praha.

Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR (2000a): Charakteristické vady a poruchy nosných konstrukcí panelových domů. Informační centrum ČKAIT, s. r. o., Praha.

Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR (2000b): Kompletní regenerace panelových domů stavební soustavy T 06 B. Informační centrum ČKAIT, s. r. o., Praha.

Pozemní stavby, n. p. Plzeň (1973a): Původní technická dokumentace ke stavební soustavě PS 69 Typová řada B (P. P. + 4 N. P.). Osobní archiv Ing. Ludka Vejvary Ph.D.

Pozemní stavby, n. p. Plzeň (1973b): X. Výkresová dokumentace, B. Typové styky a spoje (2. část). Osobní archiv Ing. Ludka Vejvary Ph.D.

Detaily k objektům Komenského 37 a 39, Plzeň. Osobní archiv Ing. Václava Petráše.

Původní technická dokumentace ke stavební soustavě PS 61. Osobní archiv Ing. Luďka Vejvary Ph.D.

Původní technická dokumentace ke stavební soustavě PS 69. Osobní archiv Ing. Luďka Vejvary Ph.D.

Původní technická dokumentace ke stavební soustavě T 06 B. Osobní archiv Ing. Luďka Vejvary Ph.D.

Původní technická dokumentace ke stavební soustavě T 06 B. Magistrát města Plzně, Technický úřad MMP - Odbor stavebně správní, stavební archiv. Na Kovárně č.p. 7 a 9.

Stavoprojekt Plzeň (1973): Původní technická dokumentace ke stavební soustavě PS 69 Typová řada A (P. P. + 8 N. P.). Osobní archiv Ing. Luďka Vejvary Ph.D.

Svoboda, Z. (2014): Průměrný součinitel prostupu tepla budovy. FSv ČVUT Praha, Praha.

Šafařík, M. (2013): Potenciál úspory energie v budovách v ČR. PORSENN A o.p.s..

Šála, J. (2000): Zateplování budov. Grada Publishing, spol. s r. o., Praha.

Šála, J. – Machatka, M. (2002): Tepelně technické vady a poruchy. OPET Czech Republic, Praha/Brno.

Vejvara, L.: Panelové systémy, hlavní plzeňské varianty. Studijní materiál k předmětu SA 3.

12.2 Internetové zdroje

AION CS, s.r.o.: Zákony pro lidi. (náhledy zákonů, <http://www.zakonyprolidi.cz>, 17. 9. 2015).

Cigošová, A. (2010): Zelená úsporám a zateplování bytových domů postavených v typizované konstrukční soustavě. Časopis Stavebnictví, 2/2010. (http://www.casopisstavebnictvi.cz/zelena-usporam-a-zateplovani-bytovych-domu-postavenych-v-typizovane-konstrukcni-soustave_N3134, 27. 9. 2015).

Český statistický úřad (2011a): Obyvatelstvo, domy, byty a domácnosti podle Sčítání lidu, domů a bytů - ČR, kraje, okresy, SO ORP, správní obvody Prahy a města (sídla SO ORP) – 2011., ČR Tab. 352_1 (<https://www.czso.cz/csu/czso/obyvatelstvo-domy-byty-a-domacnosti-podle-scitani-lidu-domu-a-bytu-2011-cr-kraje-okresy-so-orp-spravni-obvody-prahy-a-mesta-sidla-so-orp-2011-egrhq6c4dz>, 21. 9. 2015).

Český statistický úřad (2011b): Obyvatelstvo, domy, byty a domácnosti podle Sčítání lidu, domů a bytů - ČR, kraje, okresy, SO ORP, správní obvody Prahy a města (sídla SO ORP) – 2011., Plzeňský kraj Tab. 352_3042 (<https://www.czso.cz/csu/czso/obyvatelstvo-domy-byty-a-domacnosti-podle-scitani-lidu-domu-a-bytu-2011-cr-kraje-okresy-so-orp-spravni-obvody-prahy-a-mesta-sidla-so-orp-2011-egrhq6c4dz>, 10. 10. 2015).

Český statistický úřad (2011c): Obyvatelstvo, domy, byty a domácnosti podle Sčítání lidu, domů a bytů - ČR, kraje, okresy, SO ORP, správní obvody Prahy a města (sídla SO ORP) – 2011., Karlovarský kraj Tab. 352_3051 (<https://www.czso.cz/csu/czso/obyvatelstvo-domy-byty-a-domacnosti-podle-scitani-lidu-domu-a-bytu-2011-cr-kraje-okresy-so-orp-spravni-obvody-prahy-a-mesta-sidla-so-orp-2011-egrhq6c4dz>, 10. 10. 2015).

Český statistický úřad (2011d): Obyvatelstvo, domy, byty a domácnosti podle Sčítání lidu, domů a bytů - ČR, kraje, okresy, SO ORP, správní obvody Prahy a města (sídla SO ORP) – 2011., Okres Plzeň-město Tab. 352_40371

(<https://www.czso.cz/csu/czso/obyvatelstvo-domy-byty-a-domacnosti-podle-scitani-lidu-domu-a-bytu-2011-cr-kraje-okresy-so-orp-spravni-obvody-prahy-a-mesta-sidla-so-orp-2011-egrhq6c4dz>, 10. 10. 2015).

Hejhálek, J. (2001): Setrvačnost vnitřní povrchové teploty obvodových konstrukcí. Stavebnictvi3000.cz. (<http://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/vnitri-povrchove-teploty-obvodovych-konstrukci>, 2. 11. 2015).

Hejhálek, J. (2006): Tepelná akumulace a teplotní setrvačnost u dřevostaveb. Stavebnictvi3000.cz. (<http://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/tepelna-akumulace-a-teplotni-setrvacnost-u-drevost>, 2. 11. 2015).

Hejhálek, J. (2010): Difúze vodní páry – veličiny, hodnoty a jednotky. (<http://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/difuze-vodni-pary-veliciny-hodnoty-a-jednotky>, 17. 11. 2015).

Mikš, L. (2012): Energetická spotřeba budov - dogmata a fakta. Časopis Stavebnictví, 1/2012. (http://www.casopisstavebnictvi.cz/energeticka-spotreba-budov-dogmata-a-fakta_N4959, 25. 9. 2015).

Počinková, M. – Rubinová, O. (2009): Infračervená termografie ve stavebnictví. (<http://stavba.tzb-info.cz/tepelne-izolace/5891-infracervena-termografie-ve-stavebnictvi>, 18. 11. 2015).

Ředitelství vodních cest ČR (2009): Technické kvalitativní podmínky staveb ŘVC ČR, Praha
(http://www.rvccr.cz/public/data/downloads/dokumenty/beton_konstrukce.pdf, 18. 10. 2015).

Řezníček, J.: TECHNOR. (kontrola platnosti ČSN, <http://www.technicke-normy-csn.cz>, 17. 9. 2015).

Sova, J.: Základy práce s IČT kamerou. Centrum termografie.

Státní fond rozvoje bydlení (2013): (<http://www.sfrb.cz/programy/uvery-na-opravy-a-modernizace-domu>, 8. 10. 2015).

Šubrt, R. (2006): Vodní pára a její kondenzace v konstrukcích. (<http://www.tzb-info.cz/3285-vodni-para-a-jeji-kondenzace-v-konstrukcich>, 17. 11. 2015).

12.3 Legislativa

ČSN 73 0540-1: 2005 Tepelná ochrana budov – Část 1: Terminologie.

ČSN 73 0540-2: 2002 Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky (neplatná norma).

ČSN 73 0540-2: 2011 Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky.

ČSN 73 0540-3: 2005 Tepelná ochrana budov – Část 3: Výpočtové hodnoty veličin pro navrhování a ověřování.

ČSN 73 0540-4: 2005 Tepelná ochrana budov – Část 4: Výpočtové metody.

ČSN EN 12831: 2005 Tepelné soustavy v budovách – Výpočet tepelného výkonu.

Nařízení vlády č. 299/2001 Sb. Nařízení vlády o použití prostředků Státního fondu rozvoje bydlení ke krytí části úroků z úvěrů poskytnutých bankami právnickým a fyzickým osobám na opravy, modernizace nebo regenerace panelových domů.

Nařízení vlády č. 468/2012 Sb. o použití prostředků Státního fondu rozvoje bydlení formou úvěrů poskytnutých právnickým a fyzickým osobám na opravy a modernizace domů.

Předpis č. 78/2013 Sb. Vyhláška o energetické náročnosti budov.

Předpis č. 183/2006 Sb. Zákon o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon).

Předpis č. 268/2009 Sb. Vyhláška o technických požadavcích na stavby.

Předpis č. 406/2000 Sb. Zákon o hospodaření energií.

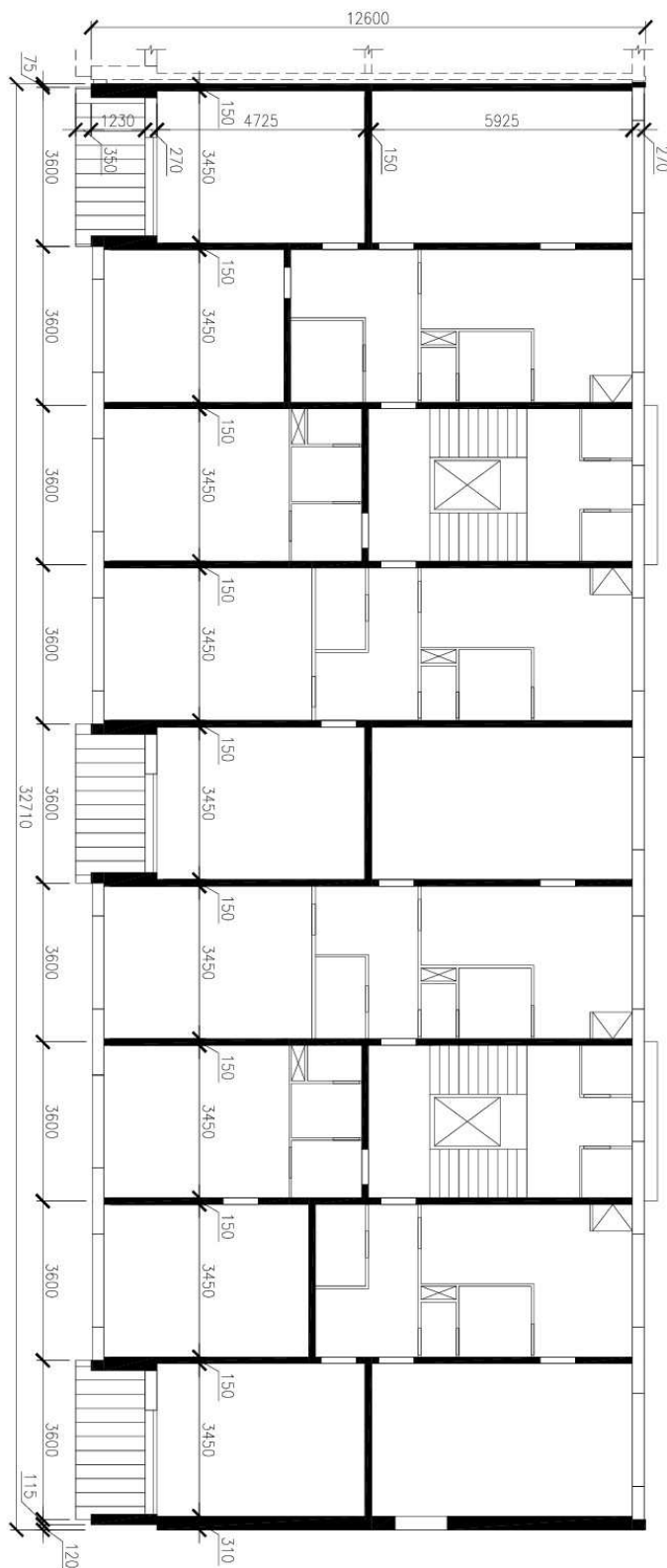
Vyhláška Ministerstva pro místní rozvoj č. 268/2009 Sb. Vyhláška o technických požadavcích na stavby.

Vyhláška Ministerstva pro místní rozvoj č. 501/2009 Sb. Vyhláška o obecných požadavcích na využívání území.

Vyhláška Ministerstva průmyslu a obchodu č. 78/2013 Sb. Vyhláška o energetické náročnosti budov.

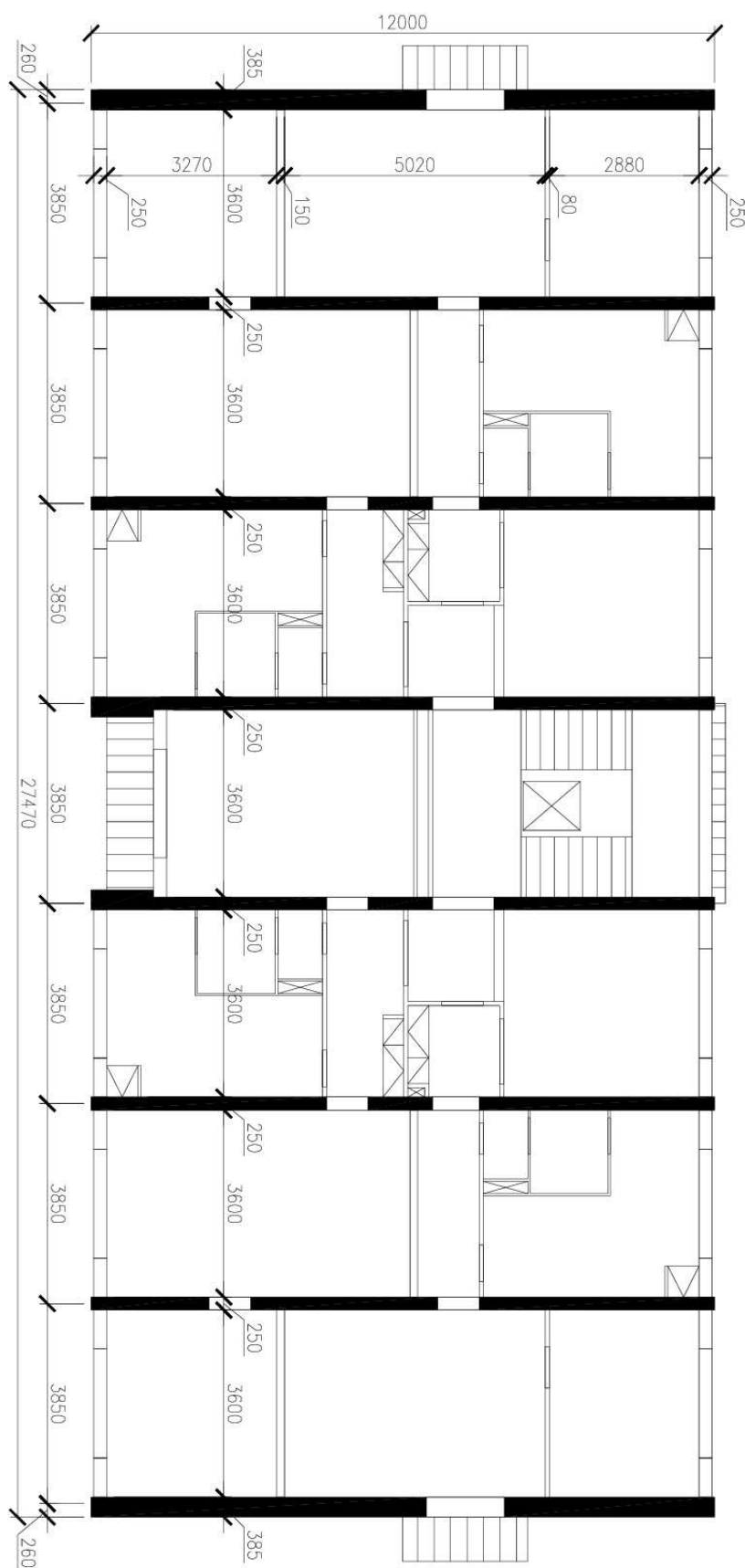
Příloha A Schémata panelových soustav

A.1 T 06 B



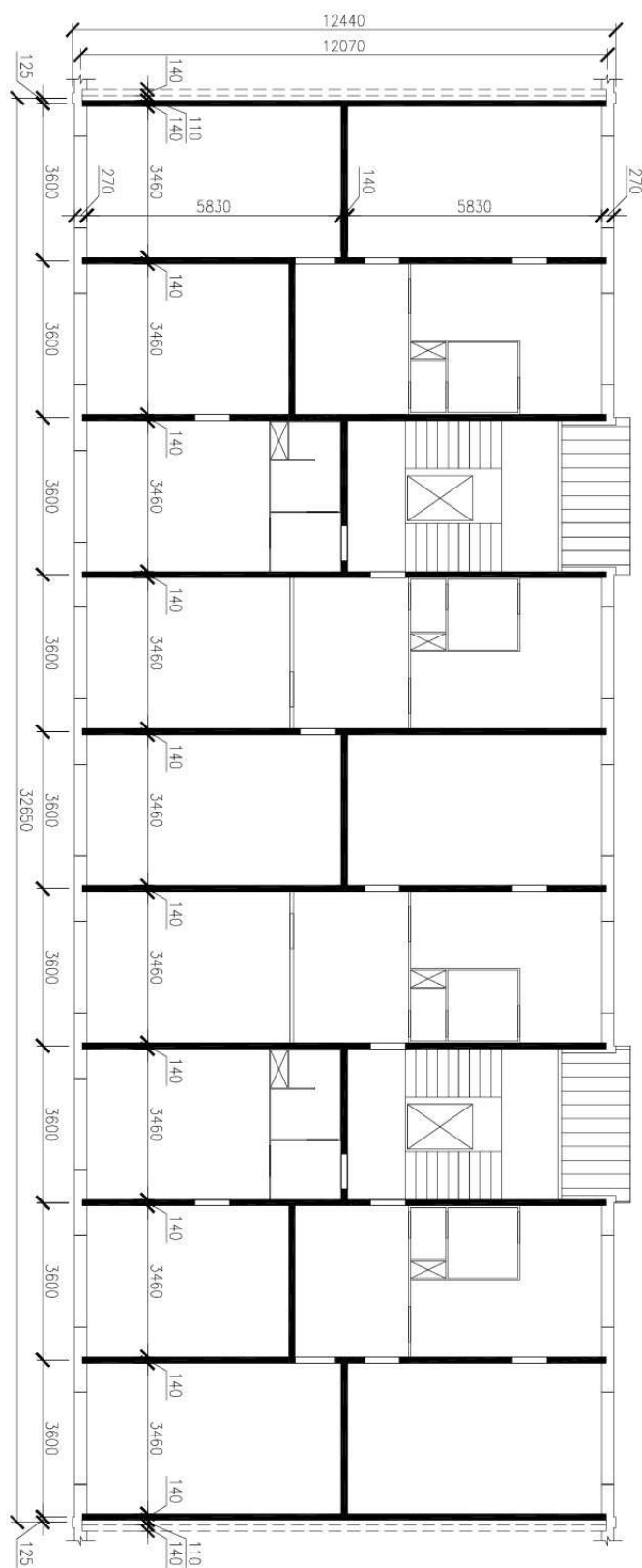
T 06 B – 8NP (5_1965) PLZEŇ, NA KOVÁRNĚ 7, 9

Obr. 2: Schéma panelové soustavy T 06 B

A.2 PS 61

PS 61 – 8 N.P. (11/1961), PLZEŇ, NEPOMUCKÁ 4

Obr. 3: Schéma panelové soustavy PS 61

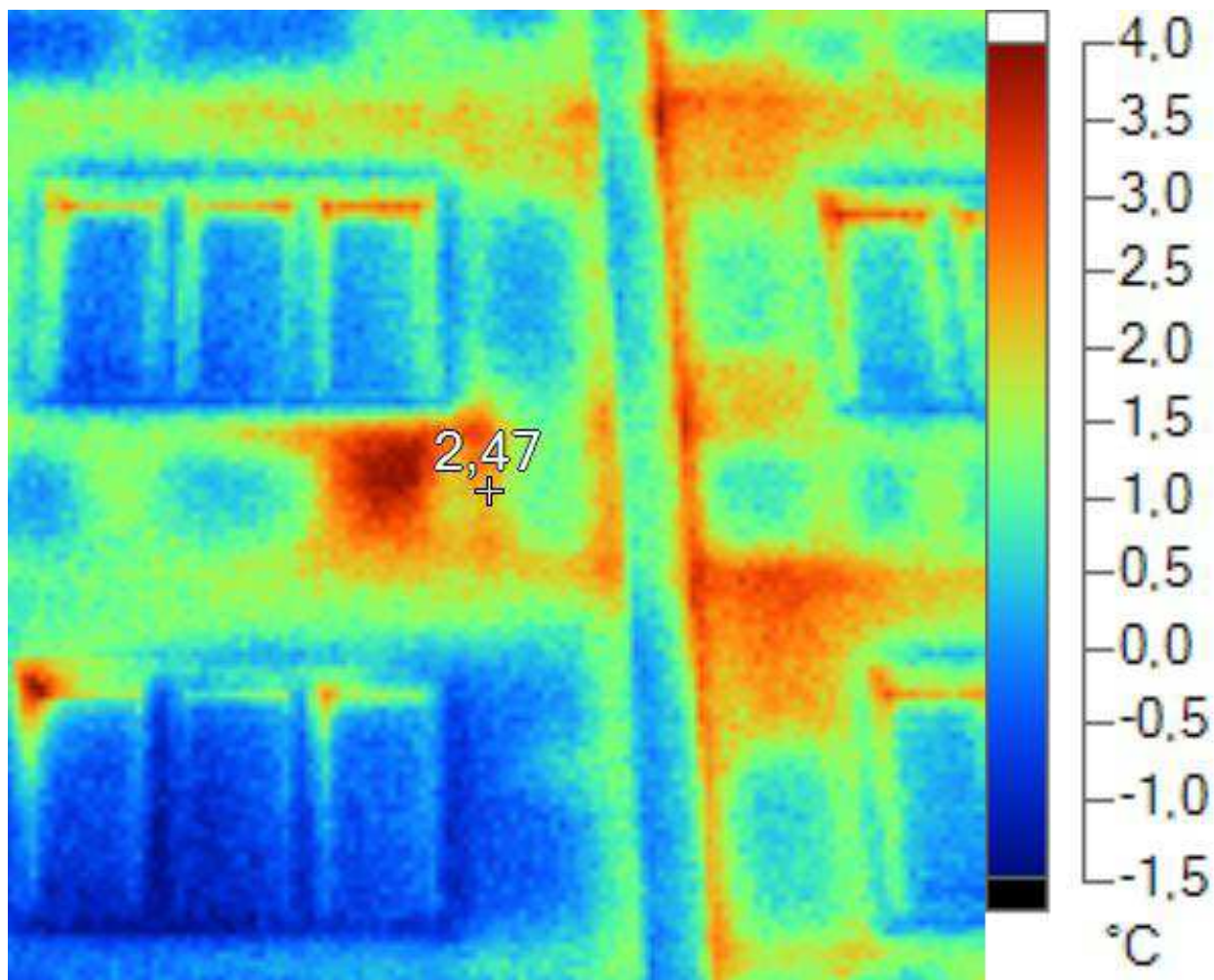
A.3 PS 69

PS 69 – 8 N.P. (11/1971), PLZEŇ-SKVRŇANY

Obr. 4: Schéma panelové soustavy PS 69

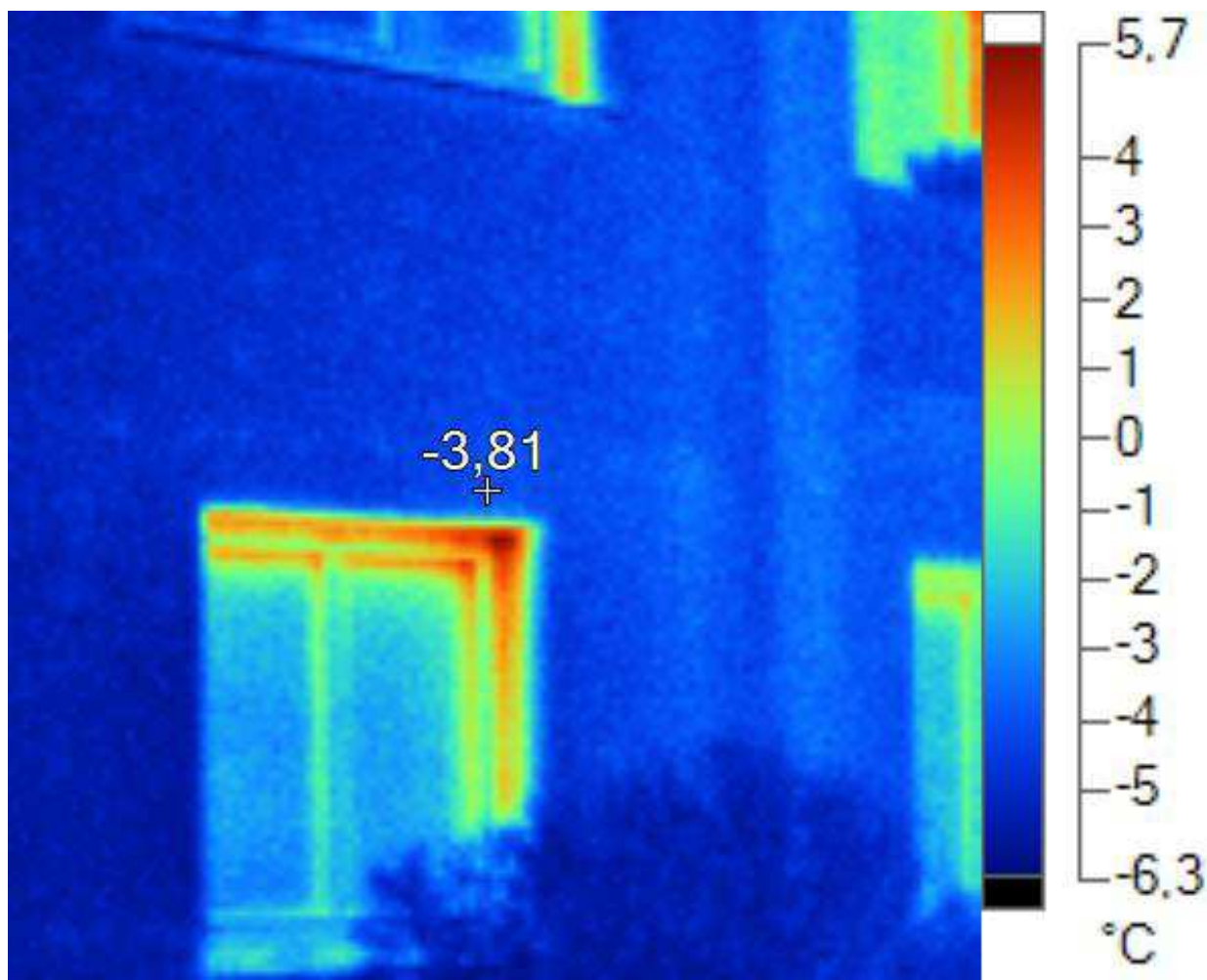
Příloha B Termogramy panelových soustav

B.1 T 06 B – před zateplením



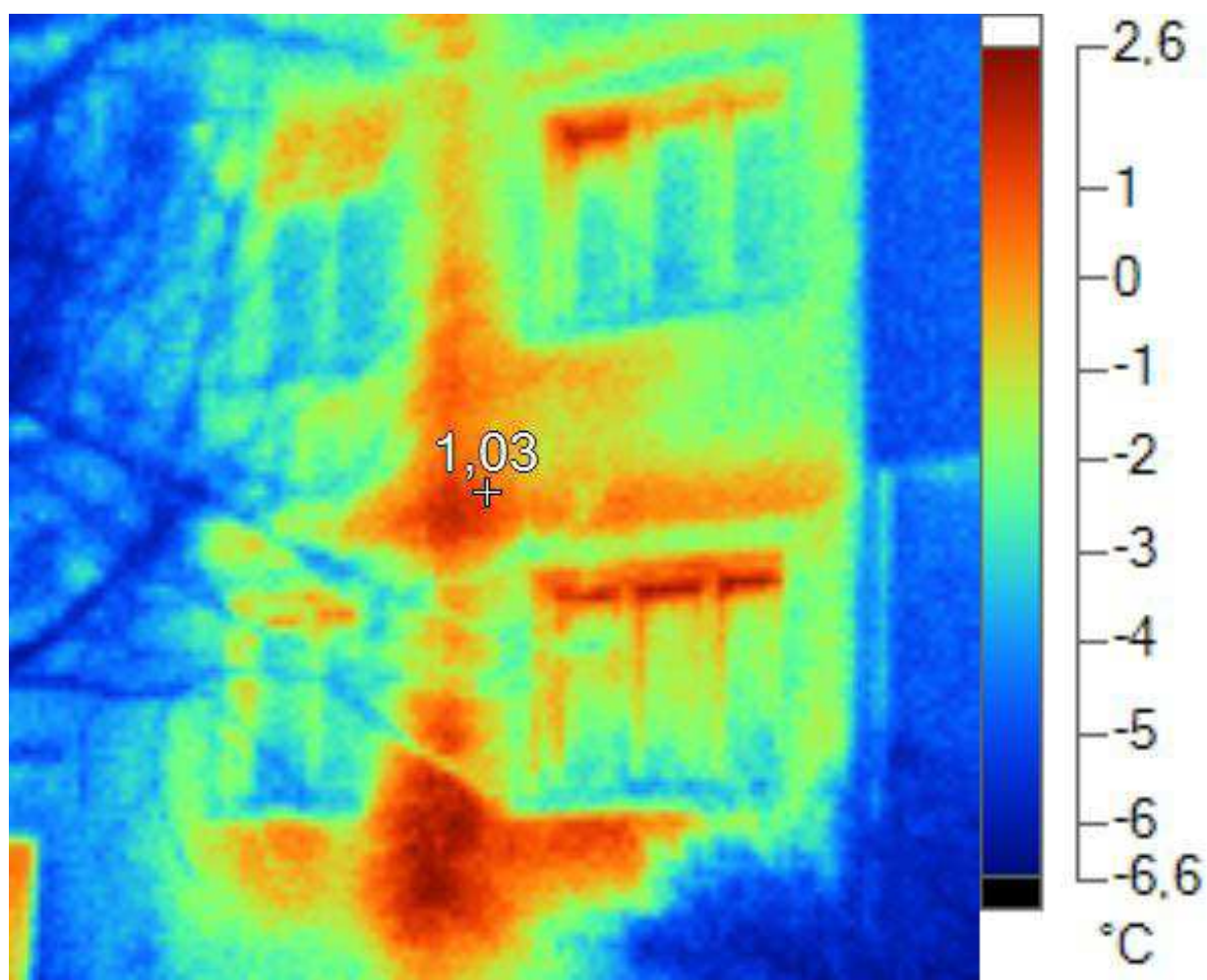
Zdroj: Osobní archiv Ing. Václava Petráše

B.2 T 06 B – po zateplení



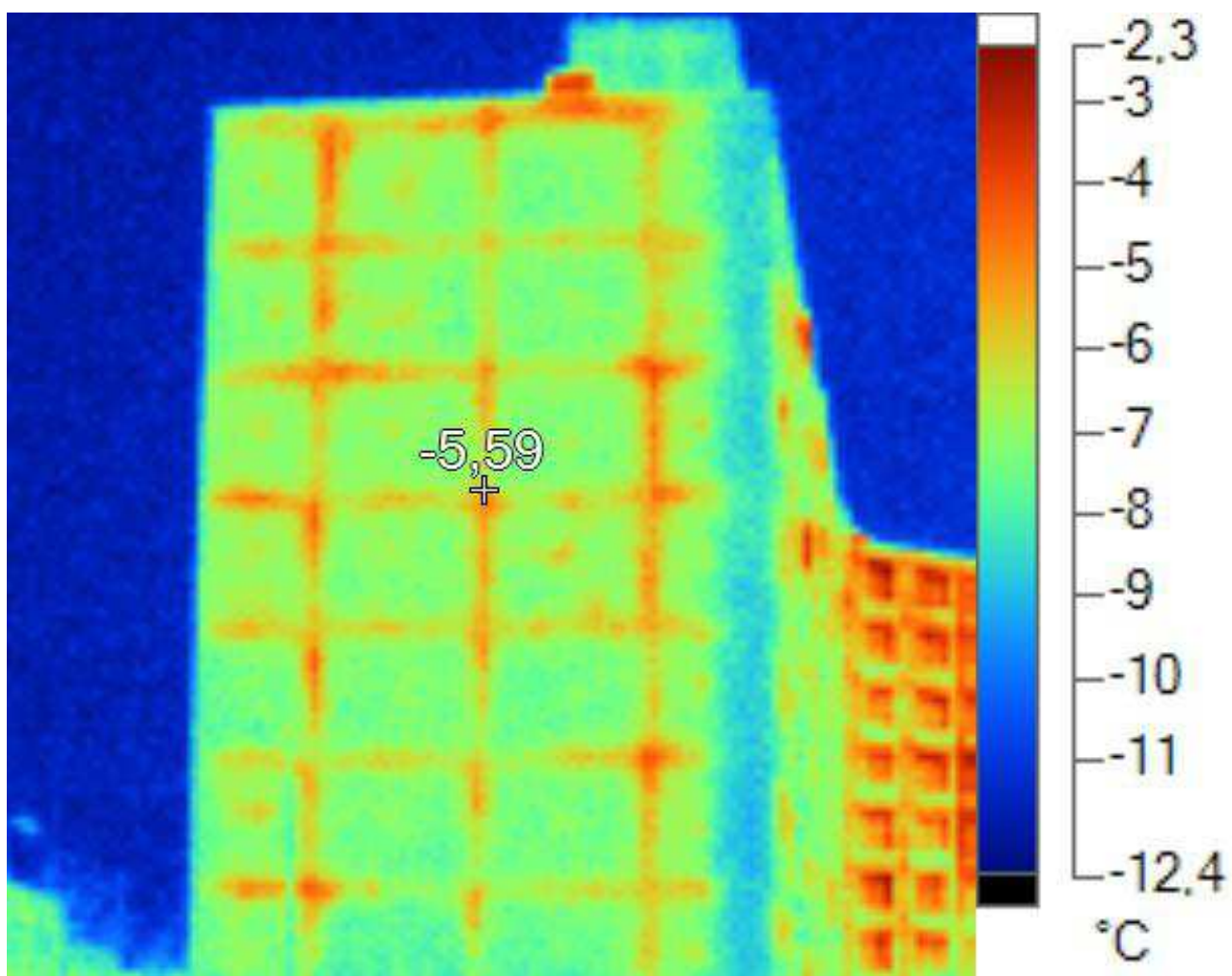
Zdroj: Osobní archiv Ing. Václava Petráše

B.3 PS 61 – před zateplením



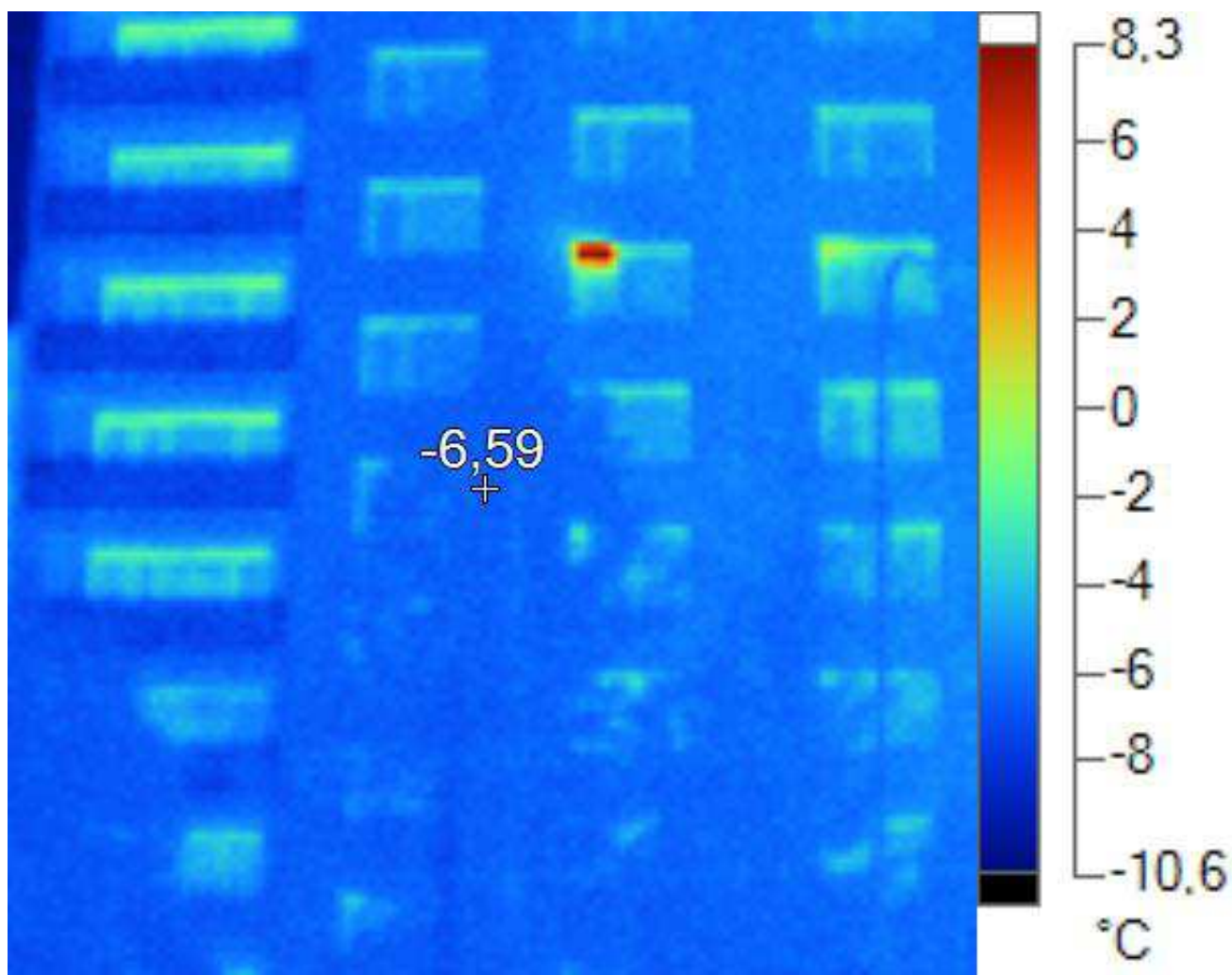
Zdroj: Osobní archiv Ing. Václava Petráše

B.4 PS 69, před zateplením



Zdroj: Osobní archiv Ing. Václava Petráše

B.5 PS 69, po zateplení



Zdroj: Osobní archiv Ing. Václava Petráše

Příloha C Výpočet programu

Zde je uveden příklad výstupu programu pro konstrukci obvodové stěny stavební soustavy T 06 B, která byla používána před rokem 1977 s dodatečnou tepelnou izolací ve formě 50 mm širokého polystyrenu EPS.

Součinitel prostupu tepla

Název projektu: T 06 B

Označení: T 06 B_5

Typ konstrukce: **Obvodová stěna - průčeli, 250 + 50 mm**

j-tá vrstva*	Materiál	Tloušťka	Hustota	Souč. tep. vodivosti	Tepelný odpor
		d_j [mm]	ρ_j [kg/m ³]	λ_j [W/(m·K)]	R_j [m ² ·K/W]
1	Omítka vápenná	10	1600	0,880	0,011
2	Keramzitbeton KB 40	250	1250	0,580	0,431
3	Penetrační nátěr	0	0	0,000	0,000
4	Lepicí tmel	4	1300	0,900	0,004
5	Polystyren EPS	50	30	0,039	1,282
6	Lepicí tmel s rohoží	4	1300	0,900	0,004
7	Penetrační nátěr	0	0	0,000	0,000
8	Silikátová omítka	2	1650	0,800	0,003
		$\Sigma d_j = d =$	320 mm	$\Sigma R_j = R =$	1,736

* jednotlivé vrstvy konstrukce jsou číslovány od interiéru do exteriéru

$$R_j = d_j / \lambda_j \quad [\text{m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}] \quad - \text{tepelný odpor } j\text{-té vrstvy konstrukce}$$

$$R_{si} = 0,13 \quad [\text{m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}] \quad - \text{odpor při prostupu tepla na vnitřní straně konstrukce}$$

$$R_{se} = 0,04 \quad [\text{m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}] \quad - \text{odpor při prostupu tepla na vnější straně konstrukce}$$

$$R_T = R_{si} + R + R_{se} \quad - \text{úhrnný tepelný odpor bránící výměně tepla mezi}$$

$$R_T = 1,906 \quad [\text{m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}] \quad \text{prostředími oddělenými od sebe stavební konstrukcí}$$

o tepelném odporu R

$$U = U_{id} + \Delta U_{tbk} \quad [\text{W} / (\text{m}^2 \cdot \text{K})] \quad - \text{součinitel prostupu tepla}$$

$$U_{id} = 1 / R_T \quad [\text{W} / (\text{m}^2 \cdot \text{K})] \quad - \text{součinitel prostupu tepla ideálního výseku konstrukce}$$

$$U_{id} = 0,525 \quad [\text{W} / (\text{m}^2 \cdot \text{K})]$$

$$\Delta U_{tbk} = \Sigma \Delta U_{tbk,j} \quad [\text{W} / (\text{m}^2 \cdot \text{K})] \quad - \text{zvýšení součinitele prostupu tepla vlivem tep. mostů}$$

$$\Delta U_{tbk} = 0,062 \quad [\text{W} / (\text{m}^2 \cdot \text{K})]$$

$$U = 0,59 \quad [\text{W} / (\text{m}^2 \cdot \text{K})]$$

Hodnoty dle ČSN 73 0540-2: 2011 Tepelná ochrana budov, Část 2: Požadavky
- pro návrhovou relativní vlhkost vnitřního vzduchu $\varphi_i \leq 60\%$ a pro převažující
návrhovou vnitřní teplotu θ_{im} v intervalu 18 až 22 °C

$$U \leq U_N \quad \text{- podmínka dle ČSN 73 0540-2}$$

$$U_N = 0,30 \text{ [W/(m}^2 \cdot \text{K)]} \quad \text{- požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla}$$

$$U_{rec} = 0,25 \text{ [W/(m}^2 \cdot \text{K)]} \quad \text{- doporučená hodnota součinitele prostupu tepla}$$

$$U_{pas} = 0,18 \text{ [W/(m}^2 \cdot \text{K)]} \quad \text{- doporučená hod. souč. prost. tepla pro pasivní domy}$$

Součinitel prostupu tepla **NEVYHOVUJE** požadované hod. součinitele prostupu tepla.
Součinitel prostupu tepla **NEVYHOVUJE** doporučené hod. součinitele prostupu tepla.
Součinitel prostupu tepla **NEVYHOVUJE** doporučené hod. součinitele prostupu tepla
pro pasivní domy.

Tepelná ztráta prostupem tepla přes obvodovou konstrukci

dle ČSN EN 12831

j-tá část	Část	Plocha	Součinitel prostupu tepla	Zvýšení souč. prostupu tepla vlivem tep. mostů
		A_j [m ²]	U_j [W/(m ² ·K)]	ΔU_{tbk} [W/(m ² ·K)]
1	Hl. konstrukce	10,08	0,52	
2	Okna			
3	Dveře			
4				

$$\theta_e = -15 \text{ [}^\circ\text{C]} \quad \text{- návrhová teplota venkovního vzduchu v zimním období}$$

$$\theta_i = 20 \text{ [}^\circ\text{C]} \quad \text{- návrhová teplota vnitřního vzduchu v zimním období}$$

$$H_{T,ie} = \sum A_j \cdot U_{k,j} \cdot e_j \text{ [W/K]} \quad \text{- měrná tepelná ztráta prostupem přes obvodový plášť}$$

$$U_{k,j} = U_j + \Delta U_{tbk} \text{ [W/m}^2 \cdot \text{K]}$$

$$e_j = 1 \text{ [-]} \quad \text{- korekční činitel zahrnující klimatické vlivy}$$

$$H_{T,ie} = 5,3 \text{ [W/K]}$$

$$\Phi_{T,ie} = H_{T,ie} \cdot (\theta_i - \theta_e) \text{ [W]} \quad \text{- tepelná ztráta prostupem tepla}$$

$$\Phi_{T,ie} = 185,1 \text{ [W]} \quad \text{- tep. ztráta prostupem tepla charakteristickým výsekem}$$

$$\Phi_{T,ie} = 18,4 \text{ [W/m}^2\text{]} \quad \text{- tepelná ztráta prostupem tepla vztažená na 1 m}^2 \text{ kce}$$

Průběh teplot v konstrukci

Název projektu: T 06 B

Označení: T 06 B_5

Typ konstrukce: **Obvodová stěna - průčelí, 250 + 50 mm**

j-tá vrstva*	Materiál	Tloušťka	Hustota	Souč. tep. vodivosti	Tepelný odpor
		d_j [mm]	ρ_j [kg/m ³]	λ_j [W/(m·K)]	R_j [m ² ·K/W]
1	Omítka vápenná	10	1600	0,880	0,011
2	Keramzitbeton KB 40	250	1250	0,580	0,431
3	Penetrační nátěr	0	0	0,000	0,000
4	Lepící tmel	4	1300	0,900	0,004
5	Polystyren EPS	50	30	0,039	1,282
6	Lepící tmel s rohoží	4	1300	0,900	0,004
7	Penetrační nátěr	0	0	0,000	0,000
8	Silikátová omítka	2	1650	0,800	0,003
		$\Sigma d_j = d =$	320 mm	$\Sigma R_j = R =$	1,736

* jednotlivé vrstvy konstrukce jsou číslovány od interiéru do exteriéru

Teplotní oblast: 2

Nadmožská výška: 311 [m.n.m.]

 $\theta_e = -15$ [°C]

- návrhová teplota venkovního vzduchu v zimním období

 $\theta_i = 20$ [°C]

- návrhová teplota vnitřního vzduchu v zimním období

 $\theta_{ai} = 21,0$ [°C]

- výpočtová teplota vnitřního vzduchu v zimním období

 $R_{si} = 0,25$ [m²·K/W]

- odpor při prostupu tepla na vnitřní straně konstrukce

 $R_{se} = 0,04$ [m²·K/W]

- odpor při prostupu tepla na vnější straně konstrukce

 $R_T = R_{si} + R + R_{se}$

- úhrnný tepelný odpor bránící výměně tepla

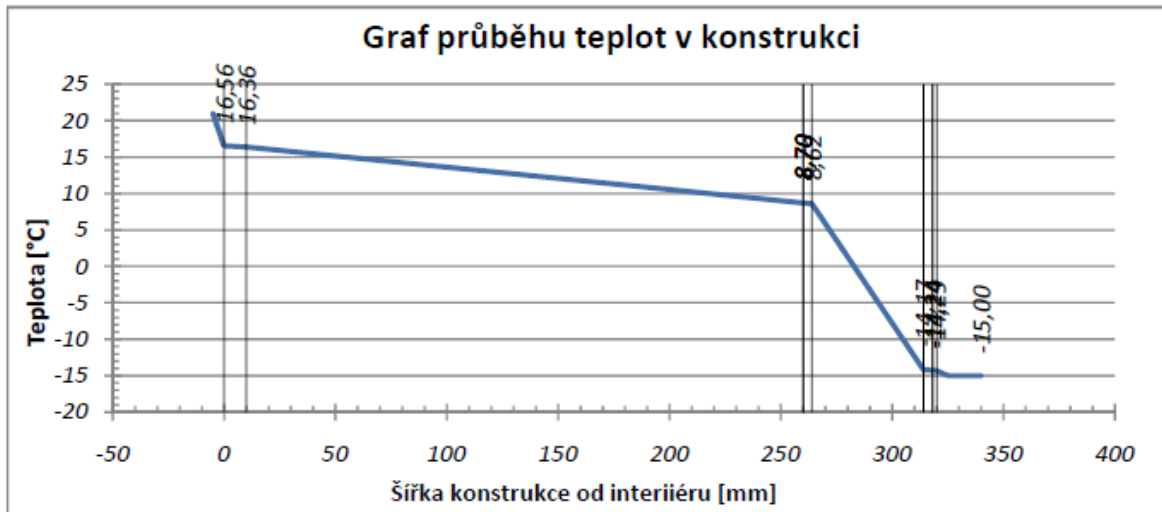
 $R_T = 2,026$ [m²·K/W] $U = 1/R_T$ [W/(m²·K)]

- součinitel prostupu tepla

 $U = 0,494$ [W/(m²·K)] $\theta_{j,j+1} = \theta_{ai} - U \cdot (R_{si} + \Sigma R_j) \cdot (\theta_{ai} - \theta_e)$

- teplota na rozhraní j-té a j-té+1 vrstvy

$\theta_{ai} =$	21,0	°C	- výpočtová teplota vnitřního vzduchu v zimním období
$\theta_{i,1} =$	16,56	°C	- teplota na vnitřním povrchu 1. vrstvy
$\theta_{1,2} =$	16,36	°C	- teplota mezi 1. a 2. vrstvou
$\theta_{2,3} =$	8,70	°C	- teplota mezi 2. a 3. vrstvou
$\theta_{3,4} =$	8,70	°C	- teplota mezi 3. a 4. vrstvou
$\theta_{4,5} =$	8,62	°C	- teplota mezi 4. a 5. vrstvou
$\theta_{5,6} =$	-14,17	°C	- teplota mezi 5. a 6. vrstvou
$\theta_{6,7} =$	-14,24	°C	- teplota mezi 6. a 7. vrstvou
$\theta_{7,8} =$	-14,24	°C	- teplota mezi 7. a 8. vrstvou
$\theta_{8,e} =$	-14,29	°C	- teplota na vnějším povrchu 8. vrstvy
$\theta_e =$	-15,00	°C	- návrhová teplota venkovního vzduchu v zimním období



Nejnižší vnitřní povrchová teplota konstrukce

$$\theta_{si,min} = 16,56 \text{ [}^\circ\text{C]} \quad - \text{nejnižší vnitřní povrchová teplota konstrukce}$$

$$\theta_{si,min} \geq \theta_{si,N}$$

$$\theta_{si,N} = \theta_{si,cr} + \Delta\theta_{si} \quad - \text{požadovaná hodnota nejnižší vnitřní povrchové teploty}$$

$$\theta_{si,cr} = 13,6 \text{ [}^\circ\text{C]} \quad - \text{kritická povrchová teplota}$$

$$\Delta\theta_{si} = 0,5 \text{ [}^\circ\text{C]} \quad - \text{bezpečnostní teplotní přírážka}$$

$$\theta_{si,N} = 14,1 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

$$16,56 \geq 14,1 \quad \text{[}^\circ\text{C]}$$

Konstrukce **VYHOVUJE** na nejnižší vnitřní povrchovou teplotu.

Teplotní faktor vnitřního povrchu

$$f_{Rsi} \geq f_{Rsi,N}$$

$$f_{Rsi,N} = f_{Rsi,cr} \quad [-]$$

$$f_{Rsi,cr} = 1 - \frac{237,3 + 2,1 \cdot \theta_{ai}}{\theta_{ai} - \theta_e} \cdot \frac{1}{1,1 - 17,269 / \ln(\varphi_{i,r} / \varphi_{si,cr})} \quad - \text{kritický teplotní faktor}$$

$$\varphi_{si,cr} = 80 \quad [\%] \quad - \text{kritická vnitřní povrchová vlhkost}$$

$$\varphi_{i,r} = \varphi_i + 100 \cdot \Delta\varphi_r \cdot (\theta_e + 5) + \Delta\varphi_i \quad [\%] \quad - \text{relativní vlhkost vnitřního vzduchu}$$

$$\varphi_{i,r} = 45 \quad [\%]$$

$$\varphi_{i,r,min} = \varphi_i - 10 + \Delta\varphi_i = 45 \quad [\%] \quad - \text{minimální hodnota}$$

$$\Delta\varphi_i = 5 \quad [\%] \quad - \text{bezpečnostní vlhkostní přírážka}$$

$$\varphi_i = 50 \quad [\%] \quad - \text{návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu}$$

$$\Delta\varphi_r = 0,01 \quad [\text{K}^{-1}] \quad - \text{změna relativní vlhkosti vnitřního vzduchu}$$

$$\varphi_{i,r} = 45 \quad [\%] \quad - \text{relativní vlhkost vnitřního vzduchu}$$

$$f_{Rsi,cr} = 0,749 \quad [-] \quad - \text{kritický teplotní faktor}$$

$$f_{Rsi} = \frac{\theta_{si} - \theta_e}{\theta_{ai} - \theta_e} = 0,877 \quad [-] \quad - \text{teplotní faktor vnitřního povrchu}$$

$$f_{Rsi,N} = f_{Rsi,cr} = 0,749 \quad [-] \quad - \text{požadovaná hodnota nejnižšího tepl. faktoru}$$

$$0,877 \geq 0,749 \quad [-]$$

Konstrukce **VYHOVUJE** na teplotní faktor vnitřního povrchu.

Kondenzace vodní páry

Název projektu: T 06 B

Označení: T 06 B_5

Typ konstrukce: **Obvodová stěna - průřelí, 250 + 50 mm**

j-tá vrstva*	Materiál	TLoušťka	Hustota	Fak. dif. odporu	Ekv. dif. tloušťka
		d_j [mm]	ρ_j [kg/m ³]	μ_j [-]	$s_{d,j}$ [m]
1	Omítka vápenná	10	1600	6	0,06
2	Keramzitbeton KB 40	250	1250	12	3,00
3	Penetrační nátěr	0	0	0	0,00
4	Lepicí tmel	4	1300	15	0,06
5	Polystyren EPS	50	30	50	2,50
6	Lepicí tmel s rohoží	4	1300	15	0,06
7	Penetrační nátěr	0	0	0	0,00
8	Silikátová omítka	2	1650	40	0,08
		$\Sigma d_j = d =$	320 mm	Σ	5,76

* jednotlivé vrstvy konstrukce jsou číslovány od interiéru do exteriéru

$s_{d,j} = \mu_j \cdot d_j$ [m]	- ekvivalentní difúzní tloušťka
$\theta_e = -15$ [°C]	- návrhová teplota venkovního vzduchu v zimním období
$\theta_{ai} = 21,0$ [°C]	- výpočtová teplota vnitřního vzduchu v zimním období
$\varphi_i = \varphi_i + \Delta\varphi_i$ [°C]	- návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu
$\Delta\varphi_i = 5$ [%]	- bezpečnostní přírůstek rel. vlhkost vnitřního vzduchu
$\varphi_i = 55$ [%]	
$\varphi_e = 84$ [%]	- návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu

$$\varphi_e = \frac{93 \cdot \theta_e - 3153,5}{\theta_e - 39,17}$$

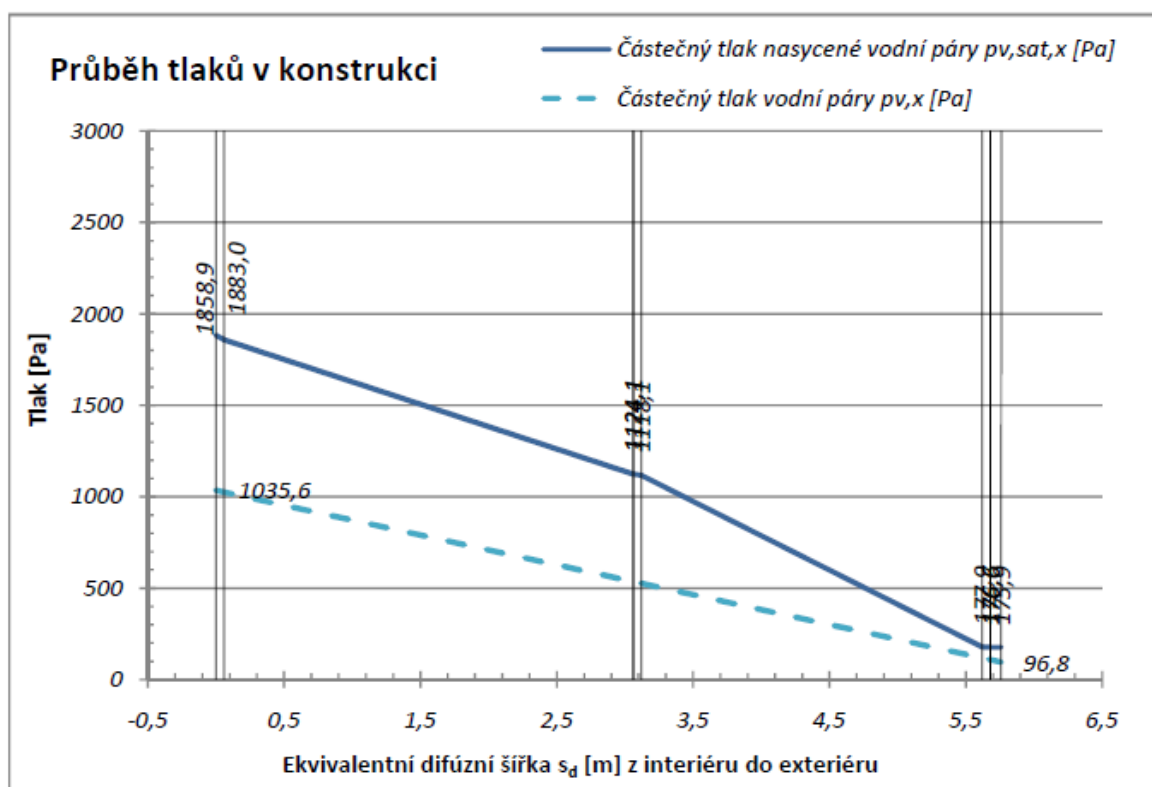
$$p_{v,sat,x} = 610,5 \cdot e^{\left(\frac{17,269 - \theta(x)}{237,3 + \theta(x)}\right)} \text{ [Pa]} \quad \text{pro } \theta(x) \geq 0 \quad \begin{array}{l} \text{- částečný tlak nasycené vodní páry} \\ \text{pro teplotu vyšší než } 0 \text{ °C} \end{array}$$

$$p_{v,sat,x} = 610,5 \cdot e^{\left(\frac{21,875 - \theta(x)}{265,5 + \theta(x)}\right)} \text{ [Pa]} \quad \text{pro } \theta(x) \leq 0 \quad \begin{array}{l} \text{- částečný tlak nasycené vodní páry} \\ \text{pro teplotu menší než } 0 \text{ °C} \end{array}$$

$$p_{v,x} = p_{v,sat,x} \cdot \varphi_i / 100 \quad \text{ [Pa]} \quad \text{- částečný tlak vodní páry}$$

$$p_{v,sat,x} \geq p_{v,x} \quad \text{- je-li splněna tato podmínka, kondenzace vodní páry v kci nenastane (viz graf Průběh tlaků v konstrukci)}$$

Vrstva	Teplota [°C]	Tloušťka [mm]	Ekv. dif. tloušťka s_d [m]	Částečný tlak nasycené vodní páry $p_{v,sat,x}$ [Pa]	Částečný tlak vodní páry $p_{v,x}$ [Pa]
i	21,0			2485,6	1367,1
i-1	16,6	0	0,000	1883,0	1035,6
1-2	16,4	10	0,060	1858,9	1022,4
2-3	8,7	260	3,060	1124,1	618,2
3-4	8,7	260	3,060	1124,1	618,2
4-5	8,6	264	3,120	1118,1	614,9
5-6	-14,2	314	5,620	177,9	97,9
6-7	-14,2	318	5,680	176,6	97,1
7-8	-14,2	318	5,680	176,6	97,1
8-e	-14,3	320	5,760	175,9	96,8
e	-15,0			164,7	90,6



V konstrukci **NEDOCHÁZÍ** ke kondenzaci vodní páry.

Z toho vyplývá, že **NEMUSÍ** být provedena bilance zkondenzované a vypařitelné vodní páry uvnitř konstrukce.

Akumulace konstrukce

Název projektu: T 06 B

Označení: T 06 B_5

Typ konstrukce: **Obvodová stěna - průčelí, 250 + 50 mm**

j-tá vrstva*	Materiál	tloušťka	Hustota	Součinitel tepelné vodivosti	Měrná tepelná kapacita
		d_j [mm]	ρ_j [kg/m ³]	λ_j [W/(m·K)]	c_j [J/kg·K]
1	Omítka vápenná	10	1600	0,880	840
2	Keramzitbeton KB 40	250	1250	0,580	880
3	Penetrační nátěr	0	0	0,000	0
4	Lepicí tmel	4	1300	0,900	1300
5	Polystyren EPS	50	30	0,039	1270
6	Lepicí tmel s rohoží	4	1300	0,900	1300
7	Penetrační nátěr	0	0	0,000	0
8	Silikátová omítka	2	1650	0,800	740

$$\Sigma d_j = d = 320 \text{ mm}$$

* jednotlivé vrstvy konstrukce jsou číslovány od interiéru do exteriéru

 $\theta_e = -15$ [°C] - návrhová teplota venkovního vzduchu v zimním období $\theta_i = 20$ [°C] - návrhová teplota vnitřního vzduchu v zimním období

$$\Delta t = \frac{1}{\tau_0} \cdot \Delta T \cdot \tau \quad [\text{K/h}] \quad - \text{ rychlost poklesu vnitřní povrchové teploty}$$

 $\Delta T = \theta_i - \theta_e$ [°C] - rozdíl vnitřní a vnější teploty $\Delta T = 35$ [°C] $a_j = \lambda_j / (\rho_j \cdot c_j)$ [m²/s] - součinitel teplotní vodivosti

$$\tau_0(j) = \sum_{j=1} \left(\frac{d^2}{2 \cdot a_j} + \frac{\lambda_j \cdot d_j}{a_j} \cdot \sum_{i=j+1} \frac{d_i}{\lambda_i} \right) \quad [\text{h}] \quad - \text{relaxační doba}$$

 $\tau_0 = 20,9$ [h] - relaxační doba celé konstrukce

Vnitřní povrchová teplota konstrukce $\theta_{i,1}$ [°C]						
Relaxační doba τ_0 [h]	Čas po vypnutí otopné soustavy τ [h]					
	0,5	1	5	8	10	12
20,9	19,2	18,3	11,6	6,6	3,2	-0,1

Příloha D Výsledky posouzení OP

D.1 T 06 B

Označení a šířka dodatečné izolace panelů

Č.	Označení	Typ	Šířka (bez povrch. uprav) [mm]	Dodatečná izolace [mm]	Poznámka
----	----------	-----	--------------------------------	------------------------	----------

Průčelní obvodový panel používaný před rokem 1977

1	T 06 B_1	Průčelí	250	-	původní panel před r. 1977
2	T 06 B_5	Průčelí	300	50	izolace z polystyrenu
3	T 06 B_6	Průčelí	330	80	izolace z polystyrenu
4	T 06 B_7	Průčelí	370	120	izolace z polystyrenu
5	T 06 B_8	Průčelí	400	150	izolace z polystyrenu
6	T 06 B_9	Průčelí	430	180	izolace z polystyrenu
7	T 06 B_10	Průčelí	450	200	izolace z polystyrenu
8	T 06 B_11	Průčelí	500	250	izolace z polystyrenu
9	T 06 B_12	Průčelí	550	300	izolace z polystyrenu
10	T 06 B_37	Průčelí	600	350	izolace z polystyrenu
11	T 06 B_38	Průčelí	650	400	izolace z polystyrenu
12	T 06 B_39	Průčelí	700	450	izolace z polystyrenu
13	T 06 B_40	Průčelí	750	500	izolace z polystyrenu
14	T 06 B_41	Průčelí	850	600	izolace z polystyrenu
15	T 06 B_42	Průčelí	1050	800	izolace z polystyrenu

Průčelní obvodový panel používaný po roce 1977

16	T 06 B_2	Průčelí	300	-	původní panel po r. 1977
17	T 06 B_13	Průčelí	350	50	izolace z polystyrenu
18	T 06 B_14	Průčelí	380	80	izolace z polystyrenu
19	T 06 B_15	Průčelí	420	120	izolace z polystyrenu
20	T 06 B_16	Průčelí	450	150	izolace z polystyrenu
21	T 06 B_17	Průčelí	480	180	izolace z polystyrenu
22	T 06 B_18	Průčelí	500	200	izolace z polystyrenu
23	T 06 B_19	Průčelí	550	250	izolace z polystyrenu
24	T 06 B_20	Průčelí	600	300	izolace z polystyrenu
25	T 06 B_43	Průčelí	650	350	izolace z polystyrenu
26	T 06 B_44	Průčelí	700	400	izolace z polystyrenu
27	T 06 B_45	Průčelí	750	450	izolace z polystyrenu
28	T 06 B_46	Průčelí	800	500	izolace z polystyrenu
29	T 06 B_47	Průčelí	900	600	izolace z polystyrenu
30	T 06 B_48	Průčelí	1100	800	izolace z polystyrenu

Štítový panel používaný před rokem 1977

31	T 06 B_3	Štít	290	-	původní panel před r. 1977
32	T 06 B_21	Štít	340	50	izolace z polystyrenu
33	T 06 B_22	Štít	370	80	izolace z polystyrenu
34	T 06 B_23	Štít	410	120	izolace z polystyrenu

35	T 06 B_24	Štít	440	150	izolace z polystyrenu
36	T 06 B_25	Štít	470	180	izolace z polystyrenu
37	T 06 B_26	Štít	490	200	izolace z polystyrenu
38	T 06 B_27	Štít	540	250	izolace z polystyrenu
39	T 06 B_28	Štít	590	300	izolace z polystyrenu
40	T 06 B_49	Štít	640	350	izolace z polystyrenu
41	T 06 B_50	Štít	690	400	izolace z polystyrenu
42	T 06 B_51	Štít	740	450	izolace z polystyrenu
43	T 06 B_52	Štít	790	500	izolace z polystyrenu
44	T 06 B_53	Štít	890	600	izolace z polystyrenu
45	T 06 B_54	Štít	1090	800	izolace z polystyrenu

Štítový panel používaný po roce 1977

46	T 06 B_4	Štít	485	-	původní panel po r. 1977
47	T 06 B_29	Štít	535	50	izolace z polystyrenu
48	T 06 B_30	Štít	565	80	izolace z polystyrenu
49	T 06 B_31	Štít	605	120	izolace z polystyrenu
50	T 06 B_32	Štít	635	150	izolace z polystyrenu
51	T 06 B_33	Štít	665	180	izolace z polystyrenu
52	T 06 B_34	Štít	685	200	izolace z polystyrenu
53	T 06 B_35	Štít	735	250	izolace z polystyrenu
54	T 06 B_36	Štít	785	300	izolace z polystyrenu
55	T 06 B_55	Štít	835	350	izolace z polystyrenu
56	T 06 B_56	Štít	885	400	izolace z polystyrenu
57	T 06 B_57	Štít	935	450	izolace z polystyrenu
58	T 06 B_58	Štít	985	500	izolace z polystyrenu
59	T 06 B_59	Štít	1085	600	izolace z polystyrenu
60	T 06 B_60	Štít	1285	800	izolace z polystyrenu

Výsledky posouzení OP

Č.	Součinitel prostupu tepla	V/N	Teplotní faktor vnitřního povrchu	V/N	Kondenzace vodní páry	V/N	Relaxační dobu	Teplota vnitřního povrchu po 8 h	Tepelná ztráta prostupem přes 1 m ² konstrukce
	U [W/(m ² ·K)]		f _{Rsi} [-]		Mc [kg/m ² ·a]		τ ₀ [h]	θ _{i,1} [°C]	Φ _{T,ie} [W/m ²]

Průčelní obvodový panel používaný před rokem 1977

1	1,65	N	0,663	N	0	V	18,9	5,2	56,2
2	0,59	N	0,877	V	0	V	20,9	6,6	18,4
3	0,43	N	0,911	V	0	V	22,8	7,7	13,1
4	0,32	N	0,935	V	0	V	25,8	9,2	9,5
5	0,28	V	0,946	V	0	V	28,4	10,1	7,8
6	0,24	V	0,953	V	0	V	31,2	11,0	6,7
7	0,22	V	0,957	V	0	V	33,2	11,6	6,1
8	0,19	V	0,965	V	0	V	38,6	12,8	5,0
9	0,17	V	0,970	V	0	V	44,8	13,7	4,2
10	0,15	V	0,974	V	0	V	51,6	14,6	3,6
11	0,14	V	0,977	V	0	V	59,1	15,3	3,2
12	0,13	V	0,977	V	0	V	67,3	15,8	2,9
13	0,12	V	0,982	V	0	V	76,1	16,3	2,6
14	0,11	V	0,984	V	0	V	95,9	17,1	2,2
15	0,09	V	0,988	V	0	V	143,5	18,0	1,7

Průčelní obvodový panel používaný po roce 1977

16	1,45	N	0,698	N	0	V	26,6	9,5	49,4
17	0,56	N	0,882	V	0	V	28,4	10,1	17,6
18	0,41	N	0,913	V	0	V	30,4	10,8	12,7
19	0,31	N	0,936	V	0	V	33,4	11,6	9,2
20	0,26	V	0,947	V	0	V	36,0	12,2	7,7
21	0,23	V	0,954	V	0	V	38,7	12,8	6,6
22	0,21	V	0,958	V	0	V	40,7	13,1	6,0
23	0,18	V	0,965	V	0	V	46,2	13,9	4,9
24	0,16	V	0,971	V	0	V	52,3	14,7	4,2
25	0,14	V	0,975	V	0	V	59,2	15,3	3,6
26	0,13	V	0,977	V	0	V	66,7	15,8	3,2
27	0,12	V	0,980	V	0	V	74,8	16,3	2,9
28	0,11	V	0,982	V	0	V	83,7	16,7	2,6
29	0,10	V	0,985	V	0	V	103,4	17,3	2,2
30	0,09	V	0,988	V	0	V	151,1	18,1	1,6

Štitový panel používaný před rokem 1977

31	1,49	N	0,692	N	0	V	25,0	8,8	50,6
32	0,56	N	0,881	V	0	V	26,8	9,6	17,7
33	0,41	N	0,913	V	0	V	28,8	10,3	12,8
34	0,31	N	0,936	V	0	V	31,8	11,2	9,3

35	0,27	V	0,946	V	0	V	34,3	11,8	7,7
36	0,23	V	0,954	V	0	V	37,1	12,5	6,6
37	0,22	V	0,958	V	0	V	39,1	12,8	6,0
38	0,18	V	0,965	V	0	V	44,6	13,7	4,9
39	0,16	V	0,971	V	0	V	50,7	14,5	4,2
40	0,15	V	0,974	V	0	V	57,5	15,1	3,6
41	0,13	V	0,977	V	0	V	65,0	15,7	3,2
42	0,12	V	0,980	V	0	V	73,2	16,2	2,9
43	0,12	V	0,982	V	0	V	82,1	16,6	2,6
44	0,10	V	0,985	V	0	V	101,8	17,2	2,2
45	0,09	V	0,988	V	0	V	149,4	18,1	1,7

Štitový panel používaný po roce 1977

46	1,03	N	0,778	V	0	V	50,6	14,5	34,7
47	0,49	N	0,896	V	0	V	52,8	14,7	15,3
48	0,37	N	0,921	V	0	V	54,8	14,9	11,4
49	0,29	V	0,941	V	0	V	57,8	15,2	8,6
50	0,25	V	0,950	V	0	V	60,3	15,4	7,2
51	0,22	V	0,956	V	0	V	63,1	15,6	6,2
52	0,20	V	0,960	V	0	V	65,1	15,7	5,7
53	0,17	V	0,967	V	0	V	70,6	16,0	4,7
54	0,15	V	0,972	V	0	V	76,7	16,3	4,0
55	0,14	V	0,975	V	0	V	83,5	16,6	3,5
56	0,13	V	0,978	V	0	V	91,0	16,9	3,1
57	0,12	V	0,980	V	0	V	99,2	17,2	2,8
58	0,11	V	0,982	V	0	V	108,0	17,4	2,5
59	0,10	V	0,985	V	0	V	127,8	17,8	2,1
60	0,08	V	0,988	V	0	V	175,4	18,4	1,6

D.2 PS 61

Označení a šířka dodatečné izolace panelů

Č.	Označení	Typ	Šířka (bez povrch. uprav) [mm]	Dodatečná izolace [mm]	Poznámka
----	----------	-----	--------------------------------	------------------------	----------

Průčelní obvodový panel

1	PS 61_1	Průčelí	250	-	původní panel
2	PS 61_3	Průčelí	300	50	izolace z polystyrenu
3	PS 61_4	Průčelí	330	80	izolace z polystyrenu
4	PS 61_5	Průčelí	370	120	izolace z polystyrenu
5	PS 61_6	Průčelí	400	150	izolace z polystyrenu
6	PS 61_7	Průčelí	430	180	izolace z polystyrenu
7	PS 61_8	Průčelí	450	200	izolace z polystyrenu
8	PS 61_9	Průčelí	500	250	izolace z polystyrenu
9	PS 61_10	Průčelí	550	300	izolace z polystyrenu
10	PS 61_11	Průčelí	600	350	izolace z polystyrenu
11	PS 61_12	Průčelí	650	400	izolace z polystyrenu
12	PS 61_13	Průčelí	700	450	izolace z polystyrenu
13	PS 61_14	Průčelí	750	500	izolace z polystyrenu
14	PS 61_15	Průčelí	850	600	izolace z polystyrenu
15	PS 61_16	Průčelí	1050	800	izolace z polystyrenu

Štitový panel

16	PS 61_2	Štit	385	-	původní panel
17	PS 61_17	Štit	435	50	izolace z polystyrenu
18	PS 61_18	Štit	465	80	izolace z polystyrenu
19	PS 61_19	Štit	505	120	izolace z polystyrenu
20	PS 61_20	Štit	535	150	izolace z polystyrenu
21	PS 61_21	Štit	565	180	izolace z polystyrenu
22	PS 61_22	Štit	585	200	izolace z polystyrenu
23	PS 61_23	Štit	635	250	izolace z polystyrenu
24	PS 61_24	Štit	685	300	izolace z polystyrenu
25	PS 61_25	Štit	735	350	izolace z polystyrenu
26	PS 61_26	Štit	785	400	izolace z polystyrenu
27	PS 61_27	Štit	835	450	izolace z polystyrenu
28	PS 61_28	Štit	885	500	izolace z polystyrenu
29	PS 61_29	Štit	985	600	izolace z polystyrenu
30	PS 61_30	Štit	1185	800	izolace z polystyrenu

Výsledky posouzení OP

Č.	Součinitel prostupu tepla	V/N	Teplotní faktor vnitřního povrchu	V/N	Kondenzace vodní páry	V/N	Relaxační dobu	Teplota vnitřního povrchu po 8 h	Tepelná ztráta prostupem přes 1 m ² konstrukce
	U [W/(m ² ·K)]		f _{Rs,i} [-]		Mc [kg/m ² ·a]		T ₀ [h]	θ _{i,1} [°C]	Φ _{T,ie} [W/m ²]

Průčelní obvodový panel

1	1,86	N	0,629	N	0	V	13,3	-1,1	63,1
2	0,61	N	0,873	V	0	V	16,1	2,6	18,9
3	0,44	N	0,909	V	0	V	18,0	4,5	13,4
4	0,33	N	0,934	V	0	V	21,0	6,7	9,6
5	0,28	V	0,945	V	0	V	23,6	8,1	7,9
6	0,25	V	0,953	V	0	V	26,4	9,4	6,8
7	0,23	V	0,957	V	0	V	28,4	10,1	6,1
8	0,20	V	0,965	V	0	V	33,8	11,7	5,0
9	0,18	V	0,970	V	0	V	40,0	13,0	4,2
10	0,16	V	0,974	V	0	V	46,8	14,0	3,7
11	0,15	V	0,977	V	0	V	54,3	14,8	3,2
12	0,14	V	0,980	V	0	V	62,5	15,5	2,9
13	0,13	V	0,981	V	0	V	71,3	16,1	2,6
14	0,12	V	0,984	V	0	V	91,1	16,9	2,2
15	0,10	V	0,988	V	0	V	138,7	18,0	1,7

Štitový panel

16	1,35	N	0,717	N	0	V	31,5	11,1	45,9
17	0,54	N	0,885	V	0	V	34,3	11,8	17,0
18	0,40	N	0,915	V	0	V	36,3	12,3	12,4
19	0,30	V	0,937	V	0	V	39,3	12,9	9,1
20	0,26	V	0,947	V	0	V	41,8	13,3	7,6
21	0,22	V	0,955	V	0	V	44,6	13,7	6,5
22	0,21	V	0,958	V	0	V	46,6	14,0	5,9
23	0,18	V	0,966	V	0	V	52,1	14,6	4,9
24	0,15	V	0,971	V	0	V	58,2	15,2	4,1
25	0,14	V	0,975	V	0	V	65,0	15,7	3,6
26	0,13	V	0,978	V	0	V	72,5	16,1	3,2
27	0,12	V	0,980	V	0	V	80,7	16,5	2,8
28	0,11	V	0,982	V	0	V	89,6	16,9	2,6
29	0,10	V	0,985	V	0	V	109,3	17,4	2,2
30	0,08	V	0,988	V	0	V	156,9	18,2	1,6

D.3 PS 69

Označení a šířka dodatečné izolace panelů

Č.	Označení	Typ	Šířka (bez povrch. uprav) [mm]	Dodatečná izolace [mm]	Poznámka
----	----------	-----	--------------------------------	------------------------	----------

Průčelní obvodový panel používaný před rokem 1977

1	PS 69_1	Průčelí	250	-	původní panel před r. 1977
2	PS 69_5	Průčelí	300	50	izolace z polystyrenu
3	PS 69_6	Průčelí	330	80	izolace z polystyrenu
4	PS 69_7	Průčelí	370	120	izolace z polystyrenu
5	PS 69_8	Průčelí	400	150	izolace z polystyrenu
6	PS 69_9	Průčelí	430	180	izolace z polystyrenu
7	PS 69_10	Průčelí	450	200	izolace z polystyrenu
8	PS 69_11	Průčelí	500	250	izolace z polystyrenu
9	PS 69_12	Průčelí	550	300	izolace z polystyrenu
10	PS 69_13	Průčelí	600	350	izolace z polystyrenu
11	PS 69_14	Průčelí	650	400	izolace z polystyrenu
12	PS 69_15	Průčelí	700	450	izolace z polystyrenu
13	PS 69_16	Průčelí	750	500	izolace z polystyrenu
14	PS 69_17	Průčelí	850	600	izolace z polystyrenu
15	PS 69_18	Průčelí	1050	800	izolace z polystyrenu

Průčelní obvodový panel používaný po roce 1977

16	PS 69_2	Průčelí	270	-	původní panel po r. 1977
17	PS 69_19	Průčelí	320	50	izolace z polystyrenu
18	PS 69_20	Průčelí	350	80	izolace z polystyrenu
19	PS 69_21	Průčelí	390	120	izolace z polystyrenu
20	PS 69_22	Průčelí	420	150	izolace z polystyrenu
21	PS 69_23	Průčelí	450	180	izolace z polystyrenu
22	PS 69_24	Průčelí	470	200	izolace z polystyrenu
23	PS 69_25	Průčelí	520	250	izolace z polystyrenu
24	PS 69_26	Průčelí	570	300	izolace z polystyrenu
25	PS 69_27	Průčelí	620	350	izolace z polystyrenu
26	PS 69_28	Průčelí	670	400	izolace z polystyrenu
27	PS 69_29	Průčelí	720	450	izolace z polystyrenu
28	PS 69_30	Průčelí	770	500	izolace z polystyrenu
29	PS 69_31	Průčelí	870	600	izolace z polystyrenu
30	PS 69_32	Průčelí	1070	800	izolace z polystyrenu

Štitový panel používaný před rokem 1977

31	PS 69_3	Štit	240	-	původní panel před r. 1977
32	PS 69_33	Štit	290	50	izolace z polystyrenu
33	PS 69_34	Štit	320	80	izolace z polystyrenu
34	PS 69_35	Štit	360	120	izolace z polystyrenu

35	PS 69_36	Štit	390	150	izolace z polystyrenu
36	PS 69_37	Štit	420	180	izolace z polystyrenu
37	PS 69_38	Štit	440	200	izolace z polystyrenu
38	PS 69_39	Štit	490	250	izolace z polystyrenu
39	PS 69_40	Štit	540	300	izolace z polystyrenu
40	PS 69_41	Štit	590	350	izolace z polystyrenu
41	PS 69_42	Štit	640	400	izolace z polystyrenu
42	PS 69_43	Štit	690	450	izolace z polystyrenu
43	PS 69_44	Štit	740	500	izolace z polystyrenu
44	PS 69_45	Štit	840	600	izolace z polystyrenu
45	PS 69_46	Štit	1040	800	izolace z polystyrenu

Štitový panel používaný po roce 1977

46	PS 69_4	Štit	270	-	původní panel po r. 1977
47	PS 69_47	Štit	320	50	izolace z polystyrenu
48	PS 69_48	Štit	350	80	izolace z polystyrenu
49	PS 69_49	Štit	390	120	izolace z polystyrenu
50	PS 69_50	Štit	420	150	izolace z polystyrenu
51	PS 69_51	Štit	450	180	izolace z polystyrenu
52	PS 69_52	Štit	470	200	izolace z polystyrenu
53	PS 69_53	Štit	520	250	izolace z polystyrenu
54	PS 69_54	Štit	570	300	izolace z polystyrenu
55	PS 69_55	Štit	620	350	izolace z polystyrenu
56	PS 69_56	Štit	670	400	izolace z polystyrenu
57	PS 69_57	Štit	720	450	izolace z polystyrenu
58	PS 69_58	Štit	770	500	izolace z polystyrenu
59	PS 69_59	Štit	870	600	izolace z polystyrenu
60	PS 69_60	Štit	1070	800	izolace z polystyrenu

Výsledky posouzení OP

Č.	Součinitel prostupu tepla	V/N	Teplotní faktor vnitřního povrchu	V/N	Kondenzace vodní páry	V/N	Relaxační dobu	Teplota vnitřního povrchu po 8 h	Tepelná ztráta prostupem přes 1 m ² konstrukce
	U [W/(m ² ·K)]		f _{Rs,i} [-]		Mc [kg/m ² ·a]		T ₀ [h]	θ _{i,1} [°C]	Φ _{T,ie} [W/m ²]

Průčelní obvodový panel používaný před rokem 1977

1	1,65	N	0,663	N	0	V	18,9	5,2	56,2
2	0,59	N	0,877	V	0	V	20,9	6,6	18,4
3	0,43	N	0,911	V	0	V	22,8	7,7	13,1
4	0,32	N	0,935	V	0	V	25,8	9,2	9,5
5	0,28	V	0,946	V	0	V	28,4	10,1	7,8
6	0,24	V	0,953	V	0	V	31,2	11,0	6,7
7	0,22	V	0,957	V	0	V	33,2	11,6	6,1
8	0,19	V	0,965	V	0	V	38,6	12,8	5,0
9	0,17	V	0,970	V	0	V	44,8	13,7	4,2
10	0,15	V	0,974	V	0	V	51,6	14,6	3,6
11	0,14	V	0,977	V	0	V	59,1	15,3	3,2
12	0,13	V	0,977	V	0	V	67,3	15,8	2,9
13	0,12	V	0,982	V	0	V	76,1	16,3	2,6
14	0,11	V	0,984	V	0	V	95,9	17,1	2,2
15	0,09	V	0,988	V	0	V	143,5	18,0	1,7

Průčelní obvodový panel používaný po roce 1977

16	0,48	N	0,889	V	ano	N	155,1	18,2	16,5
17	0,32	N	0,929	V	0	V	158,0	18,2	10,2
18	0,26	V	0,942	V	0	V	160,0	18,2	8,4
19	0,21	V	0,953	V	0	V	163,0	18,3	6,7
20	0,18	V	0,959	V	0	V	165,5	18,3	5,8
21	0,16	V	0,964	V	0	V	168,3	18,3	5,2
22	0,15	V	0,966	V	0	V	170,3	18,4	4,8
23	0,13	V	0,971	V	0	V	175,8	18,4	4,1
24	0,12	V	0,975	V	0	V	181,9	18,5	3,6
25	0,10	V	0,978	V	0	V	188,7	18,5	3,1
26	0,09	V	0,980	V	0	V	196,2	18,6	2,8
27	0,09	V	0,982	V	0	V	204,4	18,6	2,6
28	0,08	V	0,983	V	0	V	213,2	18,7	2,3
29	0,07	V	0,986	V	0	V	233,0	18,8	2,0
30	0,06	V	0,989	V	0	V	280,6	19,0	1,5

Štitový panel používaný před rokem 1977

31	0,99	N	0,783	V	ano	N	75,5	16,3	33,9
32	0,47	N	0,898	V	0	V	78,5	16,4	15,0
33	0,36	N	0,922	V	0	V	80,5	16,5	11,3
34	0,28	V	0,941	V	0	V	83,5	16,6	8,5
35	0,24	V	0,950	V	0	V	86,0	16,7	7,2
36	0,21	V	0,957	V	0	V	88,8	16,8	6,2
37	0,19	V	0,960	V	0	V	90,8	16,9	5,7
38	0,16	V	0,967	V	0	V	96,3	17,1	4,7
39	0,14	V	0,972	V	0	V	102,4	17,3	4,0
40	0,13	V	0,975	V	0	V	109,2	17,4	3,5
41	0,12	V	0,978	V	0	V	116,7	17,6	3,1
42	0,11	V	0,980	V	0	V	124,9	17,8	2,8
43	0,10	V	0,982	V	0	V	133,7	17,9	2,5
44	0,09	V	0,985	V	0	V	153,5	18,2	2,1
45	0,07	V	0,988	V	0	V	201,1	18,6	1,6

Štitový panel používaný po roce 1977

46	0,58	N	0,868	V	ano	N	146,0	18,1	19,8
47	0,36	N	0,921	V	0	V	148,9	18,1	11,4
48	0,28	V	0,937	V	0	V	150,9	18,1	9,1
49	0,23	V	0,950	V	0	V	153,9	18,2	7,2
50	0,20	V	0,956	V	0	V	156,4	18,2	6,2
51	0,17	V	0,962	V	0	V	159,2	18,2	5,5
52	0,16	V	0,964	V	0	V	161,2	18,3	5,1
53	0,14	V	0,970	V	0	V	166,7	18,3	4,3
54	0,12	V	0,974	V	0	V	172,8	18,4	3,7
55	0,11	V	0,977	V	0	V	179,6	18,4	3,3
56	0,10	V	0,979	V	0	V	187,1	18,5	2,9
57	0,09	V	0,981	V	0	V	195,3	18,6	2,6
58	0,08	V	0,983	V	0	V	204,2	18,6	2,4
59	0,07	V	0,986	V	0	V	223,9	18,7	2,0
60	0,06	V	0,989	V	0	V	271,5	19,0	1,6

Příloha E Výkresy panelových soustav

V příloze, mimo vazbu v kapse desek, jsou umístěny kopie původních výkresů výše posuzovaných stavebních soustav. Pro jednotlivé soustavy byl vybrán jeden objekt dle dostupnosti technické dokumentace.

Pro doplnění je zde umístěna i kopie výkresů stavební soustavy PS 69/2, která vychází ze stavební soustavy PS 69.

E.1 T 06 B

II. – VII. N.P.	M 1:50	1965	1300x430
Řezy	M 1:50	4/1965	650x480

Výkresy stavební soustavy T 06 B pocházejí z původní technické dokumentace pro objekt v ulici Na Kovárně č.p. 7 a 9 z dostavby obytného souboru Doubravka část F1. Technická dokumentace je z roku 1965. Jedná se o osmipodlažní panelový objekt s jedním polozapuštěným technickým podlažím. Objekt je pravou koncovou dvousekcí 866-867 z blokové zástavby. V této dvojsekcí se nachází celkem 46 b.j.. V 1. NP jsou 4 b.j. 2+1. V typickém podlaží pak 1x 3+1, 3x 2+1, 1x 1+1 a 1x 1+KK.

E.2 PS 61

II. – VIII. N.P.	M 1:50	11/1961	430x1040
Řez A-B	M 1:50	11/1961	710x470
Pohledy čelní	M 1:100	11/1961	430x790

Tyto výkresy jsou kopie z původní technické dokumentace z roku 1961 z projekce firmy Pozemní stavby Plzeň. Jedná se o objekt, postaven během výstavby obytného souboru Slovany V, který je umístěn v Plzni na Nepomucké ulici č.p. 4. Objekt má osm nadzemních podlaží z čehož je jedno technické a sedm obytných, které obsahují celkem 28 b.j.. V jednom podlaží pak 1x 4+1, 1x 3+1, 2x 2+1. Vedoucím projektu i zodpovědným projektantem byl Ing. arch. J. Hausner.

E.3 PS 69

II. – VII. N.P.	M 1:50	11/1971	530x1050
Řez A-B	M 1:50	11/1971	510x590

Vedoucím projektu tohoto objektu byl Ing. Štrunc a zodpovědným projektantem J. Sokol. Jedná se o objekt č. 42 z dostavby sídliště Skvrňany S 3,4. Objekt má osm obytných nadzemních podlaží a jedno technické podzemní. V objektu je 48 b.j.. V jednom obytném poschodí je pak 4x 2+1 a 2x 1+1. Původní technická dokumentace pochází z roku 1971.

E.4 PS 69/2

Typické podlaží	M 1:50	1976	430x1045
Řez B-B´	M 1:50	11/1978	430x1185
Pohledy	M 1:200	1978	430x590

Tento dvanácti podlažní deskový objekt byl postaven roku 1979 při třetí fázi výstavby na sídlišti Bolevec v zóně B 3.3 pod označením objekt 37. Vedoucím původního projektu byl Ing. arch. Z. Tichý a zodpovědný projektant byl J. Koudelka.

Příloha F Detaily panelových soustav

Zde je uveden soupis detailů jednotlivých panelových soustav. Jednotlivé detaily následují na dalších stránkách.

F.1 T 06 B

01	Styk obvodových panelů a příčné stěny	M 1:5
02	Styk obvod. panelu, atiky a stropního panelu	M 1:5
03	Styk štítových panelů a strop. panelu, bez zál. výztuže	M 1:5
04	Styk štítových panelů a strop. panelu, se zál. výztuží	M 1:5
05	Styk štítových panelů a podélné stěny	M 1:5
06	Styk štítového panelu, atiky a stropního panelu	M 1:5

F.2 PS 61

07	Styk obvodových panelů a příčné stěny	M 1:5
08	Styk štítových panelů a stropního panelu	M 1:5
09	Styk obvodového panelu, atiky a stropního panelu	M 1:5
10	Styk štítových panelů	M 1:5
11	Styk štítový a obvodový panel	M 1:5

F.3 PS 69

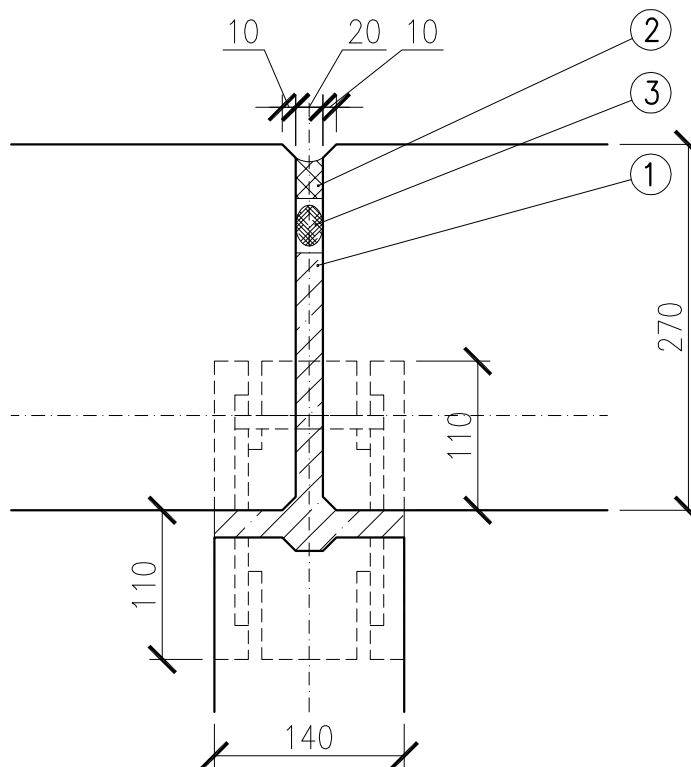
12	Styk obvodových panelů a stropního panelu	M 1:5
13	Styk obvodových panelů a příčné stěny	M 1:5
14	Styk štítových panelů a stropního panelu	M 1:5
15	Styk štítového panelu, atiky a stropního panelu	M 1:5
16	Detail těsnění spár obvodového pláště	M 2:1

STYK OBVODOVÝCH PANELŮ A PŘÍČNÉ STĚNY

T 06 B

M 1:5

- ① BETONOVÉ ZÁLIVKA
- ② TMEL
- ③ SKEL. PROVAZEC



Přepracováno z: Hapl, L. (1998)

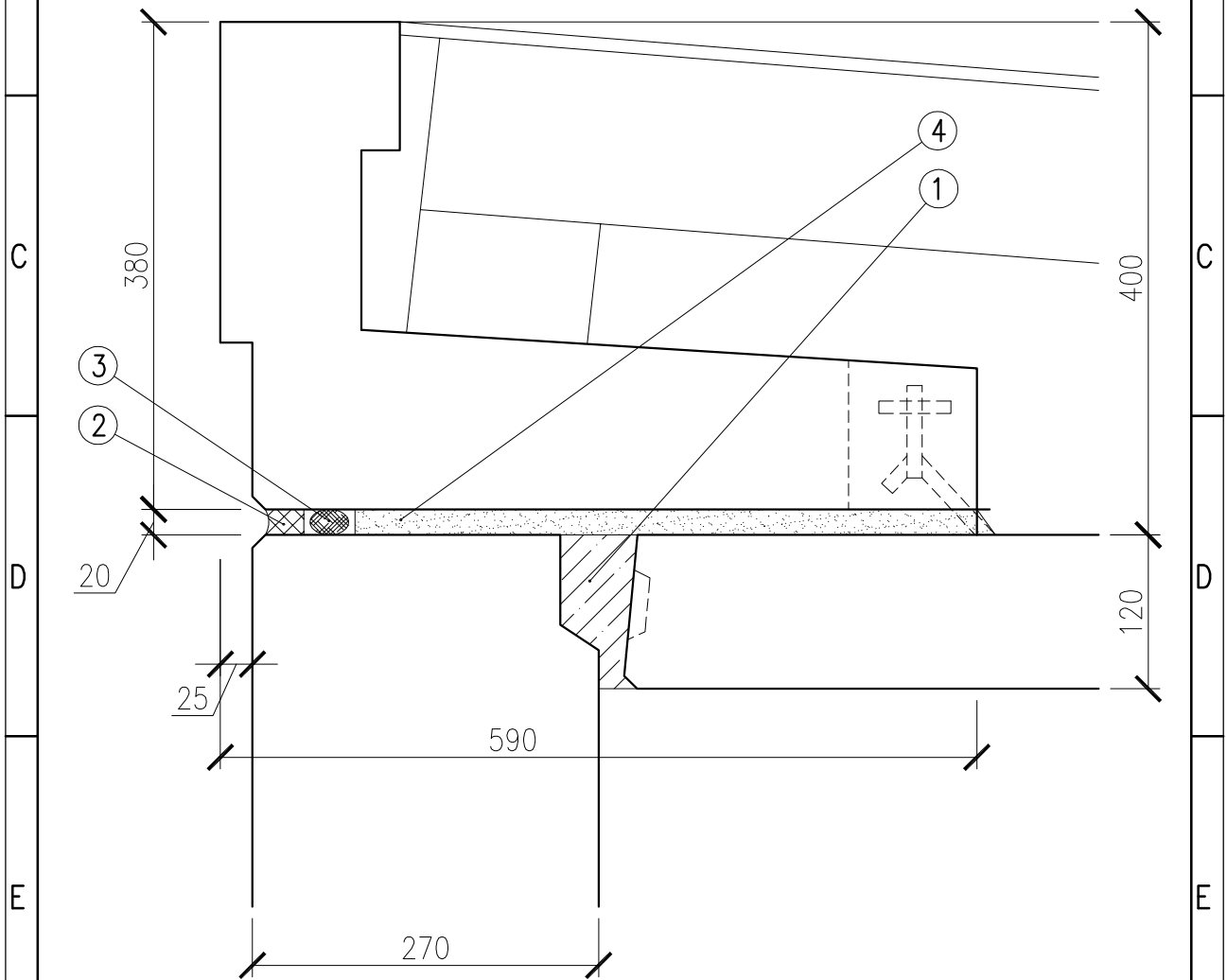
VYPRACOVAL:	Bc. ZBYNĚK VÍCHA	KONTROLOVAL:	Ing. Luděk Vejvara Ph.D.	DATUM:	12/2015
INVESTOR:		VEDOUČÍ PROJ.:	Ing. Luděk Vejvara Ph.D.	Č. ZAKÁZKY:	
NÁZEV:	STAVEBNÍ SOUSTAVA T 06 B			FORMÁT:	A4
MÍSTO:	Plzeň			MĚŘÍTKO:	1:5
VÝKRES:	STYK OBVODOVÝCH PANELŮ A PŘÍČNÉ STĚNY			VÝKRES Č.	01

STYK OBVOD. PANELU, ATIKY A STROPNÍHO PANELU

T 06 B

M 1:5

- ① BETONOVÉ ZÁLIVKA
- ② TMEL
- ③ SKEL. PROVAZEC
- ④ CEMENT. MALTA



Přepracováno z: Hapl, L. (1998)

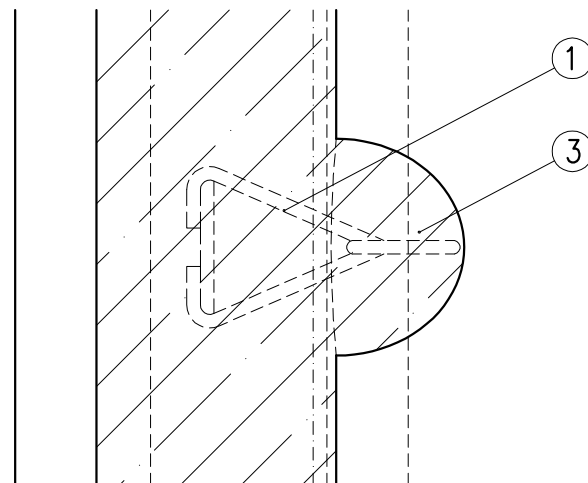
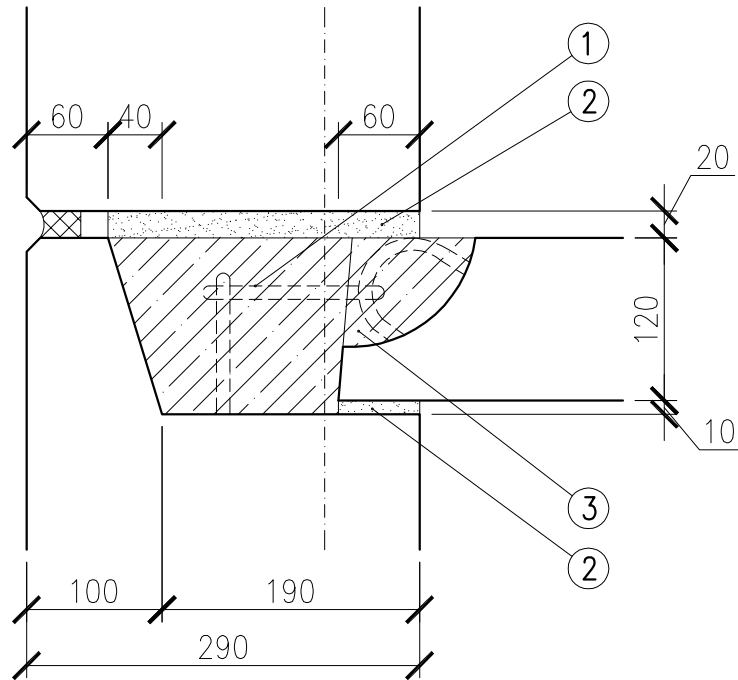
VYPRACOVAL: Bc. ZBYNĚK VÍCHA	KONTRLOVAL: Ing. Luděk Vejvara Ph.D.	DATUM: 12/2015
INVESTOR:	VEDOUČÍ PROJ.: Ing. Luděk Vejvara Ph.D.	Č. ZAKÁZKY:
NÁZEV: STAVEBNÍ SOUSTAVA T 06 B	FORMÁT: A4	MĚŘÍTKO: 1:5
MÍSTO: Plzeň	VÝKRES Č. 02	
VÝKRES: STYK OBVOD. PANELU, ATIKY A STROPNÍHO PANELU		

1 2 3 4

A

STYK ŠTÍTOVÝCH PANELŮ A STROPNÍHO PANELU
 BEZ ZÁLIVKOVÉ VÝZTUŽE
 T 06 B
 M 1:5

- B
- ① A-III- ϕ 10
 ② CEMENT. MALTA
 ③ BETONOVÁ ZÁLIVKA



Přepracováno z: Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR (1998)

VYPRACOVAL: Bc. ZBYNĚK VÍCHA	KONTROLOVAL: Ing. Luděk Vejvara Ph.D.	DATUM: 12/2015
INVESTOR:	VEDOUcí PROJ.: Ing. Luděk Vejvara Ph.D.	Č. ZAKÁZKY:
NÁZEV: STAVEBNÍ SOUSTAVA T 06 B		FORMÁT: A4
MÍSTO: Plzeň		MĚŘÍTKO: 1:5
VÝKRES: STYK ŠTÍTOVÝCH A STROP. PANELŮ, BEZ ZÁL. VÝZTUŽE		VÝKRES Č. 03

1 2 3 4

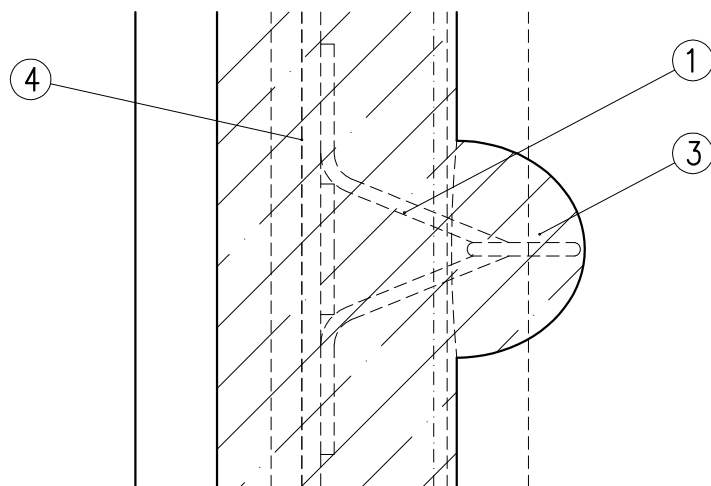
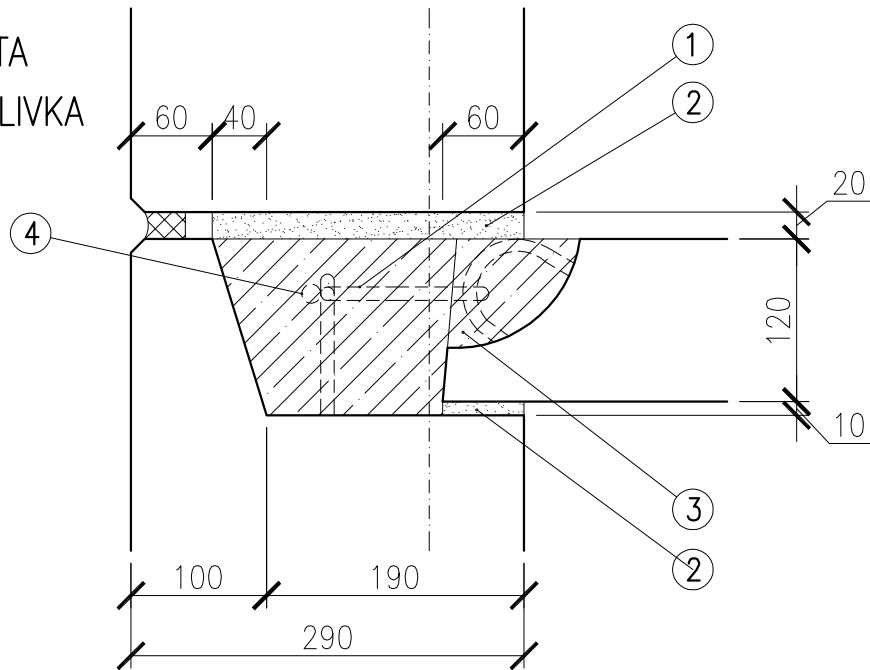
STYK ŠTÍTOVÝCH PANELŮ A STROPNÍHO PANELU

SE ZÁLIVKOVOU VÝZTUŽÍ

T 06 B

M 1:5

- ① A-III- ϕ 10
- ② CEMENT. MALTA
- ③ BETONOVÁ ZÁLIVKA
- ④ A-III- ϕ 14



Přepracováno z: Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR (1998)

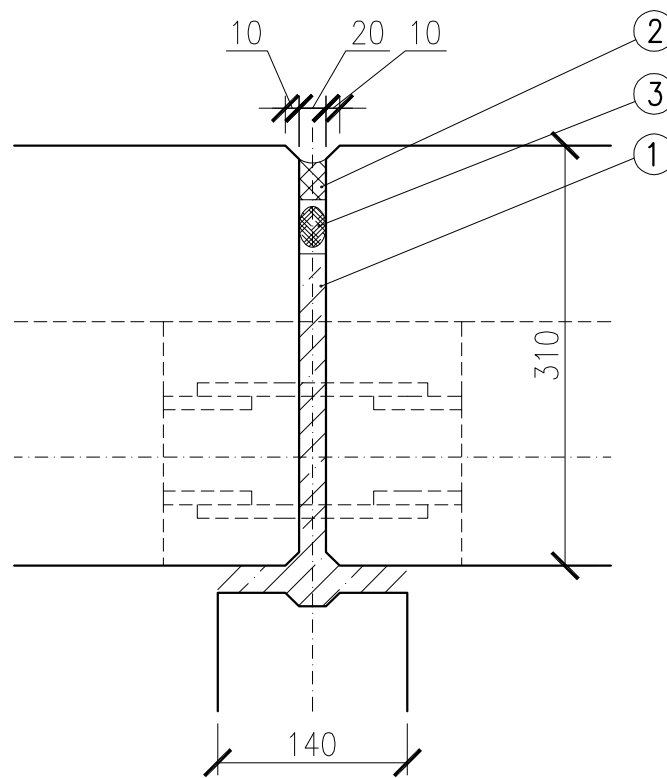
VYPRACOVAL: Bc. ZBYNĚK VÍCHA	KONTROLOVAL: Ing. Luděk Vejvara Ph.D.	DATUM: 12/2015
INVESTOR:	VEDOUCÍ PROJ.: Ing. Luděk Vejvara Ph.D.	Č. ZAKÁZKY:
NÁZEV: STAVEBNÍ SOUSTAVA T 06 B		FORMÁT: A4
MÍSTO: Plzeň		MĚŘÍTKO: 1:5
VÝKRES: STYK ŠTÍTOVÝCH A STROP. PANELŮ, SE ZÁL. VÝZTUŽÍ		VÝKRES Č. 04

STYK ŠTÍTOVÝCH PANELŮ A PODÉLNÉ STĚNY

T 06 B

M 1:5

- ① BETONOVÉ ZÁLIVKA
- ② TMEL
- ③ SKEL. PROVAZEC



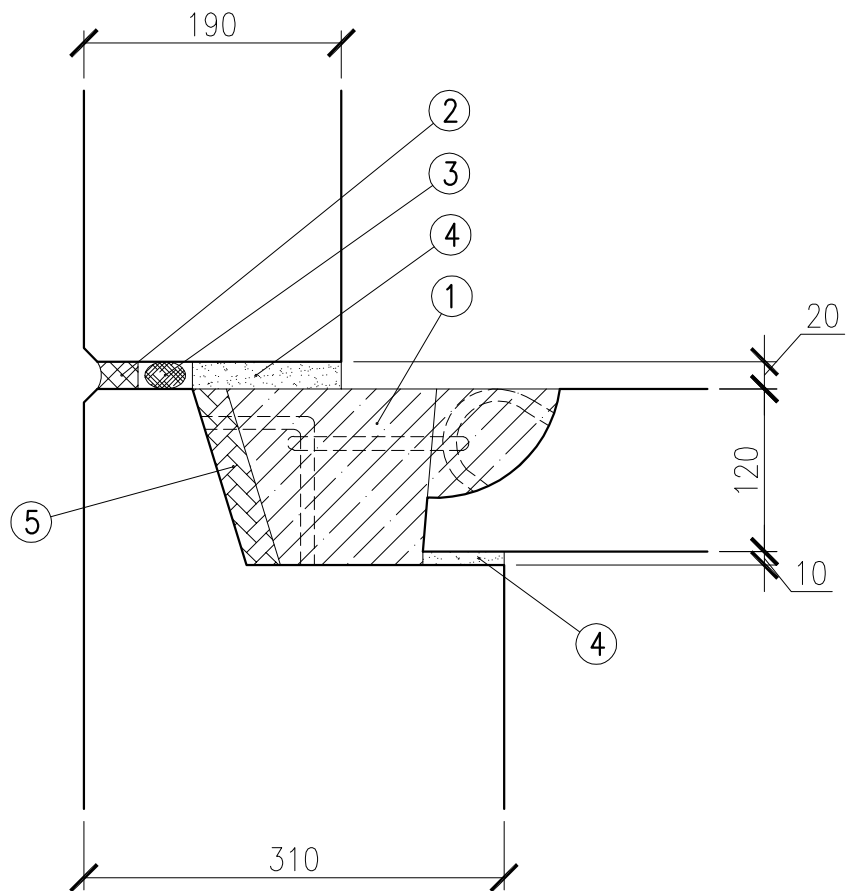
Přepracováno z: Hapl, L. (1998)

VYPRACOVAL: Bc. ZBYNĚK VÍCHA	KONTROLOVAL: Ing. Luděk Vejvara Ph.D.	DATUM: 12/2015
INVESTOR:	VEDOUČÍ PROJ.: Ing. Luděk Vejvara Ph.D.	Č. ZAKÁZKY:
NÁZEV: STAVEBNÍ SOUSTAVA T 06 B		FORMÁT: A4
MÍSTO: Plzeň		MĚŘÍTKO: 1:5
VÝKRES: STYK ŠTÍTOVÝCH PANELŮ A PODÉLNÉ STĚNY		VÝKRES Č. 05

1 2 3 4

STYK ŠTÍTOVÉHO PANELU, ATIKY A STROPNÍHO PANELU
T 06 B
M 1:5

- ① BETONOVÉ ZÁLIVKA
② TMEL
③ SKEL. PROVAZEC
④ CEMENT. MALTA
⑤ HERAKLIT TL. 25 mm



Přepracováno z: Hapl, L. (1998)

VYPRACOVAL: Bc. ZBYNĚK VÍCHA	KONTRLOVAL: Ing. Luděk Vejvara Ph.D.	DATUM: 12/2015
INVESTOR:	VEDOUĆÍ PROJ.: Ing. Luděk Vejvara Ph.D.	Č. ZAKÁZKY:
NÁZEV: STAVEBNÍ SOUSTAVA T 06 B		FORMÁT: A4
MÍSTO: Plzeň		MĚŘÍTKO: 1:5
VÝKRES: STYK ŠTÍTOVÉHO PANELU, ATIKY A STROPNÍHO PANELU		VÝKRES Č. 06

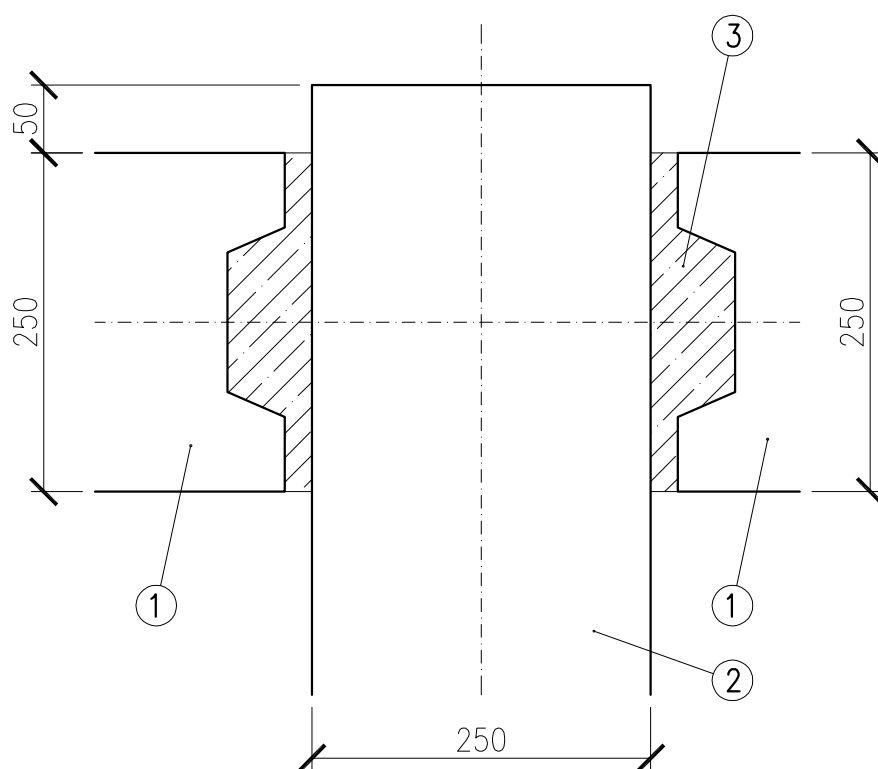
1 2 3 4

STYK OBVODOVÝCH PANELŮ A PŘÍČNÉ STĚNY

PS 61

M 1:5

- ① OBVODOVÝ PANEL
- ② STĚNOVÝ PANEL
- ③ BETONOVÁ ZÁLIVKA

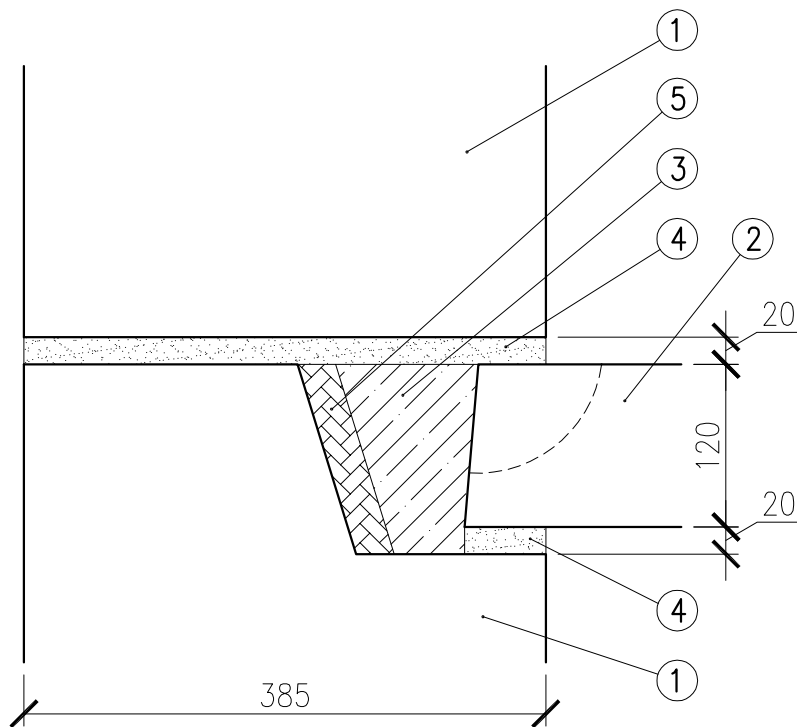


Přepřacováno z: Hapl, L. (1998)

VYPRACOVAL: Bc. ZBYNĚK VÍCHA	KONTROLOVAL: Ing. Luděk Vejvara Ph.D.	DATUM: 12/2015
INVESTOR:	VEDOUCÍ PROJ.: Ing. Luděk Vejvara Ph.D.	Č. ZAKÁZKY:
NÁZEV: STAVEBNÍ SOUSTAVA PS 61		FORMÁT: A4
MÍSTO: Plzeň		MĚŘÍTKO: 1:5
VÝKRES: STYK OBVODOVÝCH PANELŮ A PŘÍČNÉ STĚNY		VÝKRES Č. 07

STYK ŠTÍTOVÝCH PANELŮ A STROPNÍHO PANELU
PS 61
M 1:5

- ① ŠTÍTOVÝ PANEL
- ② STROPNÍ PANEL
- ③ BETONOVÁ ZÁLIVKA
+ VĚNCOVÁ VÝZTUŽ
- ④ CEMENT. MALTA
- ⑤ HERAKLIT



Přepracováno z: Hapl, L. (1998)

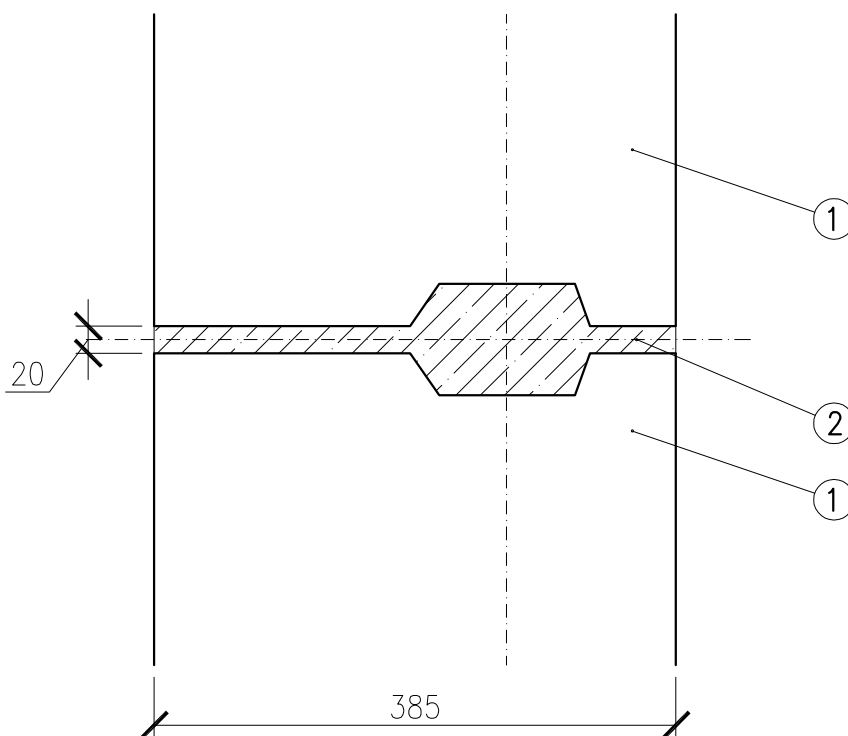
VYPRACOVAL: Bc. ZBYNĚK VÍCHA	KONTROLOVAL: Ing. Luděk Vejvara Ph.D.	DATUM: 12/2015
INVESTOR:	VEDOUcí PROJ.: Ing. Luděk Vejvara Ph.D.	č. ZAKÁZKY:
NÁZEV: STAVEBNÍ SOUSTAVA PS 61		FORMÁT: A4
MÍSTO: Plzeň		MĚŘÍTKO: 1:5
VÝKRES: STYK ŠTÍTOVÝCH PANELŮ A STROPNÍHO PANELU		VÝKRES č. 08

STYK ŠTÍTOVÝCH PANELŮ

PS 61

M 1:5

- ① ŠTÍTOVÝ PANEL
- ② BETONOVÁ ZÁLIVKA



Přepracováno z: Hapl, L. (1998)

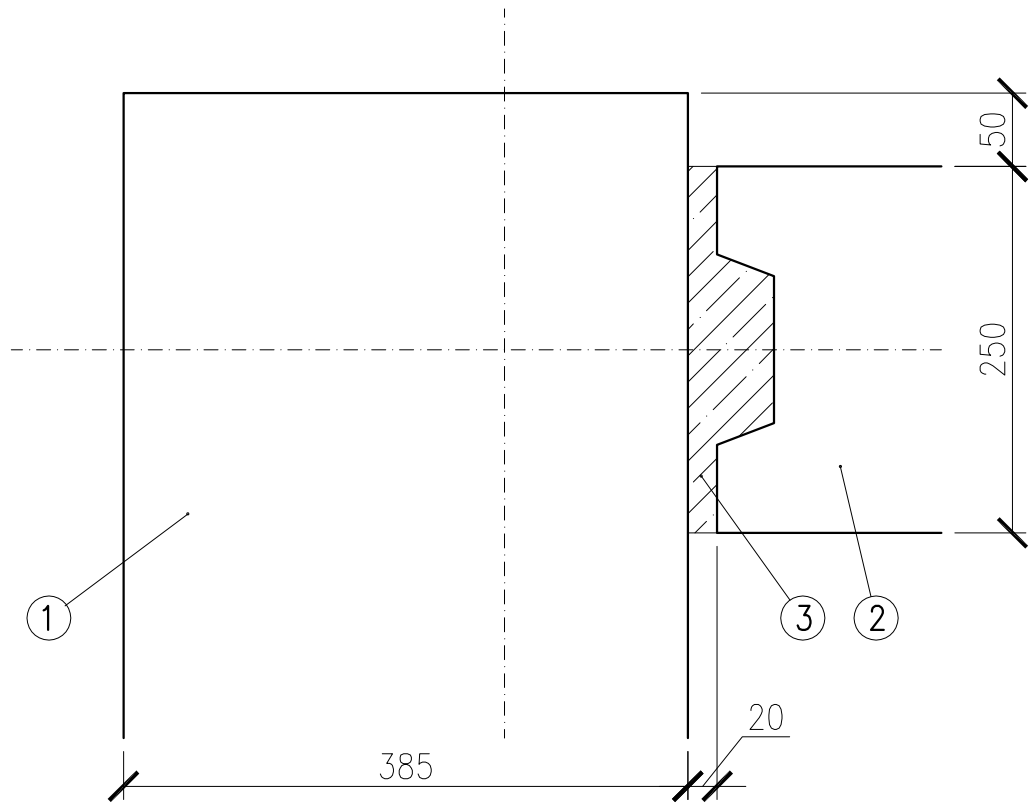
VYPRACOVAL: Bc. ZBYNĚK VÍCHA	KONTROLOVAL: Ing. Luděk Vejvara Ph.D.	DATUM: 12/2015
INVESTOR:	VEDOUCÍ PROJ.: Ing. Luděk Vejvara Ph.D.	Č. ZAKÁZKY:
NÁZEV: STAVEBNÍ SOUSTAVA PS 61		FORMÁT: A4
MÍSTO: Plzeň		MĚŘÍTKO: 1:5
VÝKRES: STYK ŠTÍTOVÝCH PANELŮ		VÝKRES Č. 10

STYK ŠTÍTOVÝ A OBVODOVÝ PANEL

PS 61

M 1:5

- ① ŠTÍTOVÝ PANEL
- ② OBVODOVÝ PANEL
- ③ BETONOVÁ ZÁLIVKA



Přepracováno z: Hapl, L. (1998)

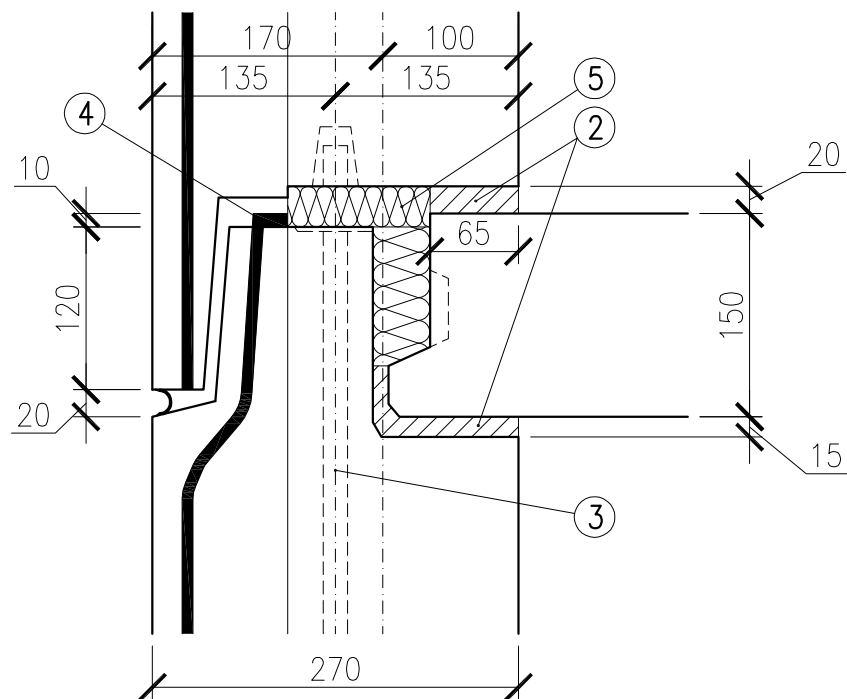
VYPRACOVAL: Bc. ZBYNĚK VÍCHA	KONTRLOVAL: Ing. Luděk Vejvara Ph.D.	DATUM: 12/2015
INVESTOR:	VEDOUcí PROJ.: Ing. Luděk Vejvara Ph.D.	Č. ZAKÁZKY:
NÁZEV: STAVEBNÍ SOUSTAVA PS 61	FORMÁT: A4	MĚŘÍTKO: 1:5
MÍSTO: Plzeň	VÝKRES Č. 11	
VÝKRES: STYK ŠTÍTOVÝ A OBVODOVÝ PANEL		

STYK OBVODOVÝCH PANELŮ A STROPNÍHO PANELU PS 69

OBVODOVÝ PLÁŠŤ JE JEDNOVRSTVÝ
(KERAMZITBETON 270 mm, PŘED ROKEM 1977)

M 1:5

- ② MALTOVÉ LOŽE
- ③ MONTÁŽNÍ ŠROUB
- ④ DUORETANOVÝ PÁSEK
- ⑤ POLYSTYREN



Přepracováno z: *Detaily k objektům Komenského 37 a 39, Plzeň*

VYPRACOVAL: Bc. ZBYNĚK VÍCHA	KONTROLOVAL: Ing. Luděk Vejvara Ph.D.	DATUM: 12/2015
INVESTOR:	VEDOUcí PROJ.: Ing. Luděk Vejvara Ph.D.	Č. ZAKÁZKY:
NÁZEV: STAVEBNÍ SOUSTAVA PS 69		FORMÁT: A4
MÍSTO: Plzeň		MĚŘÍTKO: 1:5
VÝKRES: STYK OBVODOVÝCH PANELŮ A STROPNÍHO PANELU		VÝKRES Č. 12

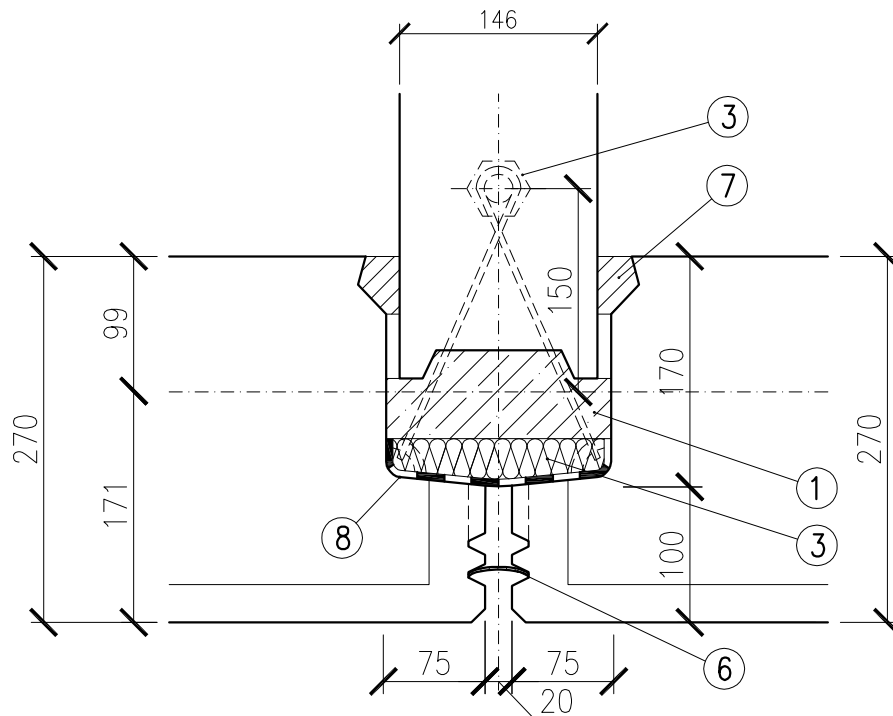
STYK OBVODOVÝCH PANELŮ A PŘÍČNÉ STĚNY

PS 69

OBVODOVÝ PLÁŠŤ JE JEDNOVRSTVÝ
(KERAMZITBETON 270 mm, PŘED ROKEM 1977)

M 1:5

- ① ZÁLIVKOVÝ BETON III
- ③ MONTÁŽNÍ ŠROUB ϕ 20
- ⑤ POLYSTYREN
- ⑥ CHLOROPRENOVÝ PÁSEK
- ⑦ ZATŘENO MALTOU
- ⑧ IPA PÁSEK, Š. 10 CM



Přepřacováno z: Detaily k objektům Komenského 37 a 39, Plzeň

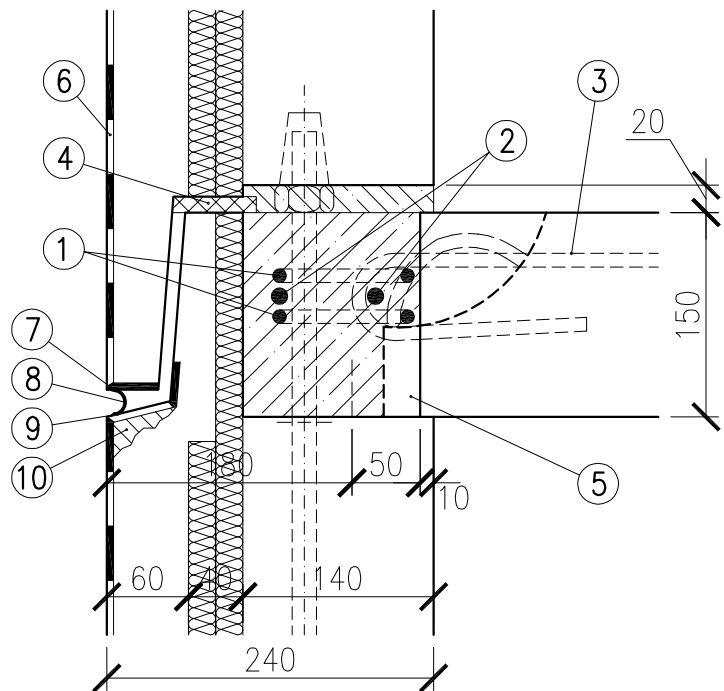
VYPRACOVAL: Bc. ZBYNĚK VÍCHA	KONTROLOVAL: Ing. Luděk Vejvara Ph.D.	DATUM: 12/2015
INVESTOR:	VEDOUCÍ PROJ.: Ing. Luděk Vejvara Ph.D.	Č. ZAKÁZKY:
NÁZEV: STAVEBNÍ SOUSTAVA PS 69		FORMÁT: A4
MÍSTO: Plzeň		MĚŘÍTKO: 1:5
VÝKRES: STYK OBVODOVÝCH PANELŮ A PŘÍČNÉ STĚNY		VÝKRES Č. 13

STYK ŠTÍTOVÝCH PANELŮ A STROPNÍHO PANELU PS 69

SEDNVIČOVÝ ŠTÍTOVÝ PANEL
(PŘED ROKEM 1977)

M 1:5

- ① 2 \varnothing J10
- ② 2 \varnothing J12
- ③ 1 \varnothing J14
- ④ PUR PĚNA
- ⑤ ZÁLIVKOVÝ BETON
- ⑥ VNĚJŠÍ OCHRANNÁ VRSTVA
- ⑦ PASTOVITÝ TMEL
- ⑧ THIOKOLOVÉ TĚSNĚNÍ
- ⑨ SPÁROVACÍ PÁSEK
THIOKOLOVÉ UTĚSNĚNÍ
- ⑩ REPROFILACE HRAN



Přepracováno z: Detaily k objektům Komenského 37 a 39, Plzeň

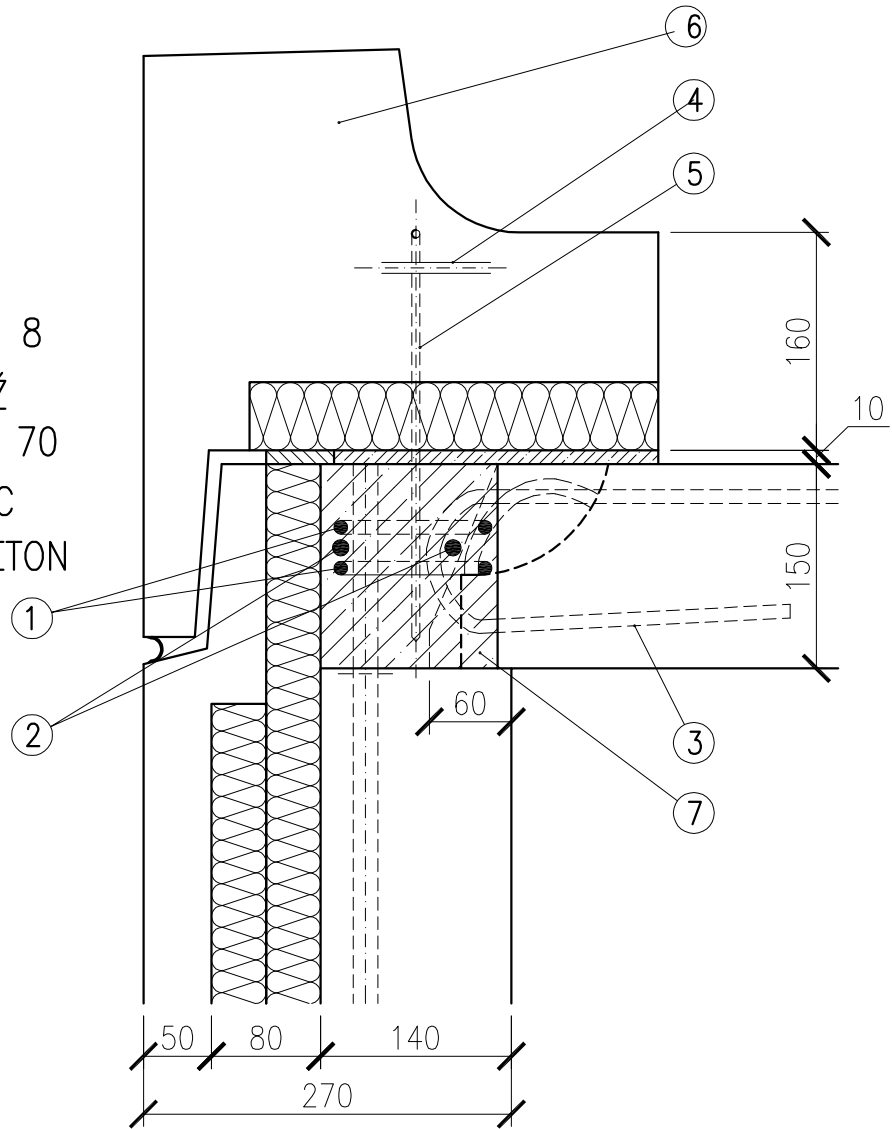
VYPRACOVAL: Bc. ZBYNĚK VÍCHA	KONTROLOVAL: Ing. Luděk Vejvara Ph.D.	DATUM: 12/2015
INVESTOR:	VEDOUcí PROJ.: Ing. Luděk Vejvara Ph.D.	Č. ZAKÁZKY:
NÁZEV: STAVEBNÍ SOUSTAVA PS 69		FORMÁT: A4
MÍSTO: Plzeň		MĚŘÍTKO: 1:5
VÝKRES: STYK ŠTÍTOVÝCH PANELŮ A STROPNÍHO PANELU		VÝKRES Č. 14

STYK ŠTÍTOVÉHO PANELU, ATIKY A STROPNÍHO PANELU PS 69

SEDNVIČOVÝ ŠTÍTOVÝ PANEL
(PO ROCE 1977)

M 1:5

- ① 2 ϕ J10
- ② 2 ϕ J12
- ③ 1 ϕ J14
- ④ SPOJ. OKO ϕ 8
- ⑤ SPOJ. VÝZTUŽ ϕ 8 mm DL. 70
- ⑥ ATIKOVÝ DÍLEČ
- ⑦ ZÁLIVKOVÝ BETON



Přepřacováno z: *Detaily k objektům Komenského 37 a 39, Plzeň*

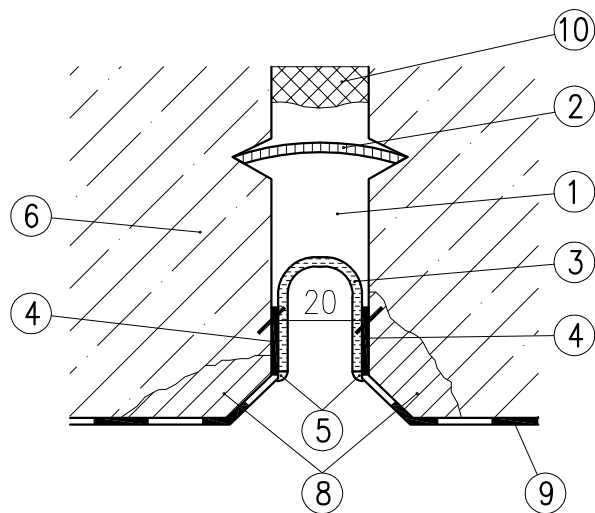
VYPRACOVAL: Bc. ZBYNĚK VÍCHA	KONTROLOVAL: Ing. Luděk Vejvara Ph.D.	DATUM: 12/2015
INVESTOR:	VEDOUĆÍ PROJ.: Ing. Luděk Vejvara Ph.D.	Č. ZAKÁZKY:
NÁZEV: STAVEBNÍ SOUSTAVA PS 69		FORMÁT: A4
MÍSTO: Plzeň		MĚŘÍTKO: 1:5
VÝKRES: STYK ŠTÍTOVÉHO PANELU, ATIKY A STROPNÍHO PANELU		VÝKRES Č. 15

DETAIL TĚSNĚNÍ SPAR OBVODOVÉHO PLÁŠTĚ

PS 69

M 2:1

- ① OTEVŘENÁ SPÁRA
- ② PROTIDEŠŤOVÁ ZÁBRANA
- ③ PROVĚŠENÝ THIOKOLOVÝ SPÁROVACÍ PÁSEK
- ④ PASTOVITÝ TMEL
- ⑤ THIOKOLOVÉ UTĚSNĚNÍ
- ⑥ OBVODOVÝ PANEL
- ⑦ THIOKOLOVÉ UTĚSNĚNÍ
- ⑧ REPROFILACE HRAN
- ⑨ VNĚJŠÍ OCHRANNÁ VRSTVA
- ⑩ PUR PĚNA

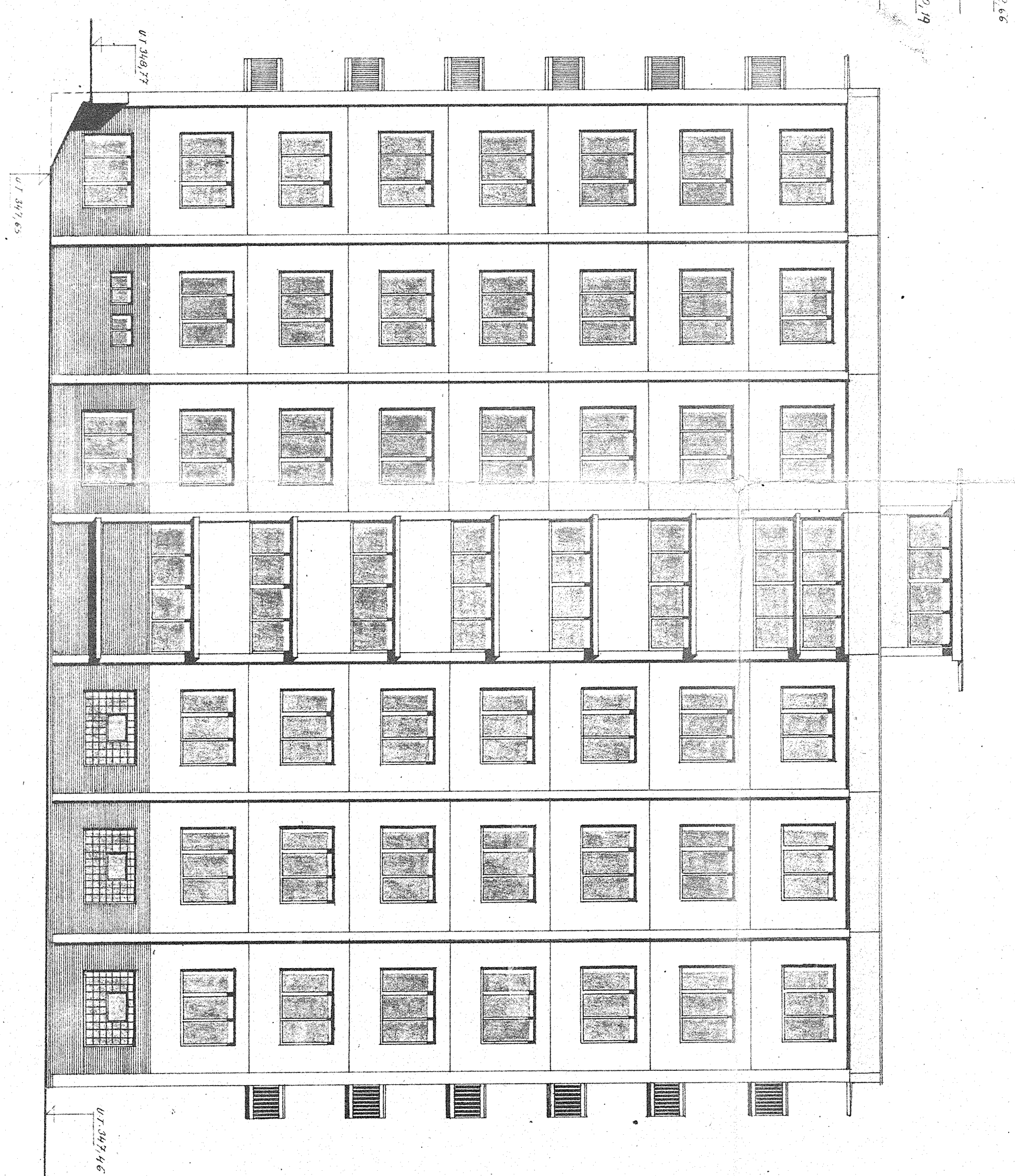
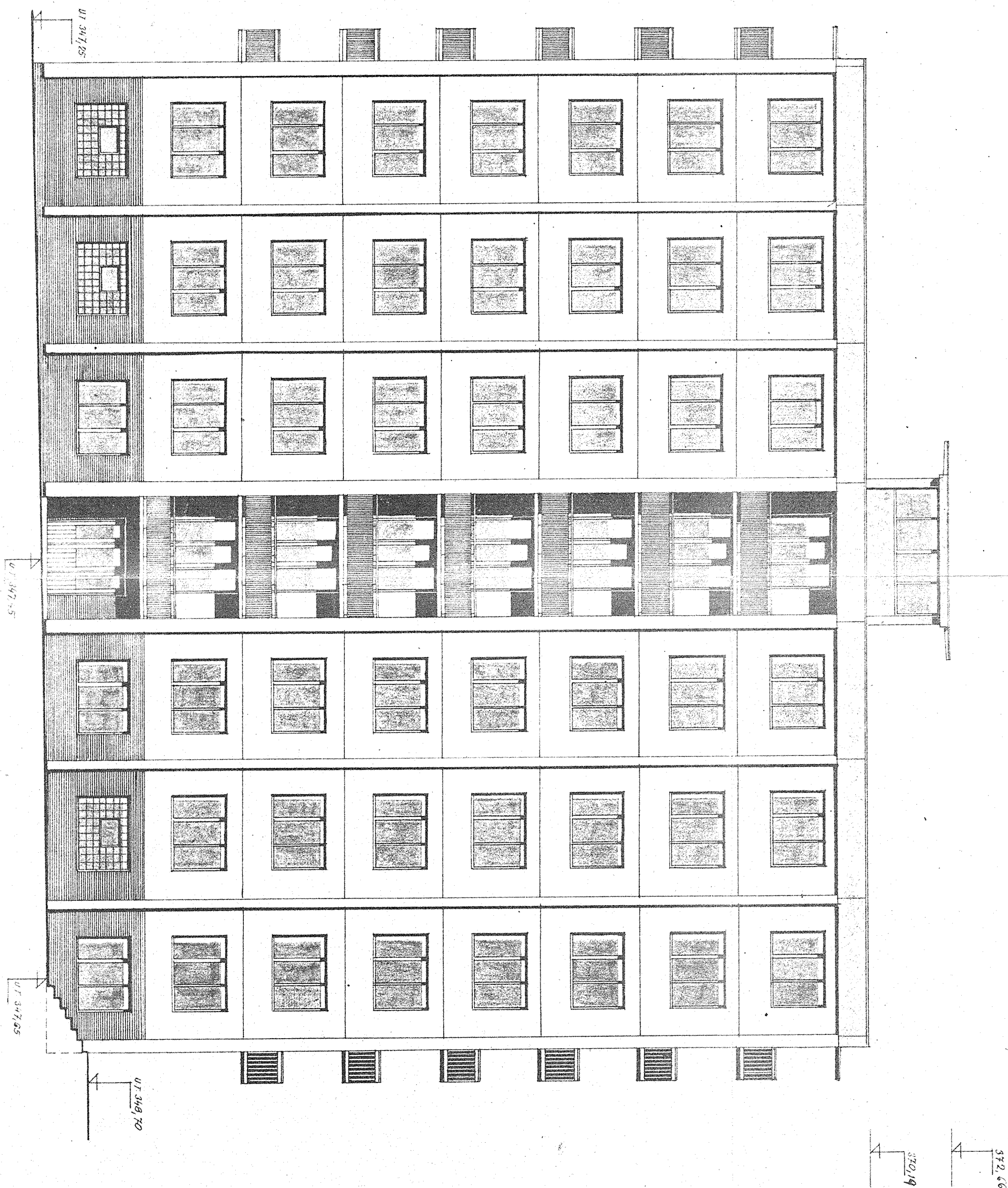


Přepracováno z: Detaily k objektům Komenského 37 a 39, Plzeň

VYPRACOVAL: Bc. ZBYNĚK VÍCHA	KONTROLOVAL: Ing. Luděk Vejvara Ph.D.	DATUM: 12/2015
INVESTOR:	VEDOUcí PROJ.: Ing. Luděk Vejvara Ph.D.	Č. ZAKÁZKY:
NÁZEV: STAVEBNÍ SOUSTAVA PS 69		FORMÁT: A4
MÍSTO: Plzeň		MĚŘÍTKO: 2:1
VÝKRES: DETAIL TĚSNĚNÍ SPAR OBVODOVÉHO PLÁŠTĚ		VÝKRES Č. 16

ПОЛЕТ ЖИВОУЩЕГО

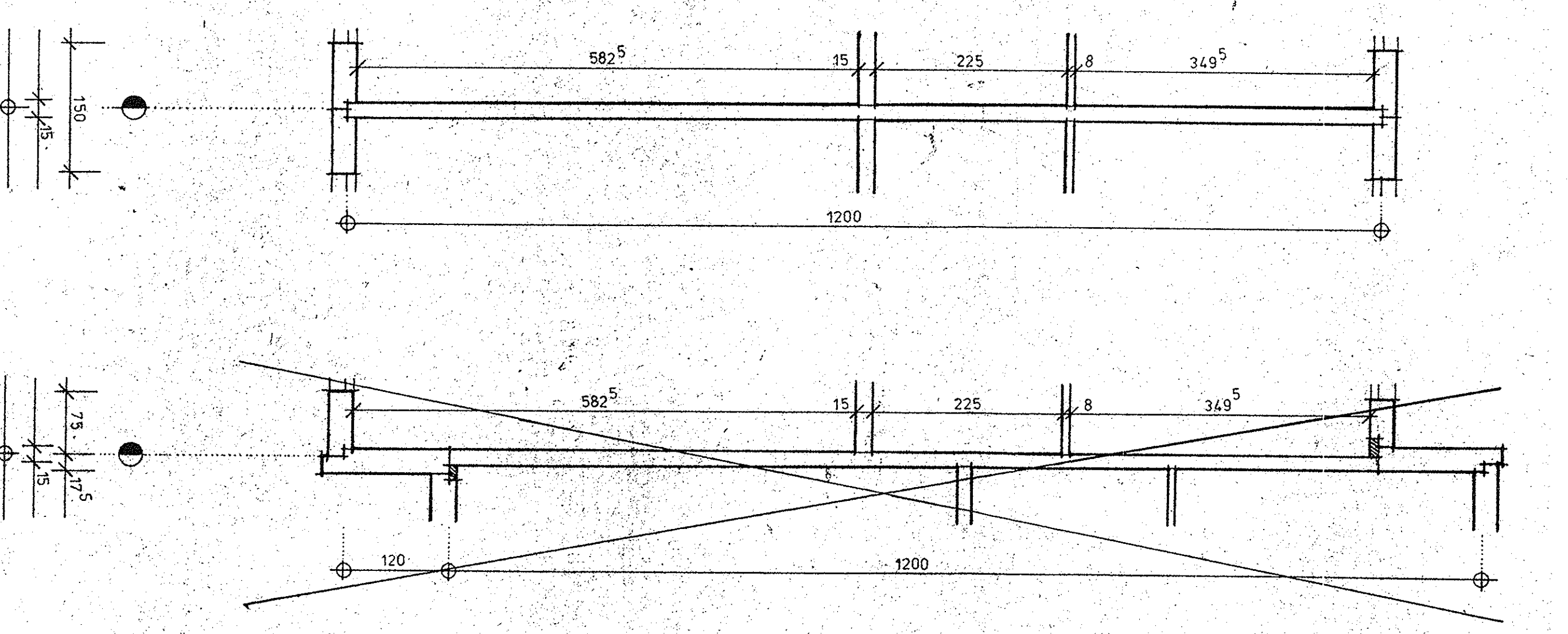
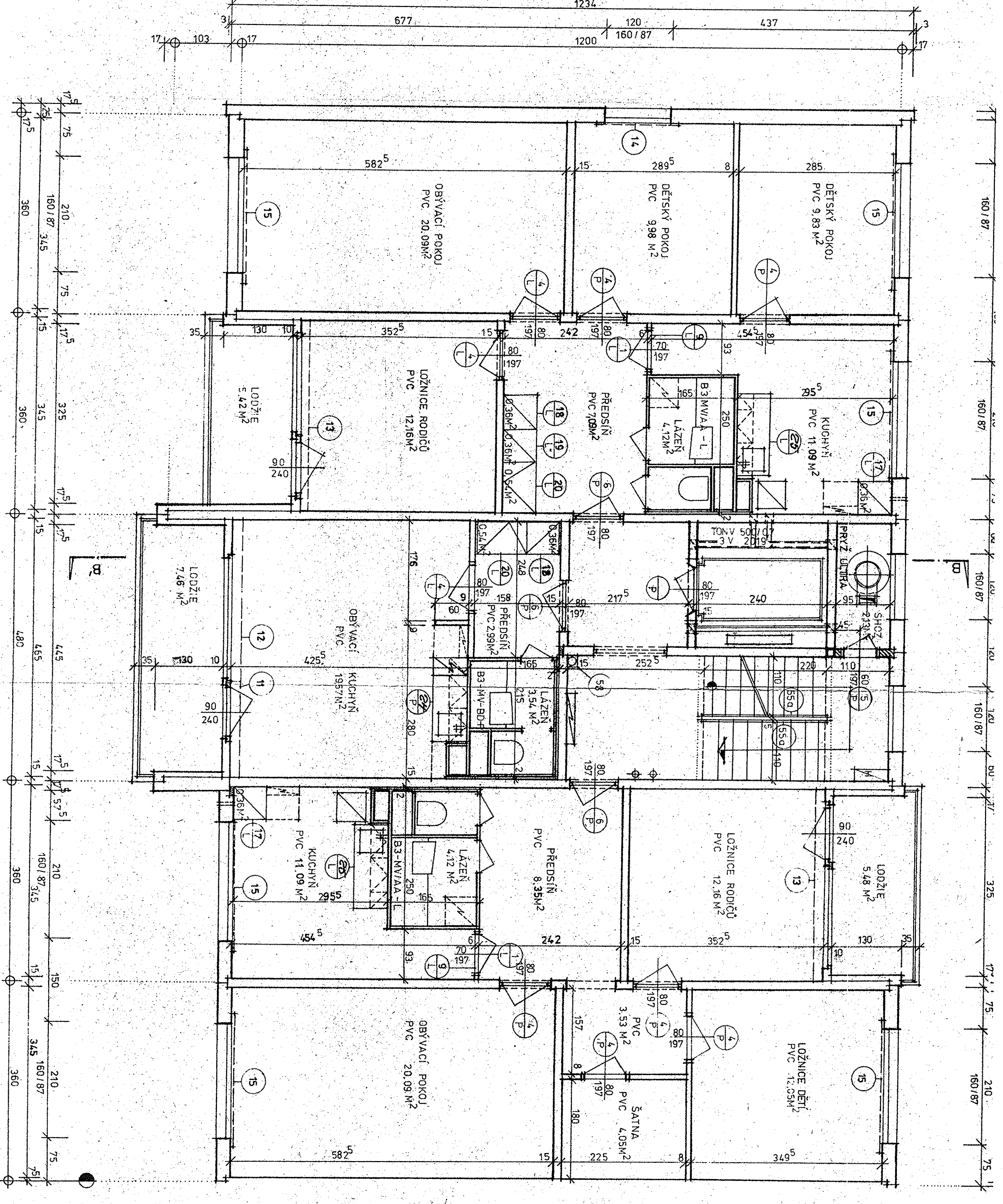
ПОЛЕТ СВЕТОЗВУЧНОГО



П. 9. пром. 1961
ПРІПРОВА КИЛКУЛАДЕ

ДОУЛДОВ ЕЦЛИН
И БУРОДИН
ИЗ ИСКУЛ ДИДИСАК
ИЗ ПЕРИ Д. ИРИСАК
7 7
243553

ГОЛІТІЕ ЖОННИ Х ОУЛКІТ 2
8276
1.000
1070000 67



OBUJENT ST. DEJAVNOU POUŽÍ D. 12. 4. 1976 (KL + MP) TYPIČNÉ PODLAŽÍ (KL)		1:30 1:30
INŽ. ARCH. SLOBETROVÁ INŽ. U. ŠTĚP JAKOUBČIKOVÁ MUDROVÁ R. P.	INŽ. U. ŠTĚP SVAČOVIČOVÁ ŠTĚPÁNEK R. P.	10/1/85 04/7/92 07/02/92

OBUJENT - 07
 SEZNAM PRÁČEK
 VEJVARA PROJEKT s.r.o.
 Projektová inženýrská kancelář
 Žitná ulice 98, 250 60 Vlašim
 IČ: 28010507
 tel./fax: 377 328 800

STR. A	TYPIČNÉ PODLAŽÍ	KL	PS-69-2A
VED. PROJ.	ZADPOU. PROJ.	MĚŘ.	DATUM
1976	JAN KOZELKA	1:50	1976
105/45			

POZNÁMKA:
 PRVKY PSY. NEODKÁNKĚNÉ ŘÍSEK. POLOŽKY
 JSOU SOUDĚSTI. KOMPETITIVNĚHO PRÁKA
 /TKKA SE VSECH PODLAŽÍ/

