

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Jana HOŘEJŠÍ**
Osobní číslo: **A14N0027P**
Studijní program: **N3607 Stavební inženýrství**
Studijní obor: **Stavitelství**
Název tématu: **Historie a vývoj panelové soustavy PS 69. Řešení komplexní obálky při revitalizaci se zaměřením na časté chyby při návrhu a provádění vybraných detailů. Možné způsoby zateplení plochých střech těchto objektů.**
Zadávací katedra: **Katedra mechaniky**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Obsah práce

Vyhodnocení vývoje panelové soustavy PS 69 a zhodnocení jeho vlastností před revitalizací. Návrh správného provádění vybraných detailů obzvláště u střešních pláštů. Vyhodnocení obálek již revitalizovaných objektů.

Cíl práce

Samostatné zpracování vývoje panelové soustavy PS 69 a jeho technických vlastností dle dostupných archivních dokumentů. Cílem práce je lokalizovat nejčastější chyby při návrhu a ve fázi provádění. K získání výsledků bude využito termovizního měření na skupině objektů.

Rozsah

textová zpráva, technické výpočty, stavební výkresy a detaily

Rozsah grafických prací: **projekt skládající se z výkresů a textových zpráv**

Rozsah kvalifikační práce: **80 stran**

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**

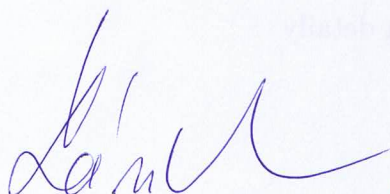
Seznam odborné literatury:

1. dokumentace panelových objektů dostupná v archivech
2. Stavební zákon 183/2006 Sb a související vyhlášky - OTP - 268/2009, hygienické předpisy
3. Platné normy- pro tepelnou ochranu budov - ČSN 730540

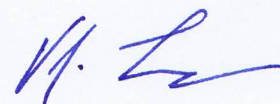
Vedoucí diplomové práce: **Ing. Michal Novák**
Katedra mechaniky

Datum zadání diplomové práce: **15. června 2015**

Termín odevzdání diplomové práce: **20. prosince 2015**



Doc. RNDr. Miroslav Lávička, Ph.D.
děkan



Prof. Ing. Vladislav Laš, CSc.
vedoucí katedry

V Plzni dne 15. června 2015

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta aplikovaných věd

Katedra mechaniky – Oddělení stavitelství

Diplomová práce

Bc. Jana Hořejší

2016

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta aplikovaných věd

Katedra mechaniky – Oddělení stavitelství

**Historie a vývoj panelové soustavy PS 69.
Řešení komplexní obálky při revitalizaci se
zaměřením na časté chyby při návrhu a
provádění vybraných detailů. Možné způsoby
zateplení plochých střech těchto objektů.**

Autor diplomové práce: Bc. Jana Hořejší

Vedoucí diplomové práce: Ing. Michal Novák

Plzeň, červen 2016

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně pouze s použitím uvedených zdrojů.

V Plzni 1. 6. 2016

.....
vlastnoruční podpis

Poděkování

Ráda bych poděkovala svému vedoucímu práce panu Ing. Michalovi Novákovi za veškerý věnovaný čas, připomínky, cenné rady a názory. Dále panu doc. Ing. Janu Paškovi, Ph.D za zapůjčení termovizní kamery a pokynů pro práci s tímto přístrojem a panu Ing. Václavovi Petrášovi za odborné připomínky. Nakonec své rodině a přáteli za podporu v průběhu celého studia.

Abstrakt

Tato diplomová práce řeší historii západočeské a jihočeské varianty panelové soustavy PS 69 a ploché střechy na těchto objektech. Cílem práce bylo zejména zhodnocení již zrevitalizovaných plochých střech. Pozornost je věnována jednotlivým variantám dodatečného zateplení. Pro hodnocení již zrealizovaných úprav je použita diagnostická metoda měření termovizní kamerou. Za použití výpočetních programů stavební tepelné techniky, byly provedeny výpočty tepelně technického posouzení stavebních konstrukcí a simulační modely teplotního pole dvourozměrných detailů.

Klíčová slova

Panelová soustava PS 69, plochá střecha, dvouplášťová střecha, termokamera, atika, tepelná izolace, tepelně technické posouzení, teplotní pole, kondenzace

Abstract

This thesis describes the history of West Bohemian and South Bohemian variation of building system PS 69 and flat roofs on these buildings. The main aim of this thesis was to evaluate already revitalized flat roofs. It is focused on individual variations of an additional thermal insulation. Diagnostic method of measuring by thermal imager is used to evaluate already implemented changes. Using the computer programs of building thermal technology, the calculations of thermal and technical assessment of building structures and simulation models of temperature field of two-dimensional details were carried out.

Key words

Building system PS 69, flat roof, double-shell roof, thermal imager, attic, thermal insulation, thermal and technical assessment, temperature field, condensation

Obsah

Úvod.....	1
Teoreticko-metodologická část.....	2
1 Literární rešerše a úvod do problému.....	2
1.1 Historie a vývoj panelové výstavby k současnosti.....	2
1.1.1 Industrializace a typizace českého stavebnictví.....	2
1.2 Obecná charakteristika soustavy PS 69.....	3
1.3 Popis konstrukčního řešení stavební soustavy PS 69.....	4
1.3.1 Základní charakteristika.....	4
1.3.2 Vnitřní nosné stěny	5
1.3.3 Obvodový plášť	6
1.3.4 Stropní dílce.....	8
1.3.5 Schodiště.....	9
1.3.6 Balkonové konstrukce a lodžie.....	9
1.3.7 Střešní konstrukce.....	11
1.3.8 Příčkové dílce	12
1.3.9 Bytová jádra.....	12
1.3.10 Základy	13
1.3.11 Ztužení, styky nosných prvků.....	13
1.4 Tepelně technické vlastnosti obvodových konstrukcí.....	13
1.5 Základní požadavky plochých střech.....	15
1.5.1 Definice, názvosloví	15
1.5.2 Obecné zásady navrhování střech.....	17
1.6 Vývoj plochých střech aplikovaných na panelových domech.....	18
1.6 Vývoj termoizolačních požadavků na ploché střechy.....	21
1.7 Změna předpisu 1988 PS 69/2 Jč Ia R	23

1.8	Klempířské práce	24
1.10	Základní termíny tepelně technických výpočtů	25
1.11	Metodika práce	27
	Aplikační část a diskuse výsledků	28
2	Aplikační část	28
2.1	Diagnostika stavu střešního pláště	28
2.2	Diagnostika staveb termokamerou	28
2.2.1	Pokyny pro práci s termokamerou	30
2.2.2	Zpracování snímků	30
2.2.3	Termovizní měření.....	31
2.3	Posouzení původní skladby ploché střechy panelového domu PS 69/ Jč – Ia	32
2.3.1	Tepelně technické posouzení původní skladby ploché střechy	33
2.3.2	Analýza detailu atiky ploché střechy PS 69 / JČ – Ia R z roku 1988	38
2.4	Možné přístupy dodatečného zateplení plochých střech.....	41
2.4.1	Zateplení vnitřního pláště foukanou izolací bez demontáže vnějšího pláště.....	41
2.4.2	Zateplení vnějšího pláště tepelnou izolací	55
2.4.3	Zateplení vnitřního pláště po odstranění vnějšího pláště.....	75
2.5	Posouzení západočeské varianty PS 69/2	85
3	Diskuse výsledků.....	91
	Závěr	95
	Seznam zdrojů.....	97
	Seznam obrázků.....	100
	Seznam tabulek	103
	Seznam příloh	104

Úvod

Toto téma jsem si vybrala, protože panelové domy jsou stále nedílnou součástí našich měst a navíc je dnes velmi aktuální jejich revitalizace. Dále je třeba uvést, že stávající stav konstrukcí již nevyhovuje novým normovým požadavkům, které se stále zpřísňují.

Panelové domy se na našem území stavěly od konce čtyřicátých let do počátku devadesátých let minulého století. Na konci čtyřicátých let byly vypracovány podklady pro hromadnou výstavbu. Jednalo se o typizace modulové soustavy a výrobní metody obytných, průmyslových a zdravotnických staveb. Byla vypracována řada variant panelových domů, které se lišily podle krajů.

V současné době tyto domy vykazují množství závad. Nejčastější poruchy jsou v obvodových dílcích a jejich stycích, v plochých střeších, v konstrukcích balkonů a lodžii.

Odstranění vad a poruch, a vhodný návrh modernizace představují náročný úkol a nutnost podrobného studia této problematiky.

Vážným nedostatkem je nízký tepelný odpor obálkových konstrukcí, který se projevuje výskytem nízkých povrchových teplot na vnitřní straně obvodových konstrukcí a spolu se zatékáním způsobuje vznik plísní.

Se zvyšujícími cenami energií rostou nároky na nízkoenergetický provoz a kvalitu bydlení. Rekonstrukce panelových domů mohou být podporovány dotačními fondy „Nová zelená úsporám“ nebo „PANEL.“

Ve své práci se budu zabývat vyhodnocením panelové soustavy PS 69 západočeské a jihočeské varianty a zaměřím se na střešní konstrukce těchto objektů.

V praktické části bude využito termovizní měření. Přístroj bude zapůjčen od Západočeské univerzity v Plzni. Měření bude provedeno na panelových objektech PS 69 v jihočeském a západočeském kraji a výsledky zaznamenány.

Dále budou zhodnoceny varianty dodatečného zateplení střešních měřených objektů a ověřeny výpočtem v programu TEPLO a analýzou dvourozměrného modelu v programu AREA.

Cílem této práce je shrnout a vyhodnotit panelovou soustavu PS 69 a zhodnocení již zrevitalizovaných plochých střešních dodatečným zateplením, za použití výsledků termovizního měření a výpočetních metod.

Teoreticko-metodologická část

1 Literární rešerše a úvod do problému

1.1 Historie a vývoj panelové výstavby k současnosti

1.1.1 Industrializace a typizace českého stavebnictví

Industrializace stavebnictví a s ní spojená typizace staveb, byla důležitá zejména v poválečné výstavbě ČSSR. Vychází z výstavby v SSSR. Vzhledem k silně omezeným možnostem prvních poválečných let, byly vydány směrnice pro architekty a stavební firmy sledující úspornost a jednoduché provedení stavby. Plán se podařilo plnit jen částečně. Příčinou byla malá produktivita (8 470 soukromých firem), nedostatečné vybavení stavebními stroji nebo nesoulad mezi záměrem celostátního plánu a zájmy jednotlivých plánů soukromých podnikatelů. Situace se změnila po Únoru 1948. Nastalo budování socialistické základny českého stavebnictví. Sloučení středních a větších soukromých podniků v československé stavební závody a základ socialistického sektoru v oblasti stavební produkce. Během pětiletky (1949 – 1953) vzrostl objem stavební výroby o 230 % a vybudováno bylo 177 000 nových bytů.

Industrializace se převážně týkala spodní stavby a hrubé stavby. Pro dům jsou nutné i dokončovací práce jako ústřední vytápění, zámečnické, elektrikářské či instalatérské práce. To se nikdy nepodařilo podchytit. Je to i jeden z důvodů proč výstavba nepokračuje tak rychle jak by bylo potřeba. V ČSSR spodní stavba trvala 20 dnů, hrubá stavba 15 dnů a dokončovací práce 190 dnů. Řešení spočívalo v mechanizaci a částečné automatizaci dokončovacích prací.

Přechod od řemeslné k průmyslové stavební výrobě nebyl jednoduchý. Bylo nutné vybudovat nové továrny pro výrobu stavebních hmot a dílců, nalézt nové materiály s vhodným složením. Síť vybudovaných pracovišť se musela podřídit příslušným zdrojům a surovin a určité vzdálenosti k místům prefabrikované výstavby. V období 1971 – 1975 bylo postaveno 614 000 bytů. V dalších letech (1973-1980) se předpokládala realizace 640 000 bytů. Zvýšila se produktivita práce a lidé z venkova přicházeli do měst.

V roce 1949 vznikl Studijní a typizační ústav (STÚ), který vypracoval podklady pro hromadnou výstavbu. Jednalo se o typizace modulové soustavy a výrobní metody zejména

obytných, průmyslových a zdravotnických staveb. Výsledkem byl Typizační sborník ve 26 svazcích. Byla vypracována řada variant panelových domu upravena podle krajů.

S objemovou typizací souvisel pojem **sekce**. Dříve v době kapitalismu v jedné ulici byly budovány domy pro různé majitele různými architekty. Řada domu odpovídala schématu a-b-c-d-e, výjimečně navrhl architekt řadu domů pro jednoho majitele schematicky a-a-a-a nebo a-b-a-b-a, později vytvořené sekce. „ *Co totiž dřívější architekt chápal jako stejný, ale samostatný dům, chápe architekt našeho století jako sekci, tj. jako úsek stejnoměrně nebo rytmicky členěné řady.* ” (Haas, 1978). Postupně byly vytvořeny sekce koncové a rohové.

V polovině padesátých let se upouštělo od historizujícího pojetí jako skrytí spár panelů, atiky se zdobnými motivy nebo zdobných prvků vyráběných sériově. Výstavba nových domů byla bez estetiky, monotonií a jednotvárná. Velká sídliště byla naprosto stejná.

Architekti hledají cestu ke zlepšení situace. Snaha oživení zelení, užitím barev v jemných tónech nebo vybavení objekty jako je kašna nebo prolézačka pro děti. Skutečností je, že dnes nelze dosáhnout malebného obrazu města jako v historii, některé dominanty ve vysoké zástavbě přestali existovat. [5]

1.2 Obecná charakteristika soustavy PS 69

Počátek výstavby panelové soustavy PS 69 se uvádí začátek 70 let. Většího uplatnění dosáhla dvoumodulová varianta, která se používala od roku 1977. Tímto řešením byla uskutečněná výstavba ubytoven, objektů s bezbariérovými byty a stavby mateřských škol a jeslí. Roku 1980 byla upravena soustava PS 69/2 pro výstavbu občanské vybavenosti. V Západočeském kraji také označována PS 81. Později byly do soustavy PS 69/2 začleněny prostorové prvky, poté soustava nesla označení PS 69/3.

Nosná konstrukce je tvořena panelovým stěnovým systémem sestávající ze spolupůsobících stropních desek a nosných stěn z plošných železobetonových panelů. Stavební soustava je malorozponová. Rozpon 2,4 a 3,6 m později 2,4 m, 3,6 m a 4,8 m.

Z jednotlivých částí soustavy lze sestavit sekce řadové, koncové, čtyř a pětipodlažní, bodové, pilové a věžové (12 podlažní byty). Řadová sekce má 2-3 byty na schodišti, bodový dům pět bytů a věžový dům sedm bytů na podlaží. Hloubka řadové sekce je 9,6 -12 m. Bodový a

věžový dům je navržen jako uzavřený celek. Řadové domy jako úplné sekce a doplňky (štíty a dilatace) sestaveny do objektů.

Byty PS 69/2 řešeny v I. až VI. kategorii. Z hlediska dispozičního řešení jsou kategorie bytů od 1+1 do 3+1. Objekty do 4 podlaží jsou řešeny bez výtahu. Vyšší objekty jsou vybaveny výtahem. U věžových objektů o 12 podlaží jsou v dispozici umístěny výtahy dva. 1. nadzemní podlaží tvoří objekty občanské vybavenosti.

Mezi domovní vybavení bytů patří: listovní schránky, prostor pro ukládání dětských kočárků, jízdních kol a mopedů, prostor pro prádelnu, sušárnu, žehlírnu, komory pro skladování předmětů, prostory pro zařízení vytápění v domech s ústředním vytápěním dle druhu vytápění a druhu paliva, zařízení pro hygienicky a požárně nezávadné odstraňování a ukládání odpadků, ocelovou rohožku a škrabák na boty.

Z architektonického hlediska je možno navrhnout byty různé půdorysné a výškové konfigurace. Lze navrhnout řadovou, koncovou, deskovou i bodovou zástavbu. Bytové domy PS 69 pro výšku zástavby 4 – 12 (14) obytných podlaží + technické podlaží. Soustava používá barvy - šedou, žlutou, červenou a bílou. Barevné řešení zasklení meziokenních vložek je nátěrem dřevotřískové desky a následným čirým zasklením.

V posledních letech dochází k rekonstrukci fasádních prvků a současně i barevnému architektonickému ztvárnění. [7]

1.3 Popis konstrukčního řešení stavební soustavy PS 69

„ Pro výstavbu domů v Západočeském a Jihočeském kraji byla určena od začátku 70. let až do ukončení hromadné panelové výstavby soustava PS 69. Typizační směrnice byla zpracována ve Stavoprojektu Plzeň a byla pojata jako prvková typizace bez objemového řešení. ”
(Kolektiv autorů. 2000)

1.3.1 Základní charakteristika

PS 69, PS 69/2 – Západočeská varianta

Panelový nosný systém s příčnými nosnými stěnami s modulem 2,4; 3,6 a 4,8 m

Výška zástavby: **řadový a bodový dům:** 4, 6, 8 obytných podlaží + technické podlaží (suterén)

věžový dům: 12 obytných podlaží + technické podlaží

Hloubka věžového objektu: 11,2 m; 12,4 m; 13 m

Šířka věžového objektu: 19,6 m

Bodový dům: 18,4 m x 24,4 m

Konstrukční výška podlaží: 2,8 m [7]

PS 69, PS 69/2 – Jihočeská varianta

Panelový nosný systém s příčnými nosnými stěnami s modulem 2,4; 3,6 a 4,8 m

Výška zástavby: **řadový a bodový dům:** 4, 6, 8 obytných podlaží + technické podlaží

věžový dům: 12 obytných podlaží + technické podlaží

Hloubka věžového objektu: 2 x 7,2 m + 3,6 m

Šířka věžového objektu: 34,2 m

Bodový dům: 22,95 m x 18 m

Konstrukční výška podlaží: 2,8 m [7]

1.3.2 Vnitřní nosné stěny

Západočeská varianta:

Vnitřní nosné panely tvoří plné příčné a podélné ztužující stěny ze železobetonu o tl. 150 mm, výšky 2630 mm, šířky 1040, 1200, 2240, 2400, 3440, 3600 a 4800 mm. Panely upravené pro dveřní otvor a pro rozvod instalací. Navrženy z betonu třídy B III (250) a B II (170). Pro vytvoření průchozích komunikačních prostorů se používaly ocelové rámy, buď to byla zabudovaná ocelová zárubeň, nebo pouze ocelová příčel závislá na počtu podlaží a dispozici objektu. [7]

Jihočeská varianta:

Vnitřní stěnové panely plné, železobetonové tl. 150 mm, výšky 2630 mm, v šířkách 2400, 3450, 3600 a 4 800 mm. Panely jsou i s dveřním otvorem se zabudovanou zárubní. Pro rozvod elektroinstalace jsou panely opatřeny dutinami. Povrchová úprava je tapeta. Nosné stěny jsou navrženy, ze dvou druhů betonu třídy B III (250) a B II (170). [7]

1.3.3 Obvodový plášť

Západočeská varianta:

Obvodový plášť je sendvičový nebo z keramzitbetonu tl. 270 mm.

Obvodové panely:

Parapetní dílce jsou nenosné z keramzitbetonu (KB 60) tl. 270 mm, délka 2400-3600 mm.

Celostěnové dílce jsou z keramzitbetonu jednovrstvé kompletizované tl. 270 mm. Vnější spáry mezi obvodovými dílci jsou suché se zalomenou ložnou spárou. Svislé spáry jsou profilovány. Těsnění je z pružných chloroprenových profilů vsunutých do drážek ve svislých stěnách obvodových dílců.

Štítové panely jsou sendvičové v tloušťce 240 – 300 mm. Tvořenou nosnou železobetonovou vnitřní deskou tl. 140 mm, polystyrenem tl. 40 – 100 mm a vnější monierkou s fasádní úpravou tl.60 mm. Svislé spáry jsou suché větrané s uloženým chloroprenovým páskem jako dešťovou clonu. Panely jsou kompletizované včetně oken a oplechování.

Meziokenní vložky jsou buď typy MIV-SD4 a MIV- SD6 o výšce 1600 mm, nebo vložky na bázi betonu a polystyrenu.

Technické podlaží a suterén je z keramzitbetonových panelů tl. 270 mm s vnější vrstvou z betonu tl. 50 mm.

Průčelní obvodové dílce jsou sendvičové tl. 270 mm kompletizované. Skládá se ze železobetonové desky tl.110 mm, polystyrenu 100 mm a vnější monierky s fasádní úpravou tl.60 mm.

Lodžiové stěny jsou dřevěné rámové konstrukce z vnější strany obložené palubkami, z vnitřní třískovými a vláknitými deskami. Uvnitř je tepelná izolační vložka z minerální plsti a parotěsná zábrana, tl. stěny 150 mm. Lodžiové stěny jsou kompletizované včetně oken a balkonových dveří.

Lehký obvodový dílec je u schodišťových prostor. Skladba jako lodžiová stěna.

Atikové panely - horní parapetní pásy jsou atiky pro podélnou fasádu. Parapetní pásy jsou pouze sendvičové. [7]

Montáž atikových prvků

Před zabetonováním věnců nad příčnými stěnami se vloží pod matku montážního šroubu dvě železa \emptyset J 12 a na šroub se navlékne plech 90/50/4/ mm. Věnce se zabetonují.

Atiky (horní pásy) se osazují do maltového lože na stropní panely a přichytí se montážními přípravky. Do armatury 2 \emptyset J 12 se vloží spona \emptyset E 6, zespodu se prostrčí oky

v parapetním pasu a ohne se zpět dolů. Oka v parapetním pásu jsou vyrobena z antikorozi oceli. Prostor mezi horními pasy se zabetonuje zálivkovým betonem (spáru nutno krýt pásem lepenky) Montážní prvky je možno odstranit až po dosažení 70 procentní pevnosti zálivkového betonu, tj. při teplotách nad 5°C po jednom týdnu. Do vnější spáry se zasune chloroprenový pásek. [15]

Obrázek 1: Panelová soustava PS 69, Plzeň Bolevec - západočeská varianta



Zdroj: Vlastní

Jihočeská varianta:

Obvodový plášť je tvořen keramickými parapetními pásy a meziokenními vložkami v tl. 350 mm a doplněnými celostěnnými dílci (schodišťové, vstupní). [7]

Obvodové panely:

Parapetní a atikové panely jsou keramické tl. 350 mm kompenzovaným vnějším povrchem TEX II 1875 a 1200 mm s ozubem pro osazení prvků PSV. Atikové jsou upraveny pro oplechování a odvětrání mezistřešního prostoru.

Štíty jsou z železobetonových sendvičových kompletizovaných panelů tl. 290 mm, (nosná vnitřní vrstva 150 mm, polystyren 80 mm, krycí betonová monierka) výšky 2800 mm a na ně navazující atiky výšky 875 mm.

Celostěnové keramické panely tl. 350 mm, kompletizované s vnějším povrchem TEX II. výšky 280 mm se zabudovanými prvky PSV ve schodišti.

Meziokenní vložky keramické tl. 350 mm, výšky 1600 mm kompletizované s vnějším povrchem TEX II nebo meziokenní vložky dřevěné tvořené sklem, vzduchovou mezerou, dřevotřískou, minerální vlnou a dřevotřískou. [7]

Obrázek 2: Stavební soustava PS 69/2 v Písku - jihočeská varianta



Zdroj: Vlastní

1.3.4 Stropní dílce

Západočeská varianta:

Stropní dílce jsou ze železobetonu plné tl. 150 mm třídy B III (250), šířky 600, 1200, 1800, a 2400 mm o rozpětí 2400, 3600 a 4800 mm. Ve směru rozpětí jsou úložné betonové konzolky, široké 50 mm, po 150 mm osově vzdálené s přesahem kotevních smyček pro provedení ztužujícího věnce. Nad nosnými stěnami z betonu B III (250) je ztužující věnec vyztužen zálivkovou výztuží. Stropní panely obsahují dutiny pro rozvod elektroinstalace stropních svítidel.

Lodžiové panely jsou kompenzované pro hloubku lodžie 900 a 1200 mm. Panel obsahuje tepelnou izolaci, pro zamezení tepelného mostu ve stropní konstrukci. [7]

Jihočeská varianta:

Stropní dílce jsou ze železobetonu plné tl. 150 mm, šířky 600, 1200, 2400 mm, délky 3600 a 4800 mm nekompletizované. Ve směru rozpětí jsou úložné betonové konzolky širokými 50 mm po 150 mm osově vzdálené. Prostor je vyplněn zálivkovou výztuží. Stropní panely obsahují dutiny pro rozvod elektroinstalace stropních svítidel. [7]

1.3.5 Schodiště

Západočeská varianta:

Schodiště je železobetonové prefabrikované dvouramenné kompletizované pro rozpon 2400 a 3600 mm a konstrukční výšky 2800 mm a celkové tl. 180 mm. Povrchovou úpravu tvoří teraco. Schodiště se skládá z podestových a mezipodestových panelů. Mezipodesta je šířky 1200 mm, délky 3420 a 2220 mm a je uložena na betonové konzoly a gumový pásek, stejně tak i schodišťová ramena. Podesta je šířky 1400 mm, délky 2370 a 3570 mm s prostupy pro elektroinstalace a svody dešťové vody.

Výtahová šachta u 5 – 9 podlažních panelových domů je umístěna mezi schodišťovými rameny a opláštěná ocelovou sítí. U věžových panelových domů je výtahová šachta umístěna mezi nosné stěny, mimo schodišťový prostor. [7]

Jihočeská varianta:

Schodiště je železobetonové prefabrikované dvouramenné kompletizované v modulu 3,6 m. Povrchovou úpravu tvoří teraco. Skládá se z podestových a mezipodestových panelů, na jejich ozuby jsou uložena schodišťová ramena o šířce 1090 mm a výšky 1400 mm. Mezipodesta je uložena na fixační vložku osazenou ve schodišťové stěně s přivařeným úhelníkem. Podesta je tl. 180 mm, šířky 1200, 2300 a 2600 mm. Délky 3600 a 3450 mm.

Výtahová šachta u 5 – 9 podlažních panelových domů je umístěna mezi schodišťovými rameny a opláštěná ocelovou sítí. U 13. podlažních panelových domů je výtahová šachta umístěna mezi nosné stěny, mimo schodišťový prostor.

Zábradlí je ocelové s madlem z PVC. [7]

1.3.6 Balkonové konstrukce a lodžie

Západočeská varianta:

Pro západočeskou variantu se nepoužívaly zavěšené balkony ani předsazené prostorové lodžie, ale lodžie zcela nebo z větší části zapuštěné. Panely se vyráběly jako kompletizované. Hloubka lodžie je 900 a 1200 mm (modulově). Lodžiový panel je opatřen tepelnou izolací pro přerušování tepelného mostu ve stropní konstrukci. [7]

Obrázek 3: Zapuštěné a polozapuštěné lodžie PS 69, Plzeň Bolevec - západočeská varianta



Zdroj: Vlastní

Jihočeská varianta:

Balkony u soustavy PS 69 jsou zavěšené ocelové konstrukce nebo předsazená prostorová lodžie se samostatnou konstrukcí. Kotvení je v úrovni keramických parapetů ke stěnám dodatečnou výztuží. [7]

Obrázek 4: Předsazená lodžie
– jihočeská varianta, Písek



Zdroj: Vlastní

Obrázek 5: Zavěšený balkon
– jihočeská varianta, Písek



Zdroj: Vlastní

1.3.7 Střešní konstrukce

Západočeská varianta:

Střecha je dvouplášťová s provětrávanou vzduchovou mezerou. Střešní konstrukci tvoří prefabrikované železobetonové desky tl. 80 mm 2400 x 3600 mm s vodoizolačním nátěrem uložené na spádové klínky osazené v modulu a mezimodulu po 1800 mm. Spodní strana trámků je opatřena heraklitem pro přerušení tepelných mostů a pro rozvod elektroinstalace. Tepelná izolace je zajištěna minerální plstí tl.80-200 mm nebo keramzitovým násypem frakce 4-24 o tl. 180 mm. Vzduchová mezera je 20-160 mm. Odvětrávání v atikových panelech.

Zastřešení strojovny výtahu je řešeno jednoplášťovou střešní konstrukcí z PZD nosníků nebo betonových panelů. [7]

Jihočeská varianta:

Střecha je dvouplášťová s provětrávanou vzduchovou mezerou. Střešní konstrukci tvoří tepelná izolace z pěnového polystyrénu tl. 50+30 mm, spádové klíny tl. 140 mm, šířky 600, 1200 a 2400 mm, délky 3600 a 1800 mm a na ně uloženy keramické panely. Odvětrávání pomocí vzduchových dutin, které jsou umístěny v atikových panelech obložených calofrigovými deskami tl. 40 mm ve spojích s větrací mezerou 50 mm.

Zastřešení strojovny výtahu je řešeno dvouplášťovou střešní konstrukcí z keramických panelů 2400/3300 mm tl. 140 mm. [7]

Šumavská varianta:

Šumavská varianta se vyznačovala sedlovou střechou. Konstrukci krovu tvoří ležatá stolice, krytina je osinkocementová. [7]

Obrázek 6: Varianta stavební soustavy PS 69 – sekce Šumava – západočeská varianta, se sedlovou střechou Železná Ruda



Zdroj: Vlastní

1.3.8 Příčkové dílce

Západočeská varianta:

Příčky jsou ze železobetonových panelů tl. 80 mm, výšky 2650 mm. Příčky jsou kompenzované upravené pro elektroinstalace a s otvory pro zárubně. Zpočátku příčky sádrokartonové tl. 86 mm (2 x 13 mm + minerální izolace) hlavně kolem bytového jádra, rozpětí stropního panelu 4800 mm. Později se používaly železobetonové příčky. [7]

Jihočeská varianta:

Příčky jsou železobetonové o tl. 80 mm, z části z desek ORLEN v tl.50 mm. Příčky jsou nekompenzované upravené pro elektroinstalace a s otvory pro zárubně s rozměry šířky 600,1200,1800 a 3450 mm, výšky 2650 mm. [7]

1.3.9 Bytová jádra

Západočeská varianta:

V západních Čechách se používala bytová jádra B3 – AB a B3 – BD a železobetonové jádro H – 30/2. Později pak B – 10 (A, B, E) a H – 10 a prostorová železobetonová jádra H3 – BD/L + K, H3 – AA/L + K a DZI. [7]

Jihočeská varianta:

V panelové soustavě PS 69 se zpočátku používala bytová jádra B3, později byla nahrazena typem B9 a B10 standart A, B, D.

Bytové jádro B10 (B9) je část stavby, která se skládá z koupelny a WC s návazností na kuchyňskou sestavu a sporák. Bytové jádro je zařízení zdravotní instalací, el. rozvody, větráním a odsávačem par nad sporákem. Toto bytové jádro je nutné dopravit do stavby před zastropením.

Bytové jádro B10 tvoří příčky ze sendvičové konstrukce, ohraničující WC a koupelnu. Příčky jsou pro všechny varianty 2400 mm a jsou uzavřeny podhledem, pro vedení elektrorozvodů.

Bytová jádra B10 se vyráběla v pravém i levém provedení.

Rozlišení a označení:

- B 10 – A provedení s vanou délky 1600 mm
- B 10 – B provedení se sprchovou mísou délky 1200 mm
- B 10 – C provedení se sprchovým tácem 900 x 750 mm

B 10 – D provedení s umyvadlem v prostoru WC

B 10 – E provedením s umyvadlem v samostatném prostoru

Jihočeská varianta v objektech soustavy PS 69/2 používala silikátová jádra tl. stěn 60 mm od roku 1988. [7]

1.3.10 Základy

Řešení základové části vychází ze základových podmínek daných lokalit. Domy byly založeny na železobetonových základových pasech nebo roštích. V západních Čechách se používaly i pilotové základy. V Mariánských lázních bezroštové zakládání nebo u věžových objektů založení na desce. Nad monolitickými pasy u domů s technickým podlažím se používaly montované základové bloky, šířky 250 mm pod nosnými stěnami, 350 mm pod obvodovým pláštěm spojené věncovou výztuží. [7]

1.3.11 Ztužení, styky nosných prvků

Prostorová tuhost konstrukce je řešena soustavou příčných stěn, které doplňují průběžné podélné stěny ve střední části objektu.

Ve vodorovném směru je tuhost konstrukce řešena zmonolitněním stropních tabulí. Zálivková výztuž probíhá v příčných i podélných spárách mezi panely.

Ve svislém směru, kde nejdou umístit žebříčky, je vložena ocelová vložka. V místě stropních věnců je provedeno převázání vložkou výztuží do sousedních navzájem kolmých stěn. [7]

1.4 Tepelně technické vlastnosti obvodových konstrukcí

V období kolem roku 1980 proběhla revize tepelně technické normy.

Západočeská varianta má do revize celostěnné jednovrstvé panely z keramzitbetonu tl. 270 mm pro modul příčných nosných stěn 3,6 (2,4) m. Vzhledem k velké hmotnosti jednotlivých celostěnných panelů byly pro modul 4,8 m používány buď parapetní sendvičové pásy tl. 220 mm s tepelnou izolací z **pěnového polystyrénu tl. 40 mm** nebo lehké montované dílce s dřevěnou kostrou. Lehké stěny s dřevěnou kostrou a opláštěním z deskami z dřevité hmoty nebo

s palubkami byly používány i pro čelní stěny uvnitř lodžii a pro opláštění ve schodišťových modulech.

Po revizi byly používány dílce sendvičové s tepelnou izolací z pěnového polystyrénu (skladba: vnější betonová vrstva 50 mm, **vrstva pěnového polystyrénu 100 mm** a vnitřní nosná vrstva 120 mm). Štítové dílce byly sendvičové s tepelnou izolací z pěnového polystyrénu. Před revizí tepelně technické normy tl. dílce 240 mm (tl. tepelné izolace 40 mm). Po revizi tl. dílce 270 mm (tl. tepelné izolace 80 mm). [8]

U jihočeské varianty byl posouzen panelový dům z roku 1982. Posuzovaný objekt je typový panelový dům řadový, systém PS96/2 Jč Ia.- (inovace), lokalita Milevsko.

Obvodové panely:

- a) Atikové a parapetní panely jsou keramické tl. 35 cm s kompletizovaným vnějším povrchem TEX II, výšky 187,5 cm a 120 cm a ozubem pro osazení prvků PSV. Atikové jsou upraveny pro odvětrání mezistřešního prostoru.
- b) Štítové panely jsou z železobetonových sendvičových kompletizovaných panelů tl. 29 cm, výšky 280 cm.
- c) Celostěnové keramické panely tl. 35 cm kompletizované s vnějším povrchem TEX II, výšky 280 cm
- d) Meziokenní izolační vložky TR 80-010 výšky 160 cm.

Střešní konstrukce je plochá dvouplášťová, horní část je z keramických nekompletizovaných panelů tl. 14 cm uložených na spádových klínech, tepelně odizolovaným polystyrénem tl. 3 cm a 8 cm minerální rohože. Vzduchové dutiny jsou odvětrávány v obvodu střechy.

Stropy nad vstupním podlažím jsou opatřeny lepeným polystyrenem tl. 4 cm na podhled panelů, nad vstupy v TP 8 cm skelné rohože na konstrukci FEAL. Stropy vstupů 3x8 cm skelné rohože PREFISOL. Nadpraží oken izolované lepeným polystyrénem v tl. 5 cm.

Stěny pokojů přiléhajících ke schodišti jsou opatřeny tepelnou izolací Lignoporem 4,5 cm s povrchem.

Okna jsou dřevěná zdvojená v šířce 60, 120, 150 a 240 cm a výšce 160 cm. Meziokenní vložky MIV v šířce 30, 60, 67,5 a 120 cm a výšce 160 cm.

Dům je sedmipodlažní, přičemž 6 podlaží je obytných o 4 bytových jednotkách na patře a jedno technické podlaží, na němž se nachází technické zázemí domu (sušárna, prádelna apod.). Celkem má 24 bytových jednotek. [21]

Tabulka 1: Tepelně technické vlastnosti obvodových konstrukcí

Typ konstrukce	Popis	Součinitel prostupu tepla [W/(m ² K)]		
		Stávající hodnota U_S	Požadovaná hodnota $U_{N,20}^*$	Doporučená hodnota $U_{rec,20}^*$
Obvodová stěna	Obvodový panel parapetní a atikový	0,86	0,30	0,25
	Štítový panel	0,60	0,30	0,25
	Meziokenní vložka	0,86	0,30	0,25
Střešní plášť	Plochá dvouplášťová střecha	0,84	0,24	0,16
Strop technického podlaží	Stropní panel	0,75	0,60	0,40
Okna	Dřevěná zdvojená	2,40	1,5	1,2
Dveře	Prosklená v kovovém rámu	4,70	1,7	1,2

* Požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla pro budovy s převažující návrhovou vnitřní teplotou θ_m v intervalu 18°C až 22°C dle ČSN 73 05 40-2 (2011) [30]

Zdroj: Vlastní, [21]

1.5 Základní požadavky plochých střech

Česká technická norma 73 1901 Navrhování střech - Základní ustavení, uvádí termíny a definice.

1.5.1 Definice, názvosloví

Střecha; střešní konstrukce: stavební konstrukce nad chráněným (vnitřním) prostředím, vystavená přímému působení atmosférických vlivů, podílející se na zabezpečení požadovaného stavu prostředí v objektu; sestává z nosné střešní konstrukce, jednoho nebo několika střešních plášťů oddělených vzduchovými vrstvami a doplňkových konstrukcí a prvků

Plochá střecha: střecha se sklonem vnějšího povrchu $\alpha \leq 5^\circ$

Nepochůzná střecha: střecha, umožňující přístup pouze pro kontrolu stavu konstrukce i zařízení na střeše a nezbytnou údržbu

Pochůzná střecha: provozní střecha: střecha využívaná pro účely dopravy, rekreace, umístění speciálního technologického vybavení objektu apod.

Nosná střešní konstrukce: část střechy přenášející zatížení od jednoho nebo několika střešních pláštů, doplňkových konstrukcí a prvků i vody, sněhu, větru, provozu apod. do ostatních ostatních nosných částí objektu

Střešní plášť: část střechy tvořená nosnou vrstvou střešního pláště, k níž jsou zpravidla přiřazeny některé další vrstvy v závislosti na funkci pláště (vrstva hydroizolační, tepelně izolační, sklonová, podkladní, parotěsná, expanzní, pojistná nebo pomocná hydroizolační, ochranná, provozní, pohledová, dilatační, separační, spojovací, stabilizační, drenážní, filtrační, hydroakumulační a podhledová)

Jednoplášťová střecha: střecha, oddělující chráněné (vnitřní) prostředí od vnějšího jedním střešním pláštěm

Jednoplášťová střecha větraná: jednoplášťová střecha, v jejíž skladbě je systém větracích kanálků napojený na vnější prostředí

Jednoplášťová střecha nevětraná: jednoplášťová střecha, v jejíž skladbě není systém větracích kanálků napojených na vnější prostředí

Jednoplášťová střecha s opačným pořadím vrstev; též střecha obrácená nebo inverzní: střecha s hydroizolační vrstvou umístěnou pod vrstvou tepelně izolační

Dvouplášťová střecha: střecha oddělující chráněné (vnitřní) prostředí od vnějšího dvěma střešními plášti (horní plášť – dolní plášť, nebo také vnější – vnitřní plášť), mezi nimiž je vzduchová vrstva

Dvouplášťová střecha nevětraná: dvouplášťová střecha, jejíž vzduchová vrstva je vůči vnějšímu prostředí uzavřená

Dvouplášťová střecha větraná: dvouplášťová střecha, jejíž vzduchová vrstva je napojena na vnější prostředí

Vzduchová vrstva a větrací kanálky: Vzduchové vrstvy a větrací kanálky se do konstrukce střech umísťují s cílem vyloučit nebo potlačit kondenzaci vodní páry ve střeše. Při zvýšené

dimenzi mohou přispět k odvodnění technologické nebo zabudované srážkové vody popř. srážkové vody proniklé do konstrukce v průběhu funkce střechy, do vnějšího prostředí. [11]

1.5.2 Obecné zásady navrhování střech

Tvar a konstrukci střechy se doporučuje navrhovat co nejjednodušší.

Střecha a její vrstvy se navrhují s ohledem na namáhání vodní párou, vlhkostí obsaženou v pórovitých materiálech, srážkovou vodou, stékající vodou.

Střecha se navrhuje tak, aby nepropouštěla srážkovou vodu, provozní vodu, tuhé srážky, ani vlhkost v kapalném skupenství do podstřešních konstrukcí.

Pokud pronikání tuhých srážek nelze vyloučit, navrhují se do konstrukce pojistné hydroizolační vrstvy a hydroakumulační vrstvy v kombinaci s větráním střech.

Skladba a konstrukce se střechy se navrhují tak, aby se dosáhlo příznivého a vlhkostního stavu a režimu střechy.

Střecha se navrhuje tak, aby odolávala mechanickému a dynamickému namáhání.

Střecha a její souvrství se navrhuje s ohledem na zatížení od vlastní hmotnosti, na zatížení sněhem, od větru, od teploty i zatížení provozem a údržbou.

Střecha i její části, se navrhují tak, aby odolávaly tlaku i sání větru. Vlivem větru nesmí dojít k poškození nebo stržení.

Trvanlivost konstrukce střechy se navrhuje po dobu funkce objektu, kterou stanoví investor.

Technický stav konstrukcí je nutno ověřovat prohlídkami.

Při návrhu střešní konstrukce je nutno navrhnout bezpečný přístup na střechu.

Projektový návrh střechy musí jednoznačně určit materiálové, konstrukční, technologické i provozní řešení střechy. [11]

Vyhláška 268 / 2009 o technických požadavcích na stavby uvádí ve čtvrté části požadavky na stavební konstrukce staveb. § 25 Střechy:

(1) Střechy musí zachycovat a odvádět srážkové vody, sníh a led tak, aby neohrožovaly chodce a účastníky silničního provozu nebo zvířata v přilehlém prostoru, a zabráňovat vnikání vody do konstrukcí staveb. Střešní konstrukce musí být navržena na normové hodnoty zatížení.

(2) Pochůzná střechy a terasy musí mít zajištěn bezpečný přístup a musí být na nich provedena opatření zajišťující bezpečnost provozu. Odpadní vzduch ze vzduchotechnických a klimatizačních zařízení a odvětrání vnitřní kanalizace musí být vyústěn nad pochůzná střechy a terasy v souladu s normovými hodnotami tak, aby neobtěžoval a neohrožoval okolí.

(3) Střešní plášť provozních střech a teras musí splňovat požadavky stavební akustiky dané normovými hodnotami.

(4) Střešní konstrukce musí splňovat požadavky na tepelně technické vlastnosti při prostupu tepla, prostupu vodní páry a prostupu vzduchu konstrukcemi dané normovými hodnotami

a) nejnižších vnitřních povrchových teplot konstrukce, zejména v místech tepelných mostů v konstrukci a tepelných vazeb mezi konstrukcemi

b) součinitele prostupu tepla, včetně tepelných mostů v konstrukci,

c) lineárních a bodových činitelů prostupu tepla pro tepelné vazby mezi konstrukcemi,

d) kondenzace vodních par a bilance vlhkosti v ročním průběhu,

e) průvzdušnosti konstrukce a spár mezi konstrukcemi,

f) tepelné stability konstrukce v zimním a letním období ve vazbě na místnost nebo budovu,

g) prostupu tepla obvodovým pláštěm budovy ve vazbě na další konstrukce budovy. [24]

1.6 Vývoj plochých střech aplikovaných na panelových domech

Nárůst panelové výstavby v šedesátých letech rozpochoval vývoj konstrukcí plochých střech, teorií a materiálů ve stavebnictví. V této době ještě nebyly pěnové plasty, ale používal se lehčený beton, v podobě tvárnic. Důraz byl kladený na snahu minimalizovat náklady i pracnost. Střechy byly bezspádové. Krytina byla z nasákových asfaltových pásů kladených přímo na povrch pěnasilikátových tvárnic. Asfaltové pásy měly malou trvanlivost. Střechy neměly potřebné termoizolační vlastnosti. V bytech se objevovaly plísň. Větrací kanálkový systém mezi pěnasilikátovými tvárnicemi nebyl účinný.

Tyto nedostatky vedly k novým úpravám. Povlaková krytina získala sklon díky spádové vrstvě, mazaniny z cementové malty. Pro prodloužení trvanlivosti krytin, byly asfaltové pásy s nenasákavou vložkou a chránily se nátěrovými povlaky.

Problémy plochých střech přetrvávaly i nadále. Asfaltové krytiny byly plnoplošně natavovány přímo na podkladní mazaninu. Krytina pak praskala nad pracovními i dilatačními spárami. Problémy byly i ve skladbách, např. použití nasákavých termoizolačních materiálů. Ukázalo se, že parotěsná vrstva sice potlačí difúzní tok do skladby, ale zároveň zabrání transportu vlhkosti k vnitřnímu povrchu střechy, neboli výparu vlhkosti do podstřeší.

Od konce 70. let byly zvýšené požadavky na termoizolační vlastnosti. Z hodnoty $0,9$ na $1,8 \text{ m}^2 \cdot \text{KW}^{-1}$. Lehčené betony nahradily pěnové plasty – pěnový polystyren.

Pěnový polystyren výrazně ovlivňuje vlhkostní režim skladeb. Zjistilo se, že u vrstev pod polystyrenem se urychluje únik vlhkosti do podstřeší, zatímco nad polystyrenem se vlhkost nemění – je trvale uzavřena mezi hydroizolační a termoizolační vrstvou. Z tohoto důvodu byl pěnový polystyren později umístován poblíž vnějšího povrchu skladby.

V případech, kdy k úniku vlhkosti brání polystyren i parozábrana, zůstává v konstrukci trvale zabudovaná vlhkost.

Pro masovou panelovou výstavbu bylo nové řešení využití polystyrenových dílců. Vrátily se bezespádové verze se snahou o nejnižší cenu a pracnost. Zadržování vody v prohlubních a malá trvanlivost pásů v těchto podmínkách a chyby při realizaci vedly k průsakům do podstřeší. Proto se vrátily spádové vrstvy – sypané vrstvy zpevněné cementovou mazaninou nebo z perlitbetonu. Nevýhodou byl návrat mokrého procesu do skladeb. Náhradou pak mohly být heraklitové desky.

Po rozsáhlé aplikaci ukázaly polystyrenové dílce na problémy. Jednalo se o závislost povlakových krytin nad styky polystyrenových desek. Tvořily se vlny nebo trhliny a docházelo ke smršťování až o 1%.

Ve vrcholném období panelové výstavby při zvyšování požadavků se do skladeb vkládaly polystyrenové dílce a pojistná hydroizolační vrstva s doplňkovou funkcí parotěsné zábrany.

Vedle jednoplášťových střech se ve stále větším rozsahu začaly uplatňovat střechy **dvouplášťové**.

První dvouplášťové střechy se začaly vyskytovat koncem 60. let. Největší rozmach však zaznamenaly v 80. letech. Velkou výhodou je, že odpadá mokřý proces i doprava velkého množství hmot pro spádovou vrstvu k dosažení potřebného sklonu krytiny. Dvouplášťové střechy mají přehledný vlhkostní režim. Při správném návrhu větrání rychle klesá zabudovaná

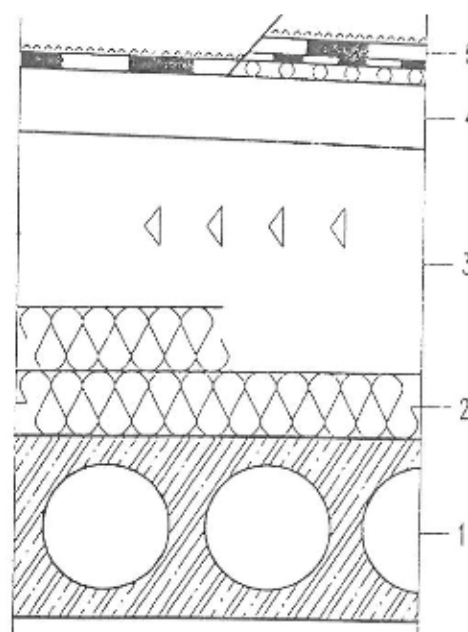
vlhkost na úroveň sorpční vlhkosti. Nedochází ke kondenzaci vodní páry a plášť má spolehlivé termoizolační vlastnosti.

Varianty dvouplášťových střech spočívají v materiálovém a konstrukčním řešení horního pláště a jeho podpůrné konstrukce.

Nejprve se začaly používat na horní plášť železobetonové a keramické panely na rozpětí 3,6 m, dutinové a žebírkové panely na rozpětí 6,0 m, podpírané zděnými stěnami nebo železobetonovými prefabrikáty klínového tvaru. Náklon pláště směřoval k vnitřním úžlabím nebo odvodňovacím bodům. Jako tepelná izolace se používala rohože z minerálních vláken nebo krytinu tvořily natavitelné asfaltové pásy. Nízké atiky však omezovaly větrání na minimum. Tento typ se však osvědčil. [11]

Obrázek 7: Skladba dvouplášťové ploché větrané střechy používané v panelové výstavbě v 70. a 80. letech.

1 – nosná vrstva dolního pláště – dutinové železobetonové panely, 2 – termoizolační vrstva – rohože z minerálních vláken tl. 80 mm (160 mm), 3 – větraná vzduchová vrstva tl. 120 – 400 mm, 4 – nosná vrstva horního pláště – želbet. plně panely tl. 80 mm, resp. 120 mm, příp. keramické panely tl. 140 mm či želbet. dutinové panely tl. 190 mm, příp. želbet. žebírkové panely tloušťky 240 mm (v místě žebra), 5 – povlaková krytina – tři natavitelné asfaltové pásy, v některých případech podložené expanzním pásem (PERBITAGIT)

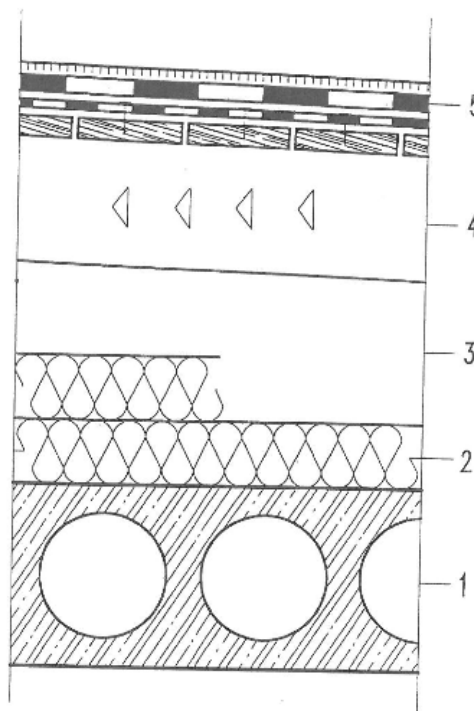


Zdroj: Kutnar, Z. Ploché střechy. Praha, Kutnar-izolace staveb expertní a znalecká kancelář. 2001. Monografie: [11]

Jiným řešením horního pláště byla dřevěná konstrukce, která se používala v panelové výstavbě od 70. let v podobě střešních kompletizovaných velkorozměrových panelů horního pláště velikosti 3,6 x 6,0 m, kladených na podélně probíhající železobetonové trámce. Výhodou bylo rychlé, celoroční provedení zastřešení budov. Flexibilnější bylo řešení, kdy horní plášť tvořily dřevěné desky 1,2 x 3,6 m sbíjené z prken a svlaků kladenou na distanční dřevěnou konstrukci. Dřevěné dílce byly z výroby nataveny asfaltovým pásem. [11]

Obrázek 8: Skladba dvouplášťové ploché větrané střechy používané v panelové výstavbě v 70. a 80. letech.

1 – nosná vrstva dolního pláště – dutinové železobetonové panely, 2 – termoizolační vrstva – rohože z minerálních vláken tl. 80 mm (160 mm), 3 – větraná vzduchová vrstva tl. 130 – 500 mm, 4 – nosná vrstva horního pláště – prkna tl. 24 mm, podporovaná dřevěnou rámovou konstrukcí, sbíjenými vazníky či dalšími typy podpůrných distančních konstrukcí, 5 – povlaková krytina – tři natavitelné asfaltové pásy (první přibíjený nebo natavovaný ve výrobě na povrch prefabrikovaných dřevěných dílců horního pláště (IPA, IPA, BITAGIT)), chráněné nátěrovým povlakem (2 x asf. suspenze + 1 reflexní lak)



Zdroj: Kutnar, Z. Ploché střechy. Praha, Kutnar-izolace staveb expertní a znalecká kancelář. 2001. Monografie: [11]

1.6 Vývoj termoizolačních požadavků na ploché střechy

Tepelně technické a energetické požadavky jsou postupem času přehodnocovány a zpřísňovány. Je to následkem úbytku zdrojů energií a zvyšování jejich cen. Do popředí se dostává ochrana životního prostředí a snaha o snížení emisí při výrobě energií a snižování jejich spotřeby. Nejekologičtější vyrobená energie je žádná energie. S ochranou životního prostředí souvisí tzv. volná energie spotřebovaná na provozování a vytápění domu, ale i tzv. vázaná energie, která je potřebná pro výrobu, transport a likvidaci stavebních materiálů. [2]

Poznámky doc. Ing. Zdeňka Kutnara, CSc. názorně ukazují vývoj, a zvyšující se nároky na tepelně technické požadavky na stavební konstrukce (konstrukce plochých střeš). Tabulka 2. vysvětluje srovnání vývoje termoizolačních požadavků tepelných odporů v průběhu desítek let.

Tabulka 2 : Vývoj požadavků na tepelný odpor pro ploché střechy 1965 - 2002

PLOCHÁ STŘECHA			
do 1965	R*= <u>0,69</u>	R=0,74 (předpisy před r. 1949) * ČSN 1450-1949	
1965 - 1978	R _{dov} = <u>0,91</u>	1,3x **	
1979 - 1994	R _{dov} = <u>1,80</u>	2,6x	
1994 - 2002	R _{příp.} =1,74	R _{pož.} = <u>2,75</u> 4,0x	R _{dop.} = <u>4,02</u> 5,8x
2002		R _{pož.} = <u>3,04</u> 4,4x	R _{dop.} = <u>4,71</u> 6,8x

** srovnání o kolikrát se zvýšil požadavek během let

$R/R_{dov.}/R_{pož.}/R_{příp.}/R_{dop.}$ - Tepelný odpor (m^2KW^{-1})

$\theta_e(t_e) = -15^\circ C$

θ_e - návrhová venkovní teplota podle ČSN 73 0540 - 3, která se stanoví jako návrhová teplota vnějšího vzduchu

Zdroj: Kutnar Z. 2002. Příklad termoizolačních požadavků kladených na obálku budov v průběhu 20. Století, poznámky [10]

Tabulka 3. ukazuje požadované i doporučené tloušťky **d** v (cm), pro pěnový polystyren ($\lambda = 0,044 Wm^{-1}K^{-1}$) zajišťující $R/R_{dov.}/R_{pož.}/R_{dop.}$, těžké konstrukce s návrhovou teplotou vnějšího vzduchu θ_e .

$$\theta_e(t_e) = -15^\circ C$$

Tabulka 3 : Vývoj požadavků na tloušťku tepelné izolace 1965-2002

PLOCHÁ STŘECHA			
do 1965	d = 3,0		
1965 - 1978	d = 4,0		
1979 - 1994	d = 7,9		
1994 - 2002	d = 12,1	d = 17,7	
2002	d = 13,4	d = 20,7	

Zdroj: Kutnar Z. 2002. Příklad termoizolačních požadavků kladených na obálku budov v průběhu 20. Století, poznámky [10]

Tabulka 4. ukazuje orientační přehled požadavků z pohledu tepelných ztrát pro ploché střechy podle vývoje norem od roku 1979 do roku 2005.

Tabulka 4 : Přehled požadavků na ploché střechy z pohledu tepelných ztrát 1979 - 2005

Popis konstrukce	730540:1979	730540: Změna 4 1992	730540-2:1994	730540-2:2002	730540-2:změna Z1 2005
Požadavky na tepelný odpor $R_N [m^2 \cdot K/W]$ a součinitel prostupu tepla $U_N [W/m^2 \cdot K]$					
Ploché střechy oblast -18 °C	$R_N = 1,8$ $U = 0,5$	$R_N = 3,0$ $U = 0,32$	$R_N = 3,0$ $U = 0,32$	Těžká střecha: $R_N = 4,0$ $U_N = 0,24$	Sřecha: $R_N = 4,0$ $U_N = 0,24$
Ploché střechy oblast -15 °C	$R_N = 1,95$ $U = 0,46$			Lehké střecha: $R_N = 6,1$ $U_N = 0,16$	

R - tepelný odpor konstrukce $[(m^2K)/W]$

U - součinitel prostupu tepla konstrukcí $[W/(m^2K)]$

N – normový

Zdroj: ŠUBRT. R.,2006. Požadavky norem na tepelné izolace [online]. [cit. 2016-03-08]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/3015-pozadavky-norem-na-tepelne-izolace>[20]

1.7 Změna předpisu 1988 PS 69/2 Jč Ia R

Podle dochované dokumentace pro panelovou výstavbu PS 69/2 Jč Ia R byla u objektů realizovaných od 18. 7. 1988 provedena změna sklonu střechy. Z původního sklonu 3,4 % na sklon klínů 5,3 %.

V řešení byla zahrnuta opatření na zkvalitnění střechy:

- Montáž klínů ve spádu 5,3 %
- Prostupu trubního vedení, kde budou odstraněny plechové manžety a nahrazeny bandáží izolačními pásy Bitagitem a Sklobitem opatřeny objímkami.
- Větrací otvory atik musí být po odstranění ochranného hrazení překryty plastovými ventilačními mřížkami, osazenými do Butylplastu.
- Před provedením živičné krytiny je nutno provést důslednou kontrolu dodržení rovinnosti podkladu (měření dvoumetrovou latí), ČSN připouští nerovnost 5 mm, velikost výstupků 2 mm). Případné nerovnosti se upraví do požadované tolerance polymercementovou

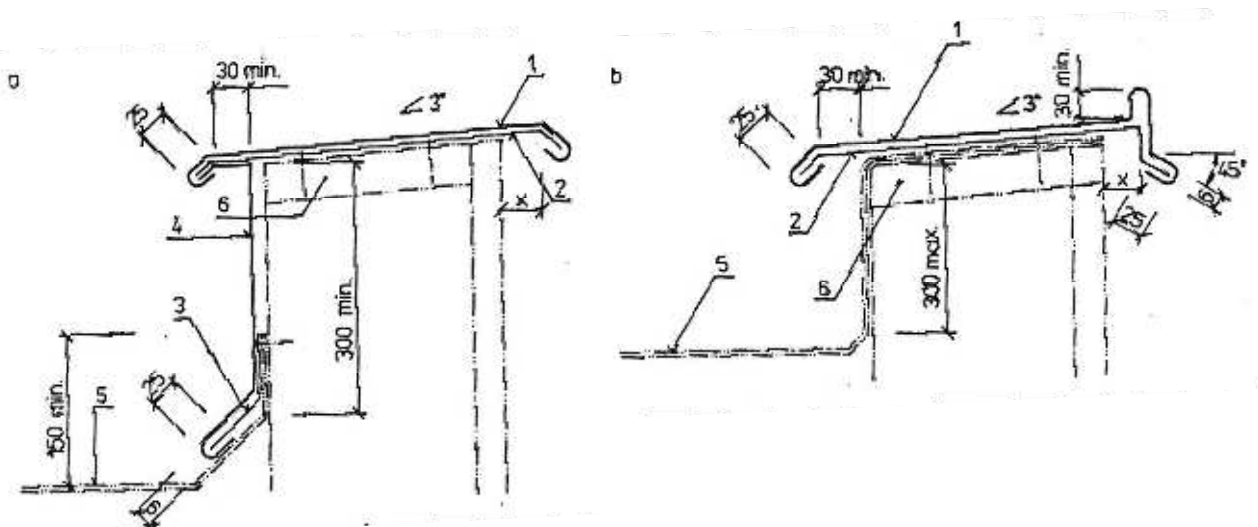
maltou, stejným způsobem se upraví nerovnosti atik při zachování spádu 5% směrem do objektu. Nesmí dojít k zapuštění špalíků, které v opačném případě musí být upraveny do předepsané výše.

- Spáry mezi panely budou zality vápennou maltou MV2. Spáry nad spádové klíny v šířce 2 cm budou překryty páskem PVC š. 15 cm, polohově fixovanými do spáry pomocí hřebů. U spár do š. 1cm bude použito dosavadní řešení, ale z izolačního pásu z Bitagitu.
- Skladba živičné krytiny zůstává v platnosti (Lanast, SA IV – 3 kg/m², Sklobit 1x, Bitagit Si Pe, Alventbit – bodově přitavený). Alventbitový pás bude u atiky položen pod oplechováním s ukončením u křemilinových desek, poslední natavení je 200 mm od okraje z důvodu požární bezpečnosti.
- V zásadě dodržovat stavebně technologická pravidla pro provádění plochých střeš. [16]

1.8 Klempířské práce

ČSN 73 3610 Klempířské práce stavební z listopadu 1997. Ukazují správné provedení oplechování prvků plochých střeš. [34]

Obrázek 9: Příklad oplechování a lemování zdiva a nadezdívky na ploché střeše a) připevnění pomocí příponky b) úprava pomocí asfaltových pásů.



1 - lemování, 2 – příponka z pásové oceli, 3- plechová příponka, 4 - oplechování, 5 – krytina z asfaltových pásů x podle čl. 101.

Zdroj: ČSN 73 3610 Změna 1. 1997. *Klempířské práce stavební*. Praha, Český normalizační institut[34]

1.10 Základní termíny tepelně technických výpočtů

Roční bilance kondenzace a vypařování vodní páry

Výpočet sleduje průběh kondenzace a vypařování vodní páry v konstrukci a hodnotí, zda veškerá vlhkost, zkondenzovaná v průběhu ročního cyklu, je schopna se v průběhu téhož cyklu beze zbytku odpařit, vyčísluje se roční zkondenzované množství vodní páry M_c a ročně vypařitelné množství vodní páry M_{ev} . Výsledná hodnota roční bilance je buď aktivní (kladná), to znamená, že veškerá vlhkost, zkondenzovaná v průběhu ročního cyklu se během téhož roku vypaří neboli

$$M_c \leq M_{ev} \text{ (kg m}^{-2}\text{)}$$

Nebo platí $M_c \geq M_{ev} \text{ (kg m}^{-2}\text{)}$

a roční bilance je pak pasivní (záporná), zkondenzovaná vlhkost není schopna se v průběhu ročního cyklu v plném rozsahu vypařit a dochází k jejímu hromadění uvnitř konstrukce. [9]

Povrchová teplota

Při hodnocení stavebních detailů z hlediska povrchových teplot je důležité, aby povrchová teplota nepoklesla pod teplotu, při níž dochází k růstu plísní. Protože z průzkumů vyplývá, že k masivnímu růstu plísní dochází již při zvýšení relativní vlhkosti vzduchu na 80 %, je v normě pro konstrukce uvedena maximální teplota při dané vlhkosti pro danou teplotu interiéru pro tuto vlhkost. U oken je tento požadavek mírně nižší, zde se připouští zvýšení relativní vlhkosti vzduchu do 100 % [20]

Teplotní faktor

Pokud se provádí hodnocení stavebních detailů výpočtem dvou - či trojrozměrného stacionárního teplotního pole, vychází se zpravidla z konkrétních vnitřních a vnějších teplot. Aby bylo možné takto získané povrchové teploty lépe přepočítat pro jiné podmínky exteriéru či interiéru, byl zaveden teplotní faktor f_{Rsi} , což je bezrozměrné číslo. Teplotní faktor vyjadřuje poměr rozdílu teplot mezi exteriérem a vnitřním povrchem a rozdílu teplot mezi exteriérem a interiérem. Jedná se o číslo v intervalu 0 až 1. Pro výpočet teplotního faktoru je nutné znát vnější teplotu, vnitřní teplotu a vnitřní povrchovou teplotu, obráceně pak pro výpočet vnitřní povrchové teploty je nutné znát vnější teplotu, vnitřní teplotu a teplotní faktor. [20]

Teplotní pole

Teplotním polem se rozumí prostor, v jehož každém místě je zcela určitá termodynamická teplota, za stacionárních podmínek konstantní, za nestacionárních časově proměnná. Teplotní pole je polem skalárním (skalární veličiny mají pouze svou velikost, ale nemají směr) a potenciálním. Termodynamickou teplotou T [K] se rozumí teplota určovaná podle zákonů termodynamiky a lze ji volit za míru kinetické energie pohybujících se molekul (entit). [20]

Tepelná vodivost

Tepelná vodivost (součinitel tepelné vodivosti) je základní charakteristika, která určuje schopnost materiálu přenášet teplo vedením. Označuje se λ a má rozměr $W/(m.K)$. V běžně používaných výpočtových modelech je lambda zadávána jako konstantní hodnota. Ve skutečnosti je však její hodnota závislá například na teplotě nebo (u většiny) stavebních materiálů na vlhkosti, tloušťce materiálu atd.

Do výpočtů je nutné dosazovat součinitel tepelné vodivosti získaný nejlépe od výrobce zjištěného akreditovanou státní laboratoří. Součinitelé tepelné vodivosti uváděné např. v knihovnách výpočetních programů se mohou zásadně lišit od skutečných a výrobcem uváděných tepelných vodivostí. [20]

Zjednodušování tepelně technických výpočtů

Dnes se používají výpočetní programy pro rychlejší a přesnější výpočty, kde se např. počítá součinitel prostupu tepla jednotlivými konstrukcemi a přidává se přírážka 10 % na vliv tepelných mostů. Vynásobením plochy, součinitele tepelné vodivosti a rozdílu teplot se získá tzv. tepelná ztráta, tedy velikost tepelného toku z objektu do exteriéru.

Tyto výpočty jsou stacionární, tedy předpokládá se, že teplota v interiéru i v exteriéru je konstantní a jedná se o ustálený teplotní stav. Zároveň se počítá s jednorozměrným vedením tepla.

Používáním větších tepelných izolací se zjistilo, že u objektu s masivními tepelnými izolacemi mají velký význam tepelné mosty, jejich vliv stoupá s kvalitou tepelných izolací v ploše konstrukce.

Kvantifikaci tepelných mostů je již nutné provádět výpočty ve dvou, popřípadě ve trojrozměrném výpočtovém modelu, kde se simuluje vedení tepla. Stále se však jedná o stacionární výpočty v ustáleném teplotním stavu. Nejpřesnější výpočty by vznikaly tak, že by se celý objekt

namodeloval v trojrozměrném systému a následně by se kvantifikovaly tepelné toky. Tento způsob výpočtu by však byl velice náročný. [20]

1.11 Metodika práce

V literární rešerši jsem z odborné literatury shrnula dostupné informace, které se týkají historie panelové soustavy PS-69, jejich konstrukčním řešením a termoizolačními vlastnostmi. Velkou pozornost jsem věnovala vývoji a požadavkům na ploché střechy.

V aplikační části budu využívat výsledků měření pomocí termovizní kamery a simulačních programů Stavební fyzika Svoboda software 2015. Výsledky budu porovnávat s informacemi z odborné literatury a požadavky norem a pokusím se zhodnotit jednotlivá řešení.

Aplikační část a diskuse výsledků

2 Aplikační část

2.1 Diagnostika stavu střešního pláště

Před navrhováním oprav a rekonstrukcí ploché střechy je nutné provést fyzickou prohlídku a případný průzkum stavu konstrukce sondou. Při sondáži se zjistí skutečný stav jednotlivých vrstev střešního pláště a jejich tloušťky. Odebírají se vzorky nasákových vrstev (silikátových a tepelněizolačních) na rozbor složení a zjištění vlhkosti materiálu.

S opravou hydroizolačních vrstev je logické zvážit možnost dalšího zateplení střechy. Zateplení střechy vždy přináší finanční úsporu a zvyšuje tepelný komfort bydlení především v posledním patře. Technologie zateplení by měla být zvolena vždy s ohledem na typ ploché střechy a v souladu s pravidly stavební fyziky.

Celková rekonstrukce ploché střechy je vždy technicky a investičně náročná a měla by zajistit bezproblémovost po řadu dalších let.

2.2 Diagnostika staveb termokamerou

Termokamery jsou ideálním nástrojem pro lokalizaci a identifikaci stavebních poruch, protože činí z neviditelného viditelné. Problémy se na její obrazovce stávají jasně zřetelné. Termogram, který obsahuje údaje o rozložení teploty, poskytuje stavebním odborníkům důležité informace o izolačních schopnostech, působení vlhkosti, rozvoji plísní, o elektrických poruchách, přítomnosti tepelných mostů a stavu systémů vytápění, větrání nebo klimatizace.

Infračervené záření se nachází mezi viditelnou a mikrovlnou částí elektromagnetického spektra. Primárním původem infračerveného záření je tepelné záření. Každý objekt, který má teplotu nad absolutní nulu (tj. $-273,15\text{ °C}$ nebo 0 K) emituje záření v infračervené části spektra. Dokonce i objekty, které se zdají velmi chladné jako např. kostka ledu, vyzařují infračervené záření.

Teplo ze slunečního záření, z ohně nebo radiátoru, má povahu infračerveného záření. I přesto, že oči nejsou schopny nic zaznamenat, nervy v lidské kůži cítí teplo. Čím teplejší je objekt, tím více infračerveného záření vydává.

Infračervená termografie je způsob transformace infračerveného obrazu do obrazu radiometrického, což umožňuje, aby ze snímku mohly být odečteny teplotní hodnoty. Každý pixel radiometrického snímku tedy představuje konkrétní hodnotu teploty. Pro tento účel jsou termokamery vybaveny složitými výpočetními algoritmy.

Termokamery pro aplikaci ve stavebnictví jsou účinné nástroje pro monitorování a diagnostiku stavu budov. S pomocí termokamery se dají identifikovat a zdokumentovat problémy včas a následně je opravit dříve, než se stanou závažnějšími a více nákladnými na opravu. [3]

Diagnostika budov termokamerou může pomoci:

- a) vizualizovat ztráty energie
- b) rozpoznat chybějící nebo špatně provedenou tepelnou izolaci
- c) zjistit vzduchové netěsnosti
- d) najít vlhkost v izolaci, na střeších a zdech, a to jak na vnitřní, tak vnější straně
- e) rozpoznat plísň a nedostatečně izolované plochy
- f) vyhledat tepelné mosty
- g) nalézt místa vsakování vody na plochých střeších
- h) rozpoznat poruchy teplovodních trubek
- i) rozpoznat rozrušování konstrukce
- j) sledovat vysušování konstrukce
- k) najít chyby v zásobovacím potrubí a v dálkovém vytápění
- l) rozpoznat elektrické poruchy [4]

Výhody metody:

- rychlý způsob měření
- bezdotykové měření
- nedestruktivní metoda
- identifikuje místa tepelných ztrát
- názorný doklad o vlastnostech zkoumaných konstrukcí v podobě snímků
- není škodlivá pro obyvatele měřeného objektu

Nevýhody metody:

- omezení měření na zimní období, (chladné počasí pod mrakem, bez deště)
- zjišťování rozdílů teplot pouze na povrchu konstrukce

- není možné zjistit závady nebo poškození konstrukce
- vyšší cenová náročnost
- riziko mnohoznačnosti výkladu zjištěných skutečností

2.2.1 Pokyny pro práci s termokamerou

- ✓ Nejprve se nastaví zaostření. Není-li kamera zaostřená, měření bude chybné.
- ✓ U většiny kamer ve výchozím nastavení se nastavuje stupnice automaticky. Používá se nejprve tento režim. V případě potřeby se stupnice nastavuje ručně.
- ✓ Termokamera má limit rozlišení, který závisí na rozměrech detektoru, objektivu a na vzdálenosti od cíle. Použije se střed bodového nástroje jako vodítko pro minimální možnou velikost objektu a v případě potřeby se můžeme přiblížit. Je nutno zachovat dostatečnou vzdálenost od nebezpečných oblastí a elektrických součástí pod napětím.
- ✓ Je nutno dbát opatrnosti, při držení kamery kolmo k cíli – může se stát, že se zachytí vlastní odraz.
- ✓ Pro měření je dobré vybrat oblast s vysokou emisivitou (např, matný povrch.)
- ✓ Lesklé objekty, tj. objekty s nízkou emisivitou, se kameře mohou zobrazovat jako teplé nebo studené, protože převážně odráží teplo z okolí.
- ✓ Při zaměření na detaily je snaha, aby na ně nepadalo přímé sluneční světlo.
- ✓ Různé typy chyb a vad, jako jsou například vady v konstrukci budovy, mohou mít stejné rozložení teplot.
- ✓ Správná analýza infračerveného obrazu vyžaduje oblasti použití na profesionální úrovni. [4]

2.2.2 Zpracování snímků

Pro analýzu a dokumentaci snímků bylo nutno nainstalovat aplikační software FLIR Tools. Kamera se připojí k počítači pomocí USB kabelu. Následně se snímky importují do aplikace FLIR Tools. Tento program umožňuje upravovat snímky, měřit teploty v daných částech nebo nastavovat paletu barev. Aplikace umožňuje vytvořit zprávu, kterou lze odeslat klientovi ve formátu pdf.

2.2.3 Termovizní měření

Měření pro tuto práci bylo provedeno přístrojem Termokamera FLIR T620 (Obr.10), která byla zapůjčená ze Západočeské univerzity v Plzni. Měření bylo prováděno v Jihočeském a Západočeském kraji v období 29.1 2016 – 5. 2. 2016. Záznamy o měření byly zpracovány do tabulky 2. Pro každé měření byl zhotoven samostatný protokol.

Obrázek 10: Termokamera FLIR T620



Zdroj: TR instruments spol. s.r.o. [online]. [cit. 2016-02-18]. Dostupné z: <http://www.trinstruments.cz/t620#&panel1-1> [30]

Tabulka 5: Zápis měření

Označení	Datum	Místo	Čas	Teplota °C	Konstrukce
1.	29. 1. 2016	Milevsko	5:00	2°C	Plochá střecha, obvodový plášť
2.	30. 1. 2016	Písek	5:30	0 - 1 °C	Obvodový plášť
3.	30.1. 2016	Strakonice	7:00	2,5°C	Plochá střecha, obvodový plášť
4.	2. 2. 2016	České Budějovice	6:00	7 - 8 °C	Plochá střecha
5.	3. 2. 2016	Plzeň - Bolevec	6:00	4°C	Obvodový plášť

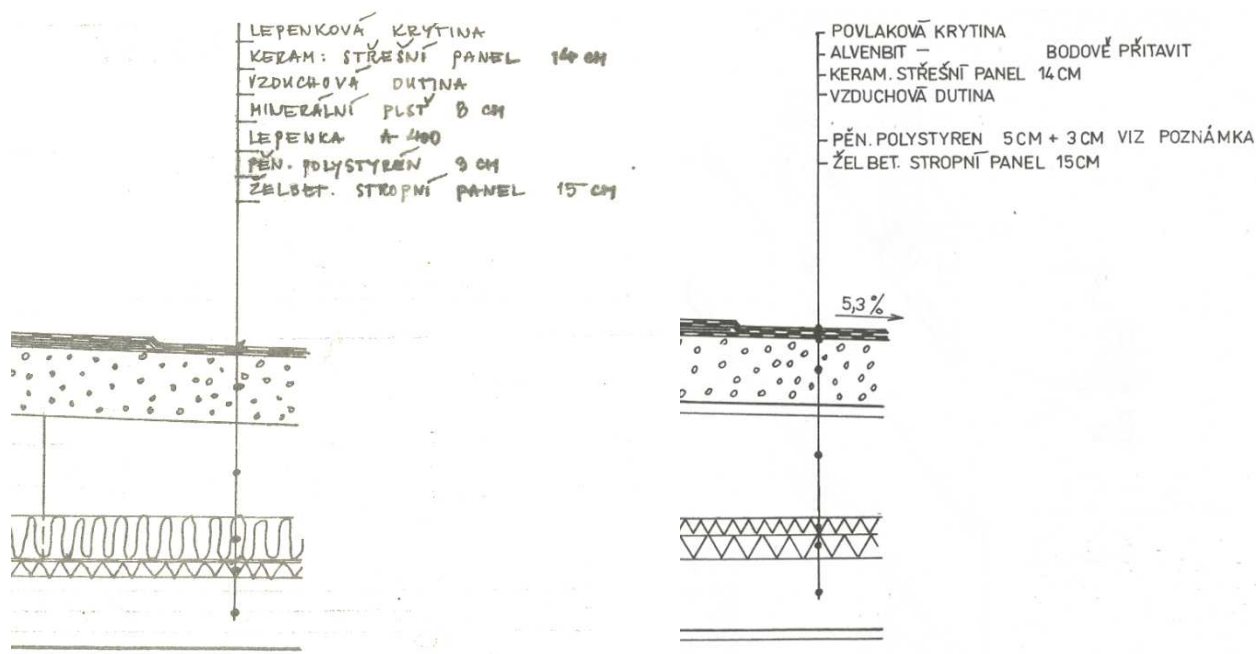
Zdroj: Vlastní

2.3 Posouzení původní skladby ploché střechy panelového domu

PS 69/Jč – Ia

Archivní dokumentace Stavoprojektu z roku 1983 předepisovala skladbu, kterou znázorňuje obrázek 11. varianta 1. Jedná se o dvouplášťovou větranou střechu. Po obvodu střechy je nízka atika z atikových panelů. Odvodnění po spádu horního pláště ve sklonu 3,4 % (5,3 %, od roku 1988 varianta 2.) do žlabu a do vpusti. Hydroizolační vrstvu tvoří lepenková krytina. Skladba živičné krytiny je obvyklá (Lanast, SA IV-3kg/m², Sklobit 1x, Bitagid Si Pe, Alvenbit – bodově přitavený). Pás u atiky je položen pod oplechování s ukončením u křemelinových desek. Sklon horního pláště je zajištěn železobetonovými spádovými klíny. Provětrávání střechy probíhá ve vzduchové mezeře větracími kanálky opatřeny ventilacími mřížkami v atikovém panelu. Tepelně izolační vrstva je z pěnového polystyrenu 50 a 30 mm nebo minerální plsti 80 mm a pěnového polystyrenu 30 mm.

Obrázek 11: Skladba původní ploché střechy PS 69/Jč – Ia



Varianta 1. - rok 1983

Varianta 2. – 1988 změna

Zdroj: 1) Stavoprojekt, 1983. *Architektonicko stavební projekt*, archivní dokumentace [17]

2) Pozemní stavby o.p. 1988. *Změna- vypárování střešní roviny na spád 5,3 %*, archivní dokumentace [18]

2.3.1 Tepelně technické posouzení původní skladby ploché střechy

Komplexní posouzení skladby stavební konstrukce z hlediska šíření tepla a vodní páry

Výpočet proveden podle EN ISO 13788, EN ISO 6946, ČSN 730540 a STN 730540

Teplo 2015

Název úlohy: Panelový dům PS_69, 1983, Varianta 1.

Zpracovatel: Jana Hořejší

Zakázka :

Datum : 7. 4. 2016

Typ hodnocené konstrukce : Střecha dvouplášťová nebo strop pod půdou

Korekce součinitele prostupu dU : 0.000 W/m²K

VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ PODLE KRITÉRIÍ ČSN 730540-2 (2011)

Okrajové podmínky výpočtu :

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru R_{si} : 0.10 m²K/W
dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty R_{si} : 0.25 m²K/W
Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru R_{se} : 0.10 m²K/W
dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty R_{se} : 0.10 m²K/W

Návrhová venkovní teplota T_e : -17.0 C

Návrhová teplota vnitřního vzduchu T_{ai} : 21.0 C

Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu R_{He} : 85.0 %

Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu R_{Hi} : 55.0 %

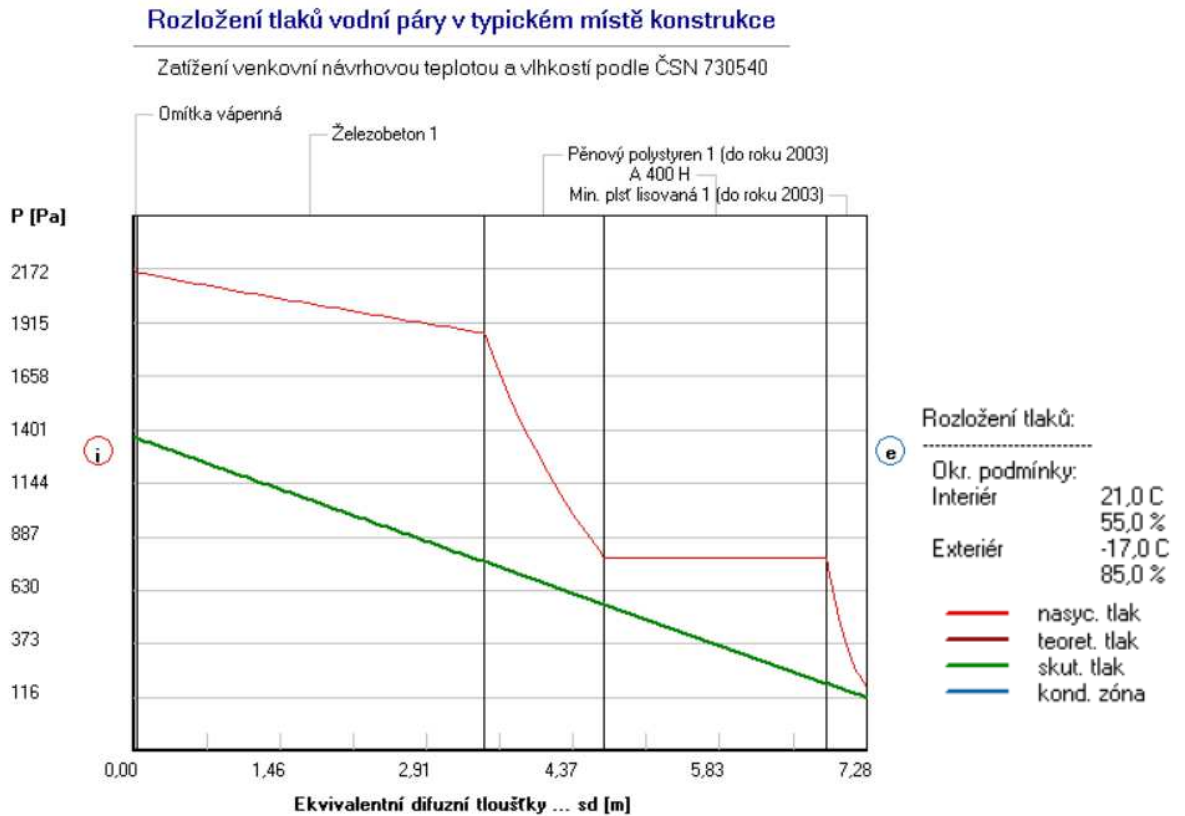
Skladba konstrukce (od interiéru) :

Číslo	Název	D [m]	Lambda [W/(m.K)]	c [J/(kg.K)]	Ro [kg/m ³]	Mi [-]	Ma [kg/m ²]
1	Omítka vápenná	0,0050	0,8700	840,0	1600,0	6,0	0.0000
2	Železobeton	0,1500	1,4300	1020,0	2300,0	23,0	0.0000
3	Pěnový polysty	0,0300	0,0510	1270,0	10,0	40,0	0.0000
4	A 400 H	0,0007	0,2100	1470,0	900,0	3150,0	0.0000
5	Min. plst' liso	0,0800	0,0950	1150,0	150,0	5,0	0.0000

Poznámka: D je tloušťka vrstvy, Lambda je návrhová hodnota tepelné vodivosti vrstvy, C je měrná tepelná kapacita vrstvy, Ro je objemová hmotnost vrstvy, Mi je faktor difúzního odporu vrstvy a Ma je počáteční zabudovaná vlhkost ve vrstvě.

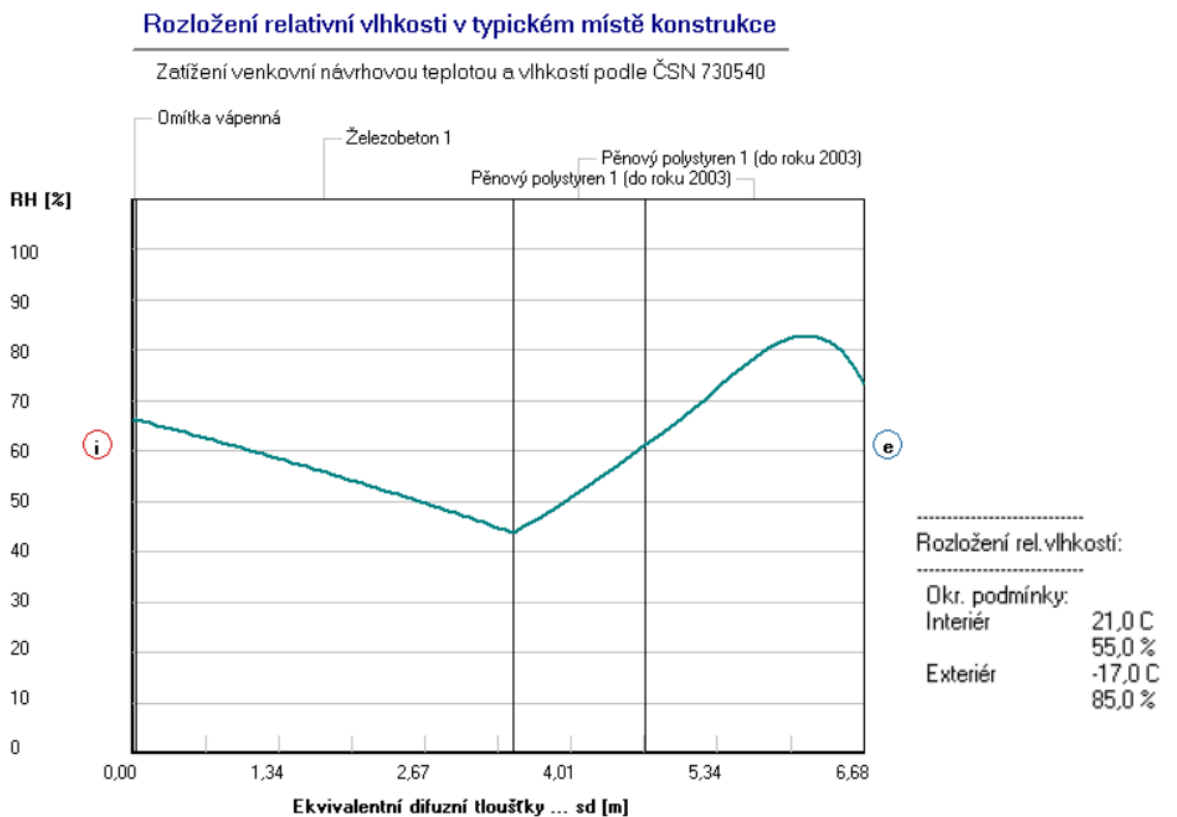
Požadavek: U_N (U_{N,20}) = 0,24 W/m² ·K
Doporučená hodnota U_{rec,20} = 0,16 W/m² ·K
Doporučená hodnota pro pasivní domy U_{pas,20} = 0,15-0,10 W/m² ·K
Vypočtená hodnota: U = **0,573 W/m²K**
U > U_N ... POŽADAVEK NENÍ SPLNĚN

Obrázek 12: Rozvržení tlaků



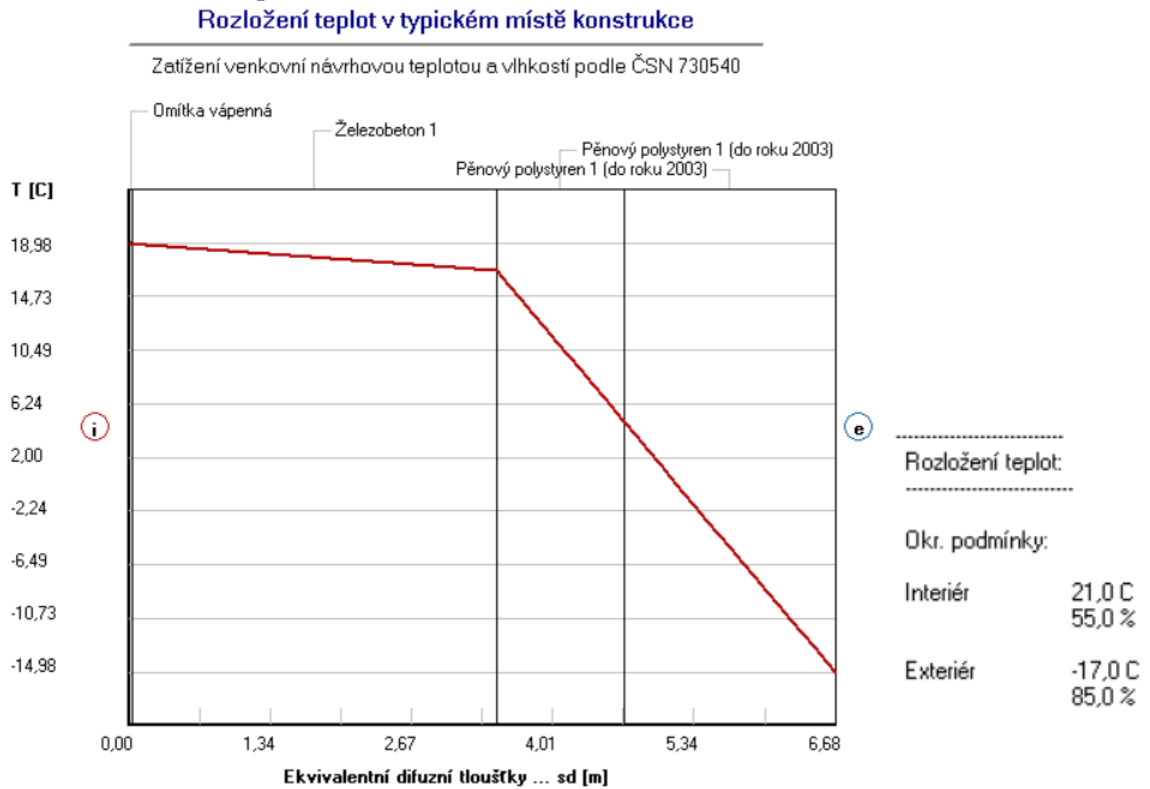
Zdroj: Vlastní, Grafický výstup, stavební fyzika Svoboda software, program Teplo 2015

Obrázek 13: Rozvržení relativních vlhkostí



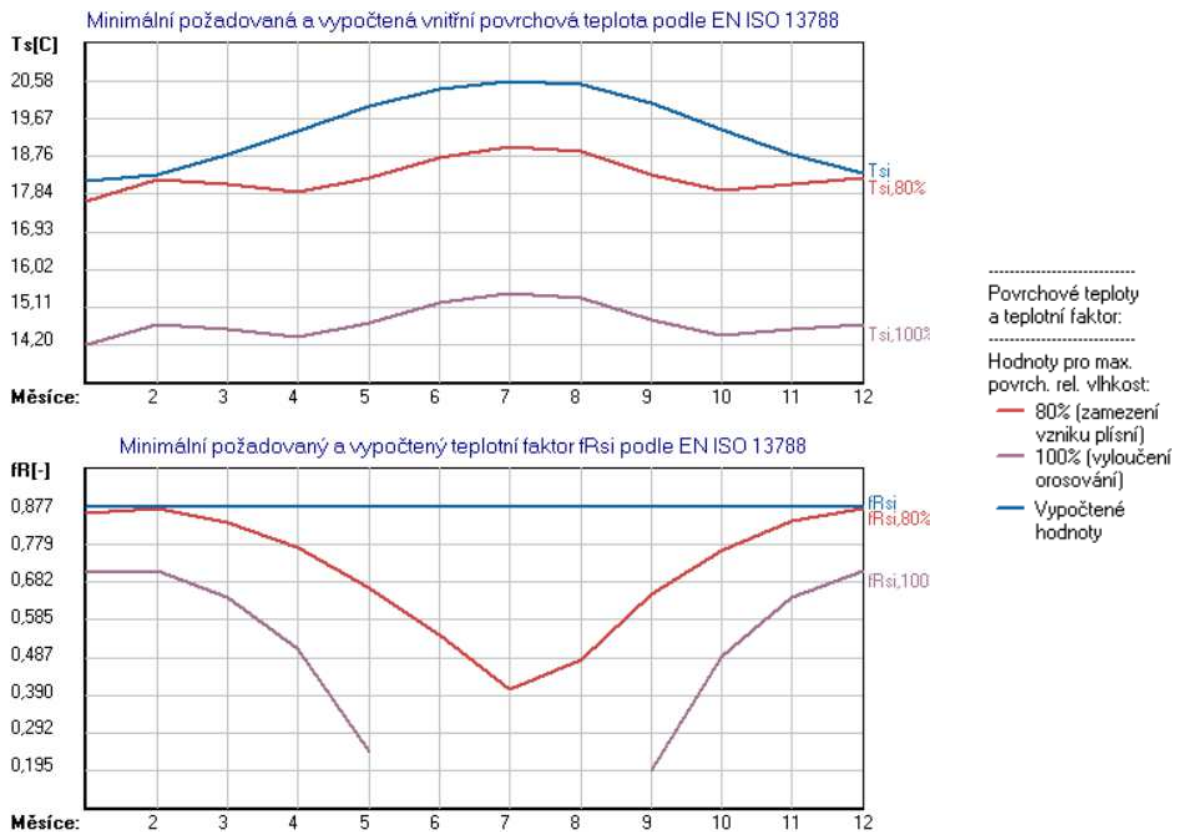
Zdroj: Vlastní, Grafický výstup, stavební fyzika Svoboda software, program Teplo 2015

Obrázek 14: Rozvržení teplot



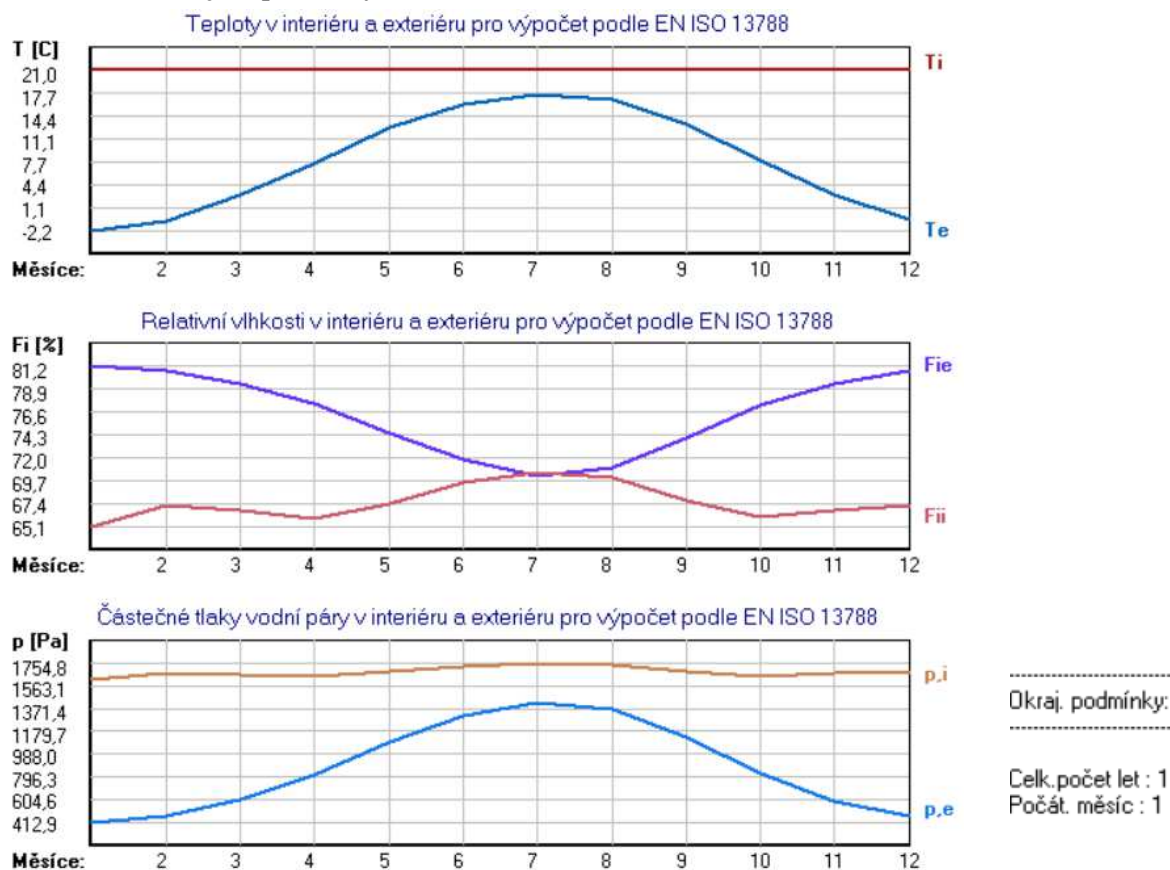
Zdroj: Vlastní, *Grafický výstup, stavební fyzika Svoboda software, program Teplo 2015*

Obrázek 15: Povrchové teploty a teplotní faktor



Zdroj: Vlastní, *Grafický výstup, stavební fyzika Svoboda software, program Teplo 2015*

Obrázek 16: Okrajové podmínky



Zdroj: Vlastní, Grafický výstup, stavební fyzika Svoboda software, program Teplo 2015

Závěr

Součinitel prostupu tepla konstrukce nesplňuje požadovanou hodnotu $U_{N,20}$ ani nesplňuje doporučenou hodnotu $U_{rec,20}$. Výpočtová hodnota $U = 0,573 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ zaokrouhleno $U = 0,57 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$; Požadavek: $U, N (U_{N,20}) = 0,24 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$; Doporučená hodnota $U_{rec,20} = 0,16 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$; Doporučená hodnota pro pasivní domy $U_{pas,20} = 0,15 - 0,10 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$.

Požadavek na teplotní faktor (čl. 5.1 v ČSN 730540-2)

Požadavek: $f, R_{si, N} = f, R_{si, cr} = 0,762$, Vypočtená průměrná hodnota: $f, R_{si, m} = 0,868$

Kritický teplotní faktor $f, R_{si, cr}$ byl stanoven pro maximální přípustnou vlhkost na vnitřním povrchu 80% (kritérium vyloučení vzniku plísní)

Průměrná hodnota $f, R_{si, m}$ (resp. maximální hodnota při hodnocení skladby mimo tepelné mosty a vazby) není nikdy minimální hodnotou ve všech místech konstrukce. Nelze s ní proto prokazovat plnění požadavku na minimální povrchové teploty zabudované konstrukce včetně tepelných mostů a vazeb. Její převýšení nad požadavkem naznačuje pouze možnosti plnění požadavku v místě tepelného mostu či tepelné vazby

Tepelný odpor konstrukce R: **1.544** m²K/W

Difúze vodní páry v návrh. podmínkách a bilance vodní páry podle ČSN 730540: Při venkovní návrhové teplotě nedochází v konstrukci ke kondenzaci vodní páry.

Bilance zkondenzované a vypařené vodní páry podle EN ISO 13788: V konstrukci nedochází během modelového roku ke kondenzaci vodní páry.

Poznámky k vyhodnocení vlhkosti:

- Požadavky:
1. Kondenzace vodní páry nesmí ohrozit funkci konstrukce.
 2. Roční množství kondenzátu musí být nižší než roční kapacita odparu.
 3. Roční množství kondenzátu $M_{c,a}$ musí být nižší než 0,1 kg/m².rok, nebo 3-6% plošné hmotnosti materiálu (nižší z hodnot).

Vypočtené hodnoty: V kci nedochází při venkovní návrhové teplotě ke kondenzaci.

Poznámka

Pro srovnání byl proveden výpočet i druhé varianty skladby vnitřního pláště z roku 1988.

Výsledky výpočtu při zachování stejných podmínek:

Skladba konstrukce (od interiéru) :

Číslo	Název	D [m]	Lambda [W/(m.K)]	c [J/(kg.K)]	Ro [kg/m ³]	Mi [-]	Ma [kg/m ²]
1	Omítka vápenná	0,0050	0,8700	840,0	1600,0	6,0	0.0000
2	Železobeton	0,1500	1,4300	1020,0	2300,0	23,0	0.0000
3	Pěnový polysty	0,0300	0,0510	1270,0	10,0	40,0	0.0000
4	Pěnový polysty	0,0500	0,0510	1270,0	10,0	40,0	0.0000

Poznámka: D je tloušťka vrstvy, Lambda je návrhová hodnota tepelné vodivosti vrstvy, C je měrná tepelná kapacita vrstvy, Ro je objemová hmotnost vrstvy, Mi je faktor difúzního odporu vrstvy a Ma je počáteční zabudovaná vlhkost ve vrstvě.

Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla podle EN ISO 6946:

Tepelný odpor konstrukce R : 1.679 m²K/W
Součinitel prostupu tepla konstrukce U : 0.532 W/m²K

Požadavek: $U_{N} = 0,24$ W/m²K
Vypočtená hodnota: $U = 0,532$ W/m²K
 $U > U_{N}$... POŽADAVEK NENÍ SPLNĚN.

Shrnutí

Varianta 1. $U = 0,573$ W/m² ·K
Varianta 2. $U = 0,532$ W/m² ·K

Ani jedna varianta původní skladby nevyhoví požadavku na součinitele prostupu tepla čl. 5.2 v ČSN 730540-2.

Doporučení navrhnout další zateplení střechy.

2.3.2 Analýza detailu atiky ploché střechy PS 69 / JČ – Ia R z roku 1988

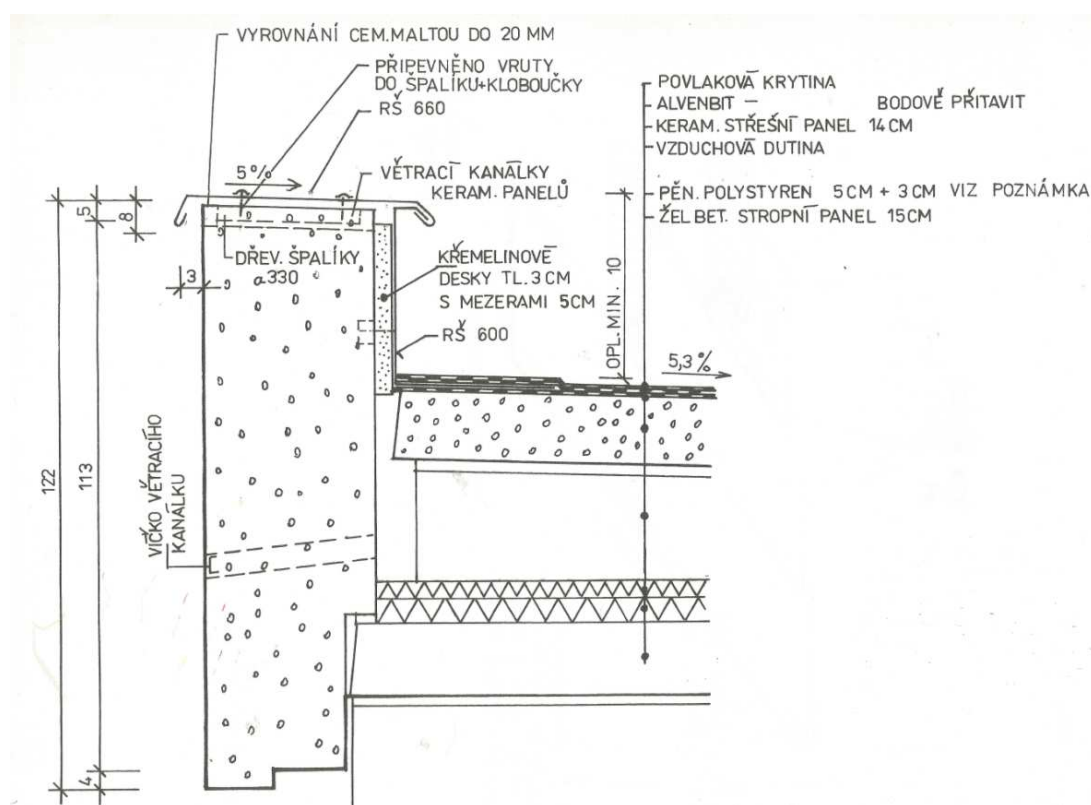
Atika plochých střech panelových domů bývá problémovým detailem. Obvykle postrádá tepelně izolační vrstvy. V provedení často chybí tepelná izolace po obvodě střechy i v patě atiky, což prohlubuje problém výrazného tepelného mostu a tepelné vazby v koutě pod střechou. Uvedený kout je v bytech nejčastěji osídlen plísněmi. [26]

Posouzení bylo provedeno v programu Area 2015.

Program AREA 2015 umožňuje výpočet dvourozměrného stacionárního pole teplot a částečných tlaků vodní páry a přibližné roční bilance vodní páry v dvourozměrných stavebních detailech. Součástí výsledků jsou i nejnižší vnitřní povrchové teploty, teplotní faktory a tepelné toky. [19]

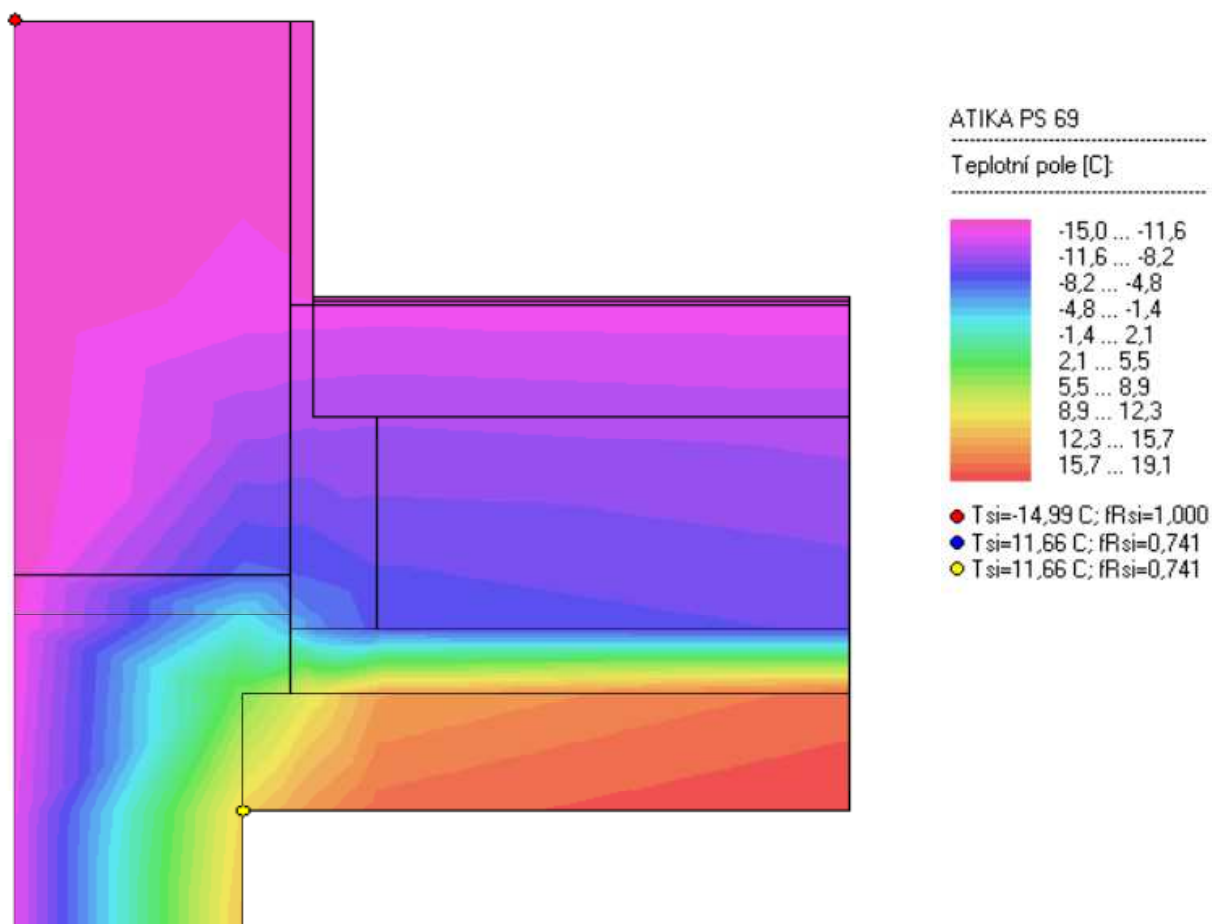
Analýza detailu atiky ploché střechy PS 69 / JČ – Ia R z roku 1988 (Obrázek 17.). Atika je nezateplená. Grafický výstup ukazuje povrchovou teplotu a tepelné toky detailu.

Obrázek 17: Detail atiky z dokumentace z roku 1988.



Zdroj: Stavoprojekt, 1988. *Architektonicko stavební projekt*, archivní dokumentace [18]

Obrázek 18: Detail nezateplené atiky PS 69, Area 2015 – pole teplot 2D



Zdroj: Vlastní

Vyhodnocení výsledků a porovnání s požadavky 730540-2 (2011) včetně změny Z1 (2012) Prostředí pro vyhodnocenou vnitřní povrchovou teplotu: teplota 21,0 C, Rel.vlhkost 50%

I. Požadavek na teplotní faktor (čl. 5.1 v ČSN 730540-2)

Požadavek: $f_{Rsi,N} = f_{Rsi,cr} = 0,749$

Požadavek platí pro posouzení neprůsvitné konstrukce.

Vypočtená hodnota: $f_{Rsi} = 0,741$

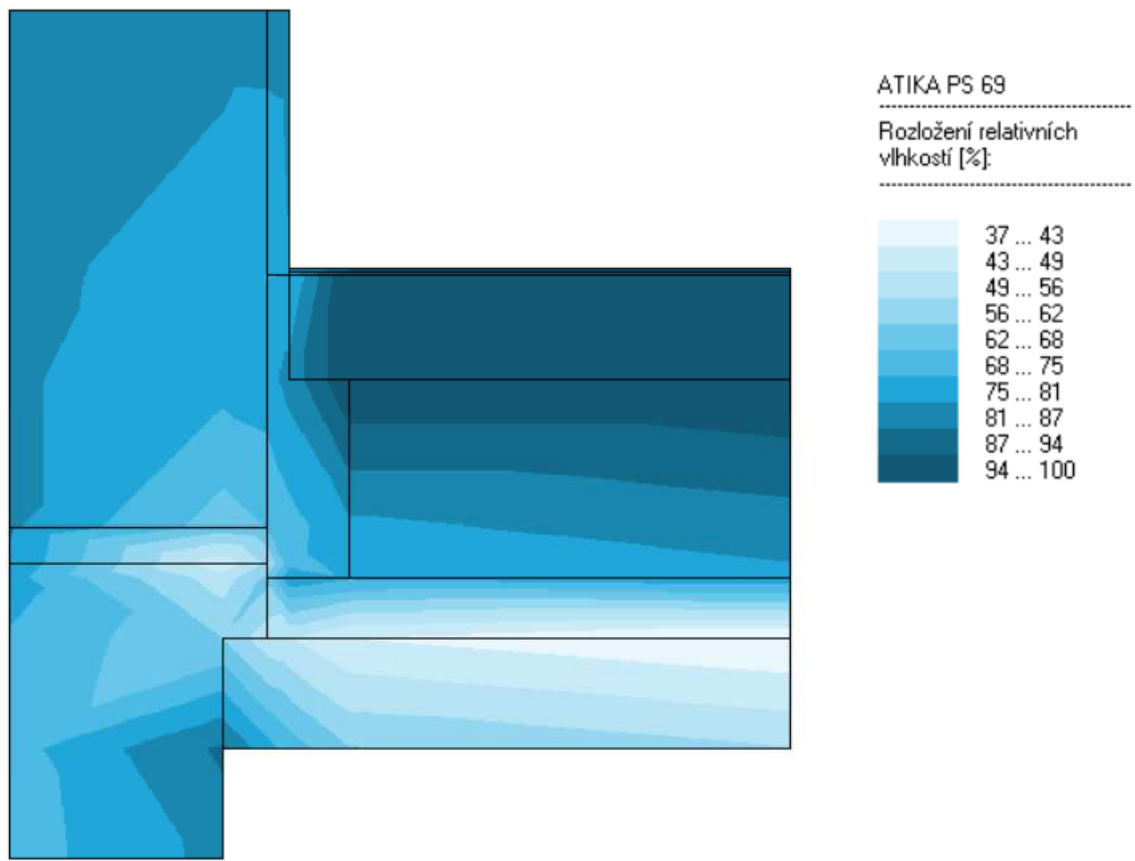
Kritický teplotní faktor $f_{Rsi,cr}$ byl stanoven pro maximální přípustnou vlhkost na vnitřním povrchu 80% (kritérium vyloučení vzniku plísní).

$f_{Rsi} < f_{Rsi,N}$... POŽADAVEK NENÍ SPLNĚN.

Poznámka

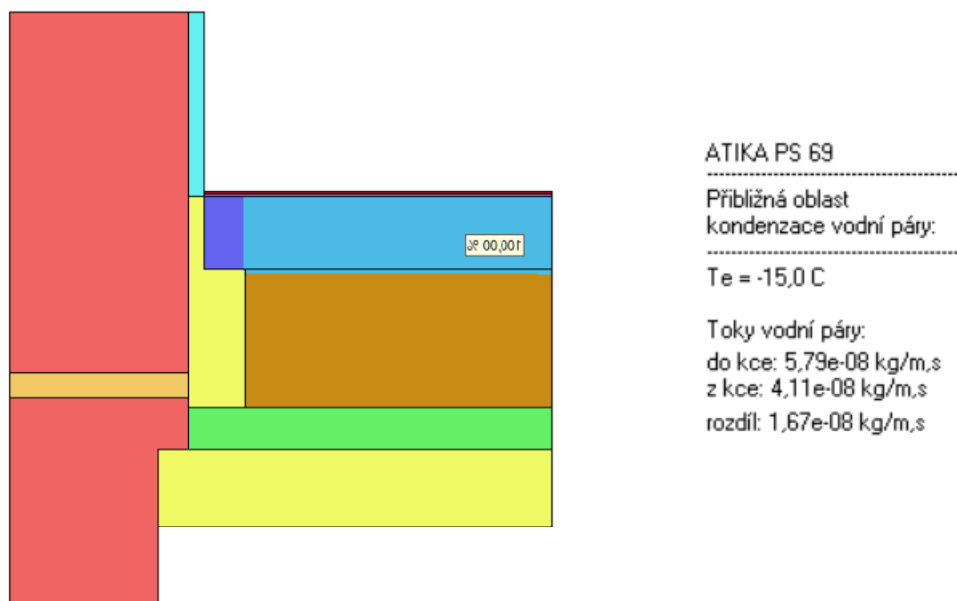
Při výpočtu posouzení skladby hodnocenou v 1D, požadavek na teplotní faktor byl splněn, ale tento výsledek je pouze orientační. Při posuzování detailu atiky hodnocenou ve 2D požadavek na teplotní faktor už nesplnil.

Obrázek 19: Detail nezateplené atiky PS 69, Area 2015 – relativní vlhkosti



Zdroj: Vlastní

Obrázek 20: Detail nezateplené atiky PS 69, Area 2015 – oblast kondenzace



Zdroj: Vlastní

2.4 Možné přístupy dodatečného zateplení plochých střech

2.4.1 Zateplení vnitřního pláště foukanou izolací bez demontáže vnějšího pláště

Obrázek 21: Zateplení střešního pláště foukanou izolací Climatizer Plus v Českých Budějovicích



Zdroj: Vlastní

Řešením dodatečného zateplení dvouplášťové střechy je aplikace foukané izolace do prostoru mezi panely pomocí vyvrtaných montážních otvorů (Obrázek 21).

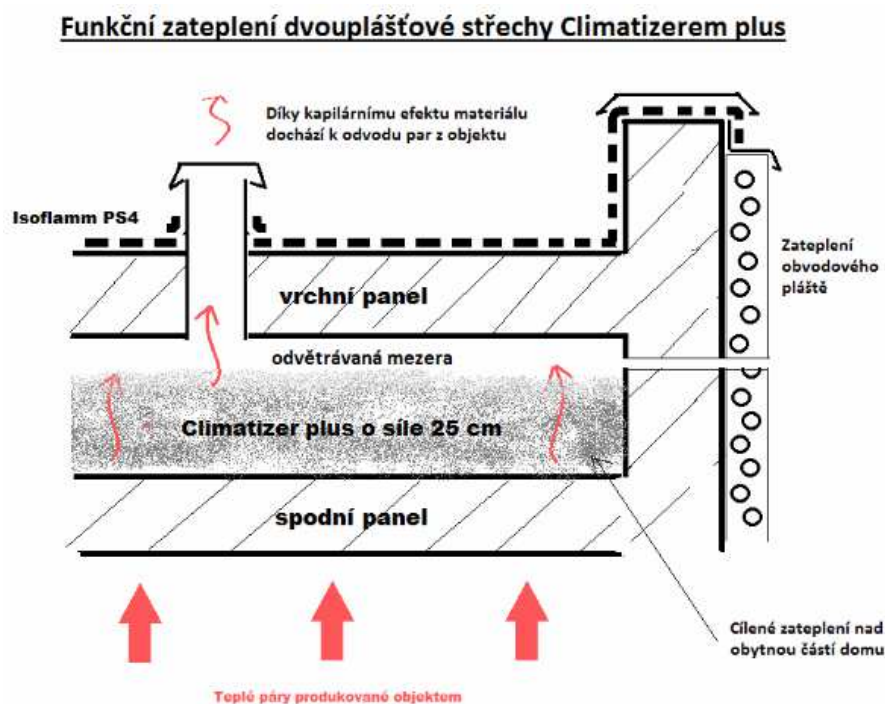
Aplikace se provádí s pomocí strojního zařízení za sucha nebo formou nástřiku. Provádění izolace za sucha tzv. volným foukáním (např. pudy) nebo mnohem častěji tzv. objemovým plněním do připravených dutin stěn, střech nebo stropů. Při aplikaci volným foukáním je nutné počítat se sedavostí cca 10-15 % (při aplikaci se tl. zvětšuje o 10-15 %, po sesednutí by si materiál neměl sednout). Odvětrávání střešního prostoru je zajištěno aktivními hlavicemi a větracími komínky.

Tepelná izolace je vyrobena na bázi přírodního celulózového vlákna. Základním materiálem je recyklovaný novinový papír, který je rozvlákněn a impregnován s dalšími přísadami pro zvýšení odolnosti proti ohni, plísním i drobným hlodavcům.

Za problém této varianty se dá považovat, že aplikace tepelné izolace nebude ve všech místech rovnoměrně rozprostřena – obzvláště pod odvodňovacím žlabem. Větraná vzduchová dutina v závislosti na sklonu spádových klínů nemá rovnoměrnou tloušťku vzduchové vrstvy a není možné zaručit požadovanou tloušťku tepelné izolace po celé střeše. Zároveň dojde i

ke zmenšení průřezu vzduchové vrstvy a tím i omezení větrací funkce uvažovanými otvory v atice.

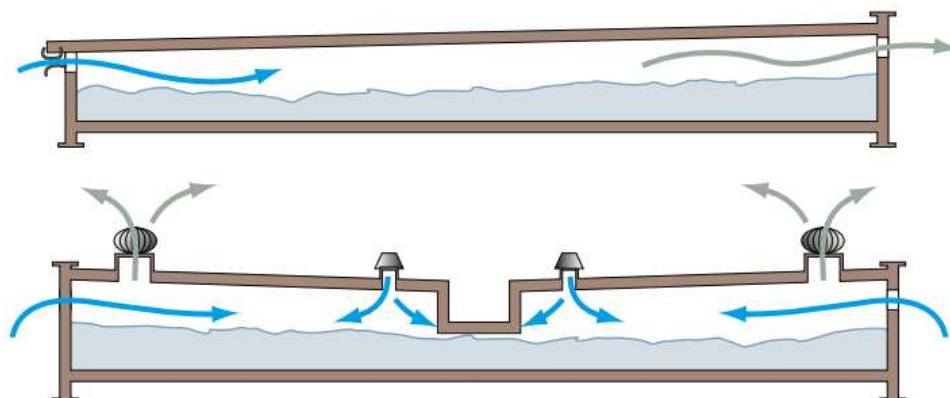
Obrázek 22: Princip zateplení foukanou izolací Climatizer Plus.



Zdroj: Maveizol, *Komplekní rekonstrukce ploché střechy*. 2014. *Cenový návrh*. [13]

Norma ČSN 73 1901:2011 udává doporučené způsoby větrání střech. Doporučená nejmenší tloušťka větrané vzduchové vrstvy, určené pro odvod vodní páry difundující do střešní konstrukce, je 100 mm při délce vzduchové vrstvy do 10 m u větrání střech se sklonem do 5°. Plocha přiváděných otvorů k ploše větrané střechy je 1/100. Vzdálenost přivodních a odváděcích větracích otvorů střech nemá přesahovat 18 m. Účinnost větrání podporují větrací nástavce nebo šachty nebo spojení větrací vzduchové vrstvy střechy s větranou vzduchovou vrstvou přilehlých dvouplášťových stěn. Lze kombinovat přirozené a nucené větrání nad prostory s mokřým provozem. (Obrázek 22). [33]

Obrázek 23: Schéma odvětrávání dvouplášťových plochých střech při aplikaci foukaného izolačního materiálu Climatizer Plus.



Zdroj: CIUS a.s. systémy pro úsporu energií [online]. *Manuál dodatečného zateplování budov - 2 plášťové střechy PD* [cit. 2016-03-29]. Dostupné z: <http://www.climatizer.cz/soubor/zobrazit/manual-dodatecneho-zateplovani-budov-2-plastove-strechy-pd> [25]

Touto technologií bylo provedeno zateplení ploché dvouplášťové střechy v Českých Budějovicích, Sídliště Máj, v Jihočeském kraji.

Odborná firma provedla sondu. Bylo zjištěno, že současné střešní souvrství je tvořeno několika vrstvami lepenkové izolace, která je již zdegradovaná a nemůže dobře plnit svůj účel, sonda však neprokázala vlhkost mezi těmito vrstvami. Z tohoto důvodu bylo současné souvrství ponecháno, vyspraveno a vyrovnáno. Demontováno bylo pouze střešní koryto, které je nejcitlivějším místem střechy a vlhkost nelze vyloučit.

Na základě průzkumu bylo navrženo řešení ve dvou etapách. První etapě byl proveden nový finální pás ISOFLAMM PS4 na penetrovaný podklad, osazena nová vpusť v prodloužené verzi, nově osazeny atikové plechy a klempířsky napojeny na zateplení obvodového pláště. Střešní hromosvodná síť byla demontovaná a nově osazena.

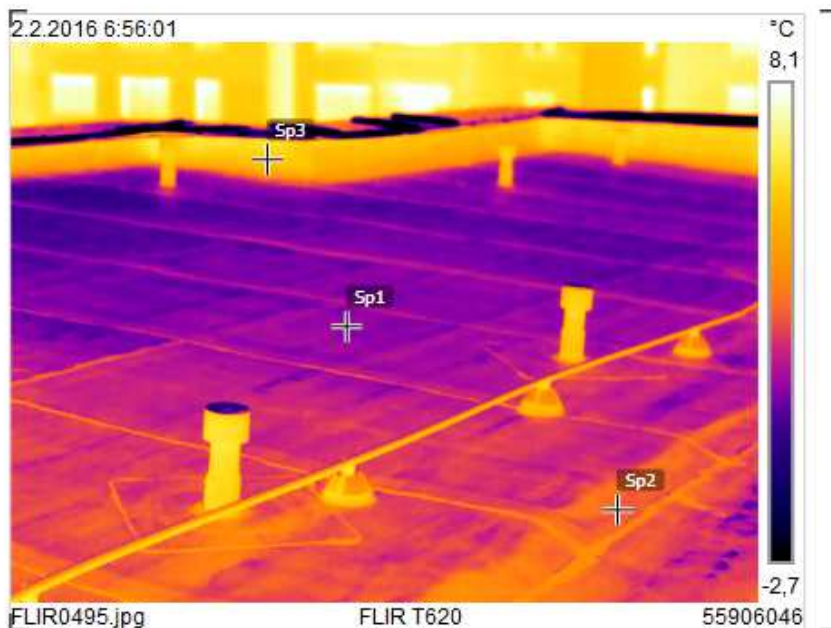
V druhé etapě byl střešní plášť zateplen foukanou izolací Climatizer Plus. Aplikační otvory byly osazeny odvětrávacími komínky.

2.4.1.1 Termogramy ploché střechy po zateplení vnitřního pláště

Na této střeše jsem provedla termovizní měření 2. 2. 2016. Panelový dům je postavený panelovou technologií PS 69/ 2 Jč Ia. Z tohoto měření byla zpracována technická zpráva, viz příloha 4.

Obrázek 24: Termogram ploché střechy na panelovém domě v Českých Budějovicích. Celkový pohled na střechu.

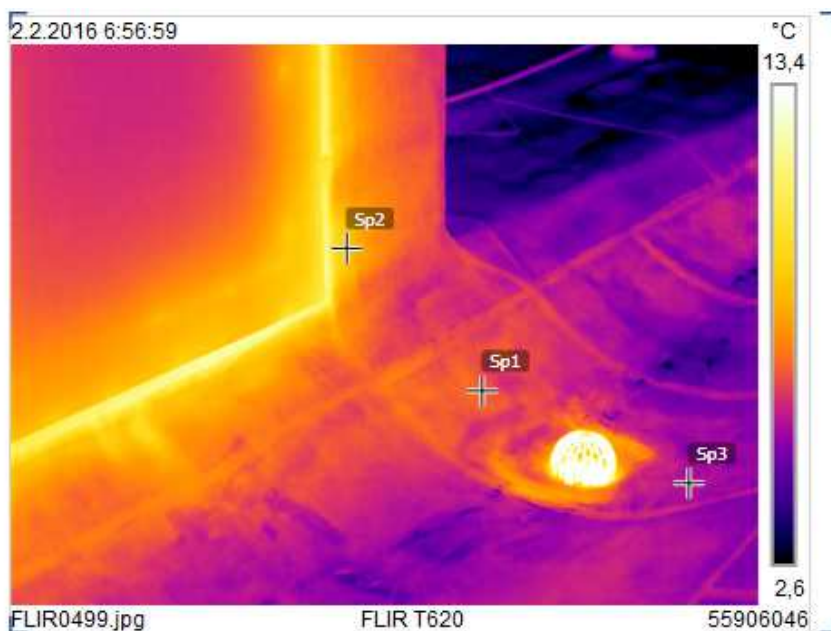
Měření		°C
Sp1	1,5	
Sp2	3,0	
Sp3	5,7	
Parametry		
Emisivita	0,95	
Odr. tepl.	7 °C	
Geolokace		
Kompas	57° SV	



Zdroj: Vlastní

Obrázek 25: Termogram ploché střechy na panelovém domě v Českých Budějovicích. Detail žlabu a vpusti.

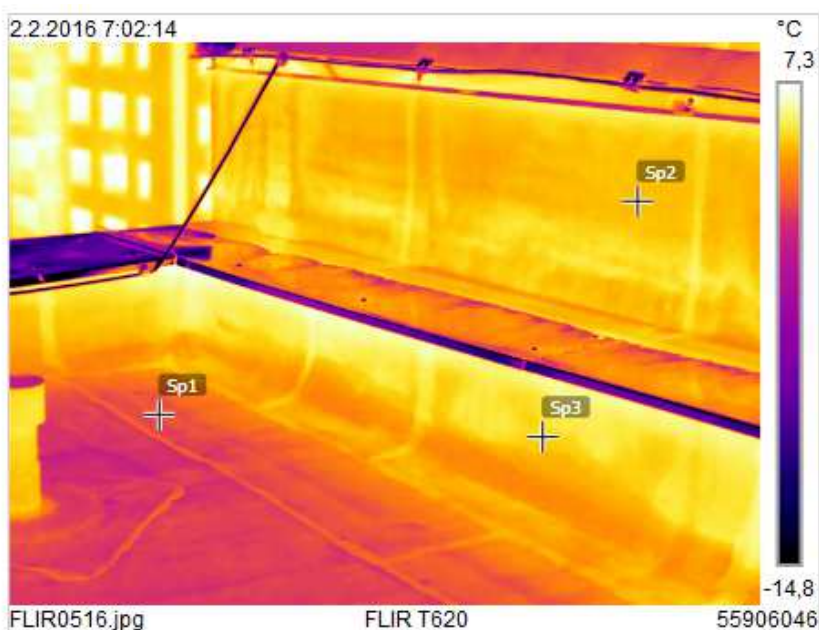
Měření		°C
Sp1	7,1	
Sp2	9,0	
Sp3	6,0	
Parametry		
Emisivita	0,95	
Odr. tepl.	7 °C	
Geolokace		
Kompas	42° SV	



Zdroj: Vlastní

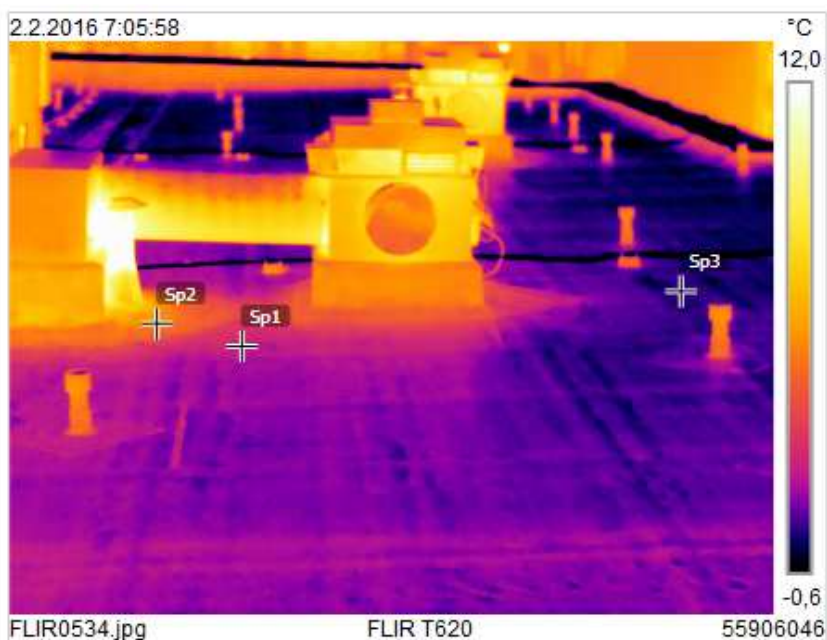
Obrázek 26: Termogram ploché střechy na panelovém domě v Českých Budějovicích. Detail navazujících atik.

Měření		°C
Sp1	2,5	
Sp2	4,8	
Sp3	5,2	
Parametry		
Emisivita	0,95	
Odr. tepl.	7 °C	
Geolokace		
Kompas	186° J	



Obrázek 27: Termogram ploché střechy na panelovém domě v Českých Budějovicích. Ukázka prostupu plochou střechou vzduchotechnickým zařízením.

Měření		°C
Sp1	2,3	
Sp2	5,0	
Sp3	0,5	
Parametry		
Emisivita	0,95	
Odr. tepl.	7 °C	
Geolokace		
Kompas	62° SV	



Zdroj: Vlastní

Termogramy zobrazují rozložení teplot na měřeném objektu. Čím je teplota vyšší, tím jsou místa na objektu světlejší a naopak, čím je místo chladnější tím je barva tmavší. Stupnice na termogramu upřesňuje teplotní a barevné rozsahy každého snímku.

Snímky ukazují možné úniky tepla. Jedná se vždy o kritická místa jako je atika, prostupy větracích komínků, vzduchotechnického zařízení, úžlabí.

Obr. 24 zachycuje tepelné úniky atiky a žlabu.

Obr. 25 ukazuje únik tepla v oblasti vpusti a žlabu. Dále je vidět netěsnost dveří strojovny při vstupu na střechu.

Obr. 26 znázorňuje absenci tepelné izolace atik.

Na obr. 27 jsou vidět úniky tepla kolem prostupu vzduchotechnického zařízení.

2.4.1.2 Tepelně technické posouzení ploché střechy po zateplení vnitřního pláště

Komplexní posouzení skladby stavební konstrukce z hlediska šíření tepla a vodní páry

Výpočet proveden podle EN ISO 13788, EN ISO 6946, ČSN 730540 a STN 730540

Teplo 2015

Název úlohy: Panelový dům PS_69, České Budějovice

Zpracovatel: Jana Hořejší

Zakázka :

Datum : 7. 4. 2016

Typ hodnocené konstrukce : Střecha dvouplášťová nebo strop pod půdou

Korekce součinitele prostupu dU : 0.000 W/m²K

VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ PODLE KRITÉRIÍ ČSN 730540-2 (2011)

Okrajové podmínky výpočtu :

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru Rsi :	0.10 m ² K/W
dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rsi :	0.25 m ² K/W
Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru Rse :	0.10 m ² K/W
dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rse :	0.10 m ² K/W
Návrhová venkovní teplota Te :	-17.0 C
Návrhová teplota vnitřního vzduchu Tai :	21.0 C
Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu RHe :	85.0 %
Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu RH _i :	55.0 %

Skladba konstrukce (od interiéru) :

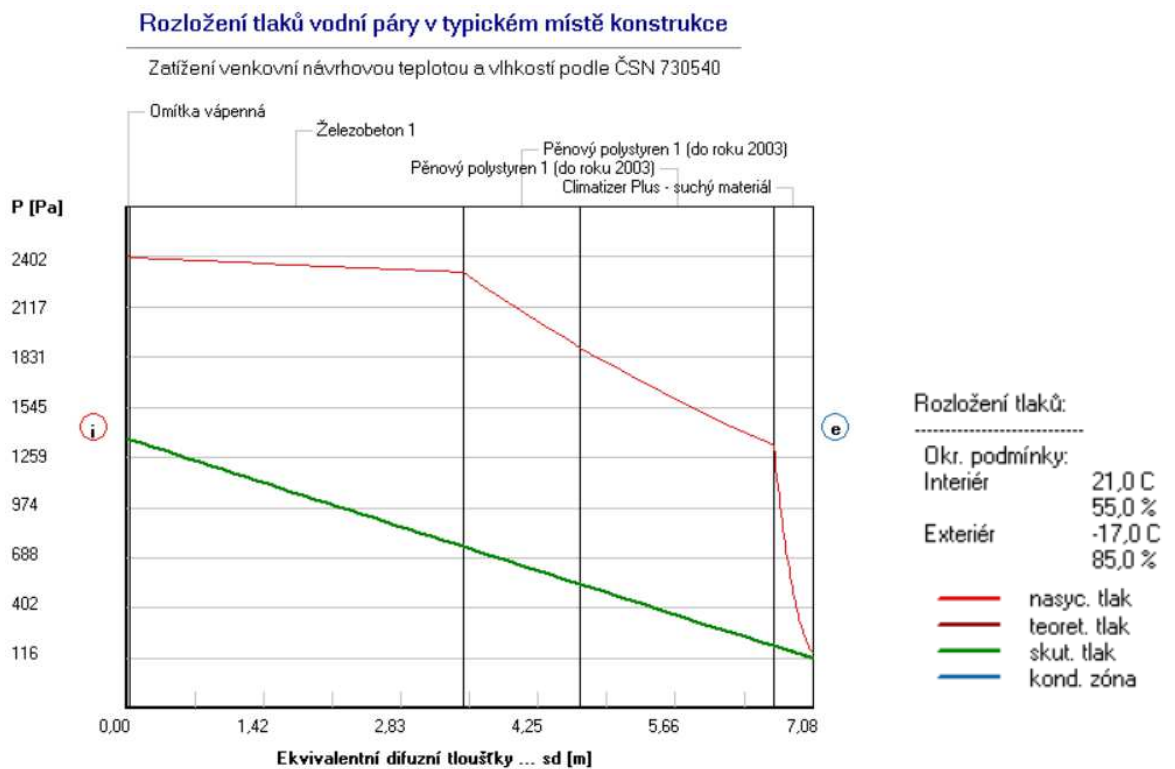
Číslo	Název	D [m]	Lambda [W/(m.K)]	c [J/(kg.K)]	Ro [kg/m ³]	Mi [-]	Ma [kg/m ²]
1	Omítka vápenná	0,0050	0,8700	840,0	1600,0	6,0	0.0000
2	Železobeton 1	0,1500	1,4300	1020,0	2300,0	23,0	0.0000
3	Pěnový polysty	0,0300	0,0510	1270,0	10,0	40,0	0.0000
4	Pěnový polysty	0,0500	0,0510	1270,0	10,0	40,0	0.0000
5	Climatizer Plu	0,2000	0,0400	2020,0	60,0	2,0	0.0000

Poznámka: D je tloušťka vrstvy, Lambda je návrhová hodnota tepelné vodivosti vrstvy, C je měrná tepelná kapacita vrstvy, Ro je objemová hmotnost vrstvy, Mi je faktor difúzního odporu vrstvy a Ma je počáteční zabudovaná vlhkost ve vrstvě.

Požadavek: U _N (U _{N,20}) =	0,24 W/m ² ·K
Doporučená hodnota U _{rec,20} =	0,16 W/m ² ·K
Doporučená hodnota pro pasivní domy U _{pas,20} =	0,15-0,10 W/m ² ·K
Vypočtená hodnota: U =	0,145 W/m²K

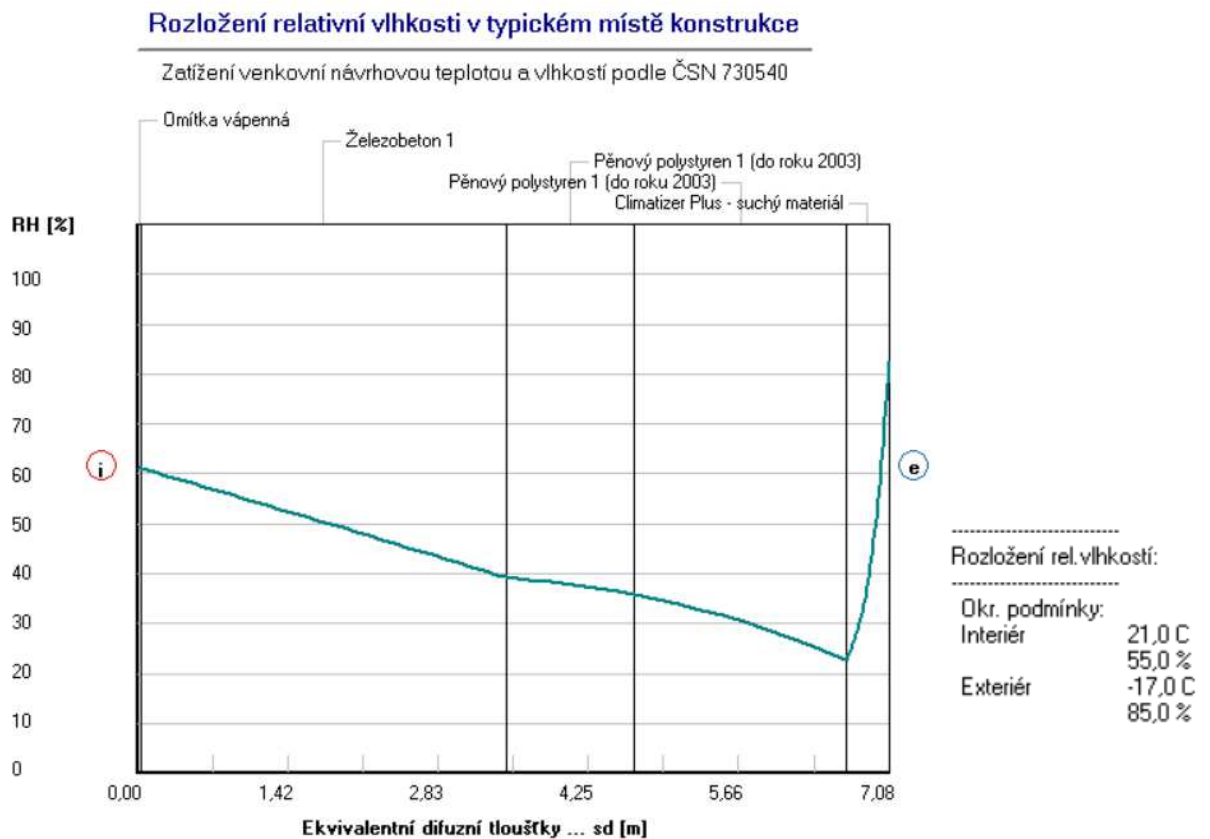
U < U_N ... POŽADAVEK JE SPLNĚN.

Obrázek 28: Rozložení tlaků



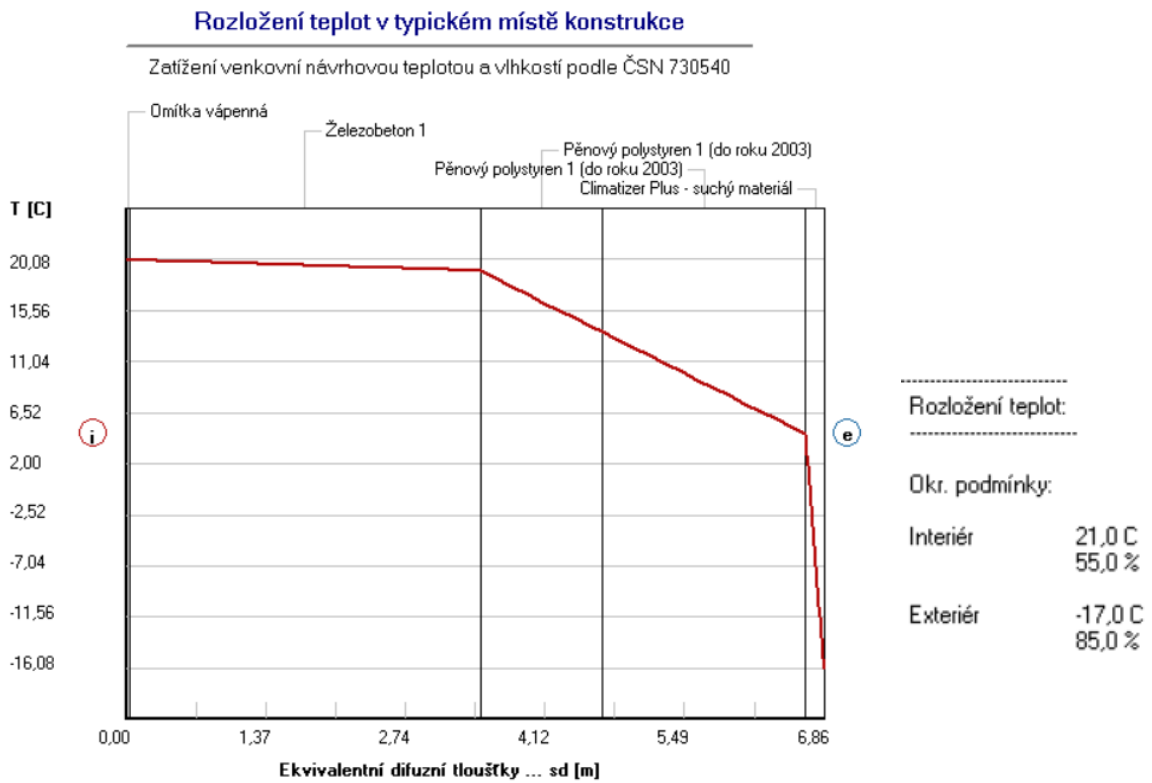
Zdroj: Vlastní, *Grafický výstup, stavební fyzika Svoboda software, program Teplo 2015*

Obrázek 29: Rozložení rel. vlhkostí



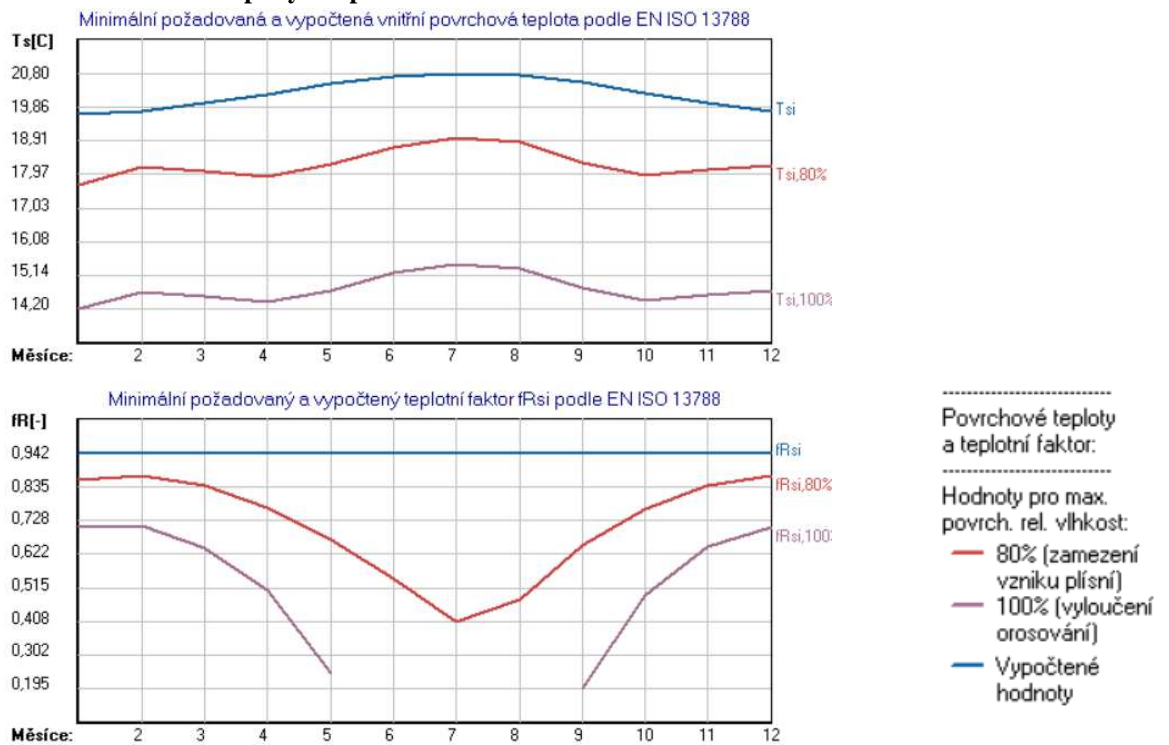
Zdroj: Vlastní, *Grafický výstup, stavební fyzika Svoboda software, program Teplo 2015*

Obrázek 30: Rozvržení teplot



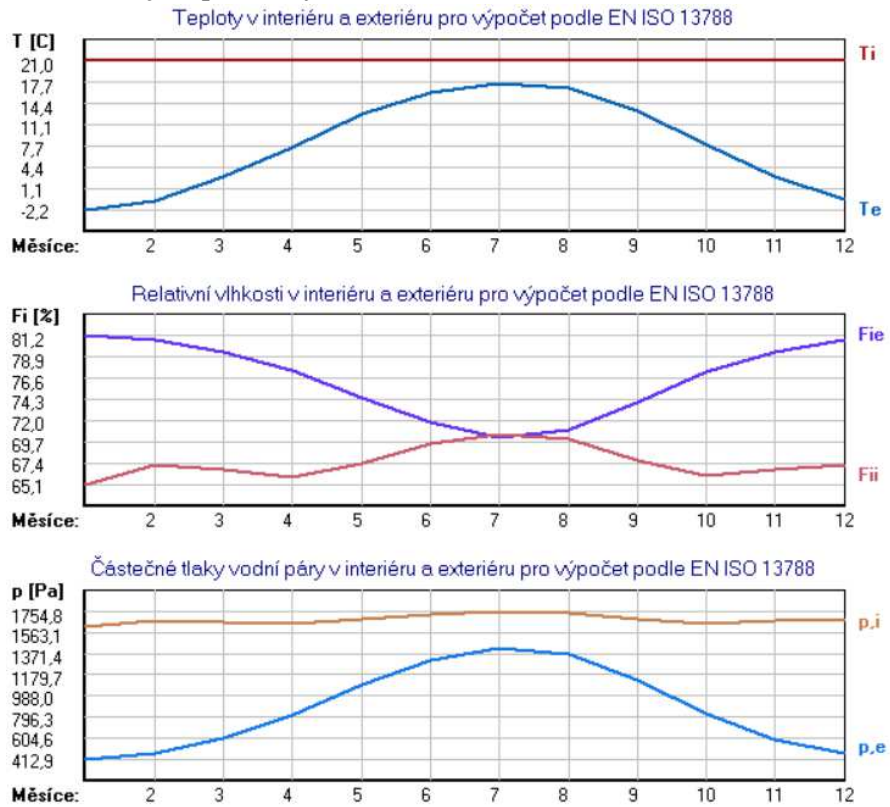
Zdroj: Vlastní, *Grafický výstup, stavební fyzika Svoboda software, program Teplo 2015*

Obrázek 31: Povrchové teploty a teplotní faktor



Zdroj: Vlastní, *Grafický výstup, stavební fyzika Svoboda software, program Teplo 2015*

Obrázek 32: Okrajové podmínky



Zdroj: Vlastní, Grafický výstup, stavební fyzika Svoboda software, program Teplo 2015

Závěr

Součinitel prostupu tepla konstrukce splňuje požadovanou hodnotu $U_{N,20}$ a splňuje i doporučenou hodnotu $U_{rec,20}$ a dokonce splňuje i doporučenou hodnotu pro pasivní domy. Při uvažování tloušťky 200 mm tepelné izolace foukané izolace Climatizer Plus. Výpočtová hodnota $U = 0,145 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ zaokrouhleno $U = 0,15 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$; Požadavek: $U_{N,20} = 0,24 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$; Doporučená hodnota $U_{rec,20} = 0,16 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$; Doporučená hodnota pro pasivní domy $U_{pas,20} = 0,15-0,10 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$.

Požadavek na teplotní faktor (čl. 5.1 v ČSN 730540-2)

Požadavek: $f_{Rsi,N} = f_{Rsi,cr} = 0,762$, Vypočtená průměrná hodnota: $f_{Rsi,m} = 0,964$

Kritický teplotní faktor $f_{Rsi,cr}$ byl stanoven pro maximální přípustnou vlhkost na vnitřním povrchu 80% (kritérium vyloučení vzniku plísní)

Průměrná hodnota $f_{Rsi,m}$ (resp. Maximální hodnota při hodnocení skladby mimo tepelné mosty a vazby) není nikdy minimální hodnotou ve všech místech konstrukce. Nelze s ní proto prokazovat plnění požadavku na minimální povrchové teploty zabudované konstrukce včetně tepelných mostů a vazeb. Její převýšení nad požadavkem naznačuje pouze možnosti plnění požadavku v místě tepelného mostu či tepelné vazby

Tepelný odpor konstrukce R: **6.679** m²K/W

Difúze vodní páry v návrh. podmínkách a bilance vodní páry podle ČSN 730540: Při venkovní návrhové teplotě nedochází v konstrukci ke kondenzaci vodní páry.

Bilance zkondenzované a vypařené vodní páry podle EN ISO 13788: V konstrukci nedochází během modelového roku ke kondenzaci vodní páry.

Poznámky k vyhodnocení vlhkosti:

- Požadavky:
1. Kondenzace vodní páry nesmí ohrozit funkci konstrukce.
 2. Roční množství kondenzátu musí být nižší než roční kapacita odparu.
 3. Roční množství kondenzátu $M_{c,a}$ musí být nižší než 0,1 kg/m².rok, nebo 3-6% plošné hmotnosti materiálu (nižší z hodnot).

Vypočtené hodnoty: V kci nedochází při venkovní návrhové teplotě ke kondenzaci.

POŽADAVKY JSOU SPLNĚNY.

Poznámka

Protože nelze v praxi u této varianty uvažovat zateplení rovnoměrnou tloušťkou foukané tepelné izolace Climatezer Plus v prostoru vzduchové dutiny mezi panely, byl proveden výpočet tepelně technického posouzení se zadáním tloušťky tepelné izolace 100 mm.

Výsledky výpočtu při zachování stejných podmínek:

Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla podle EN ISO 6946:

Tepelný odpor konstrukce R : **4.179** m²K/W

Požadavek: $U_{N,20} = 0,24 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$

Vypočtená hodnota: $U = 0,228 \text{ W/m}^2\text{K}$

$U < U_{N,20}$... **POŽADAVEK JE SPLNĚN**

Součinitel prostupu tepla konstrukce splňuje požadovanou hodnotu $U_{N,20}$, ale nesplňuje doporučenou hodnotu $U_{rec,20}$. Při uvažování tloušťky **100 mm** tepelné izolace foukané izolace Climatizer Plus.

Při uvažování tloušťky **90 mm** foukané izolace Climatizer Plus.

Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla podle EN ISO 6946:

Tepelný odpor konstrukce $R : 3.929 \text{ m}^2\text{K/W}$

Součinitel prostupu tepla konstrukce $U : 0.242 \text{ W/m}^2\text{K}$

II. Požadavek na součinitel prostupu tepla (čl. 5.2 v ČSN 730540-2)

Požadavek: $U_{N,20} = 0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$

Vypočtená hodnota: $U = 0,242 \text{ W/m}^2\text{K}$

$U > U_{N,20}$... **POŽADAVEK NENÍ SPLNĚN.**

Shrnutí

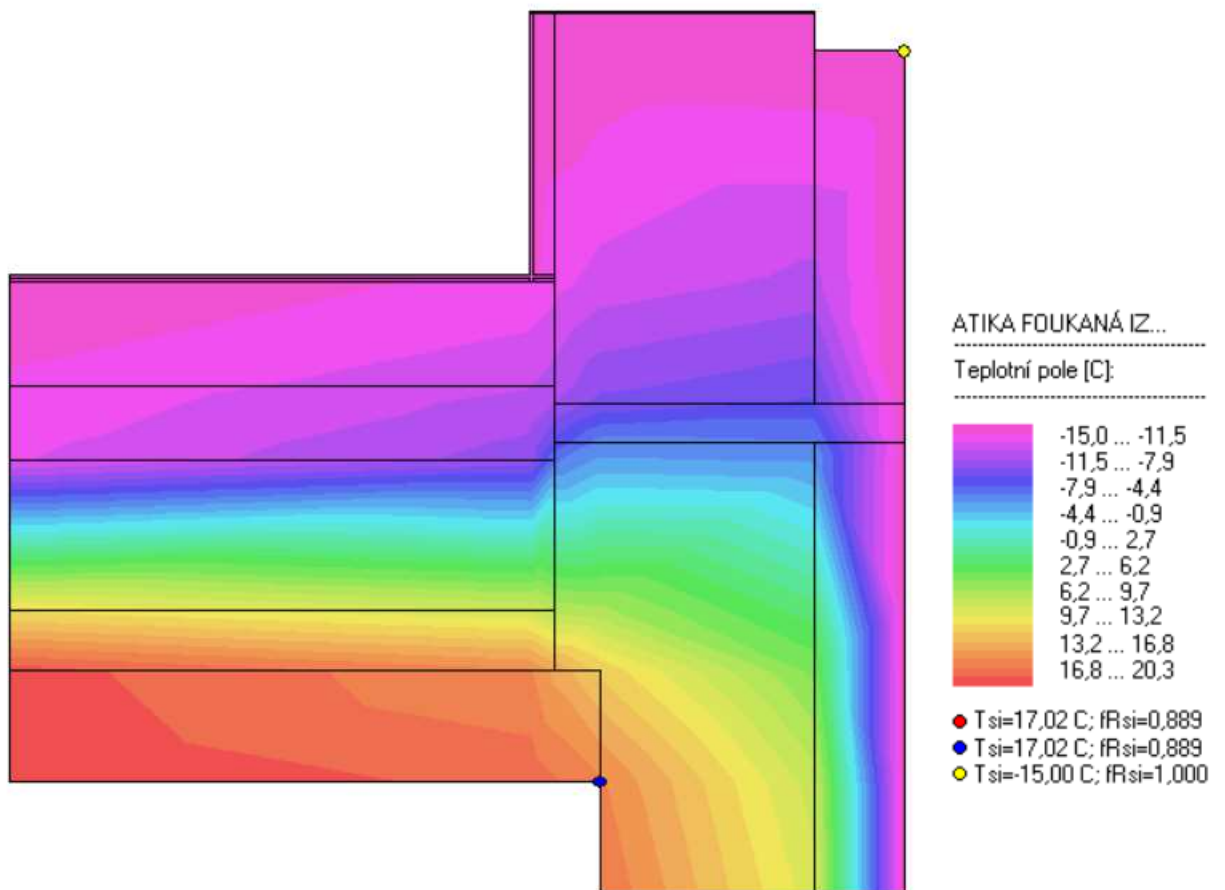
Pokud v konstrukci klesne tl. foukané izolace Climatizer Plus pod 100 mm, skladba nevyhoví požadavku na součinitele prostupu tepla čl. 5.2 v ČSN 730540-2. Tento případ se může vyskytnout v nejnižších místech střechy u žlabu a vpusti, jak upozornily termovizní snímky.

2.4.1.3 Analýza detailu atiky při zateplení vnitřního pláště

Posouzení bylo provedeno v programu Area 2015.

Grafický výstup ukazuje povrchovou teplotu a tepelné toky detailu.

Obrázek 33: Detail zateplené atiky foukanou izolací PS 69, Area 2015 – teplotní pole 2D



Zdroj: Vlastní

Vyhodnocení výsledků a porovnání s požadavky 730540-2 (2011) včetně změny Z1 (2012)

Prostředí pro vyhodnocenou vnitřní povrchovou teplotu: teplota 21,0 C, Rel.vlhkost 50%

Požadavek na teplotní faktor (čl. 5.1 v ČSN 730540-2)

Požadavek: $f, R_{si, N} = f, R_{si, cr} = 0,749$

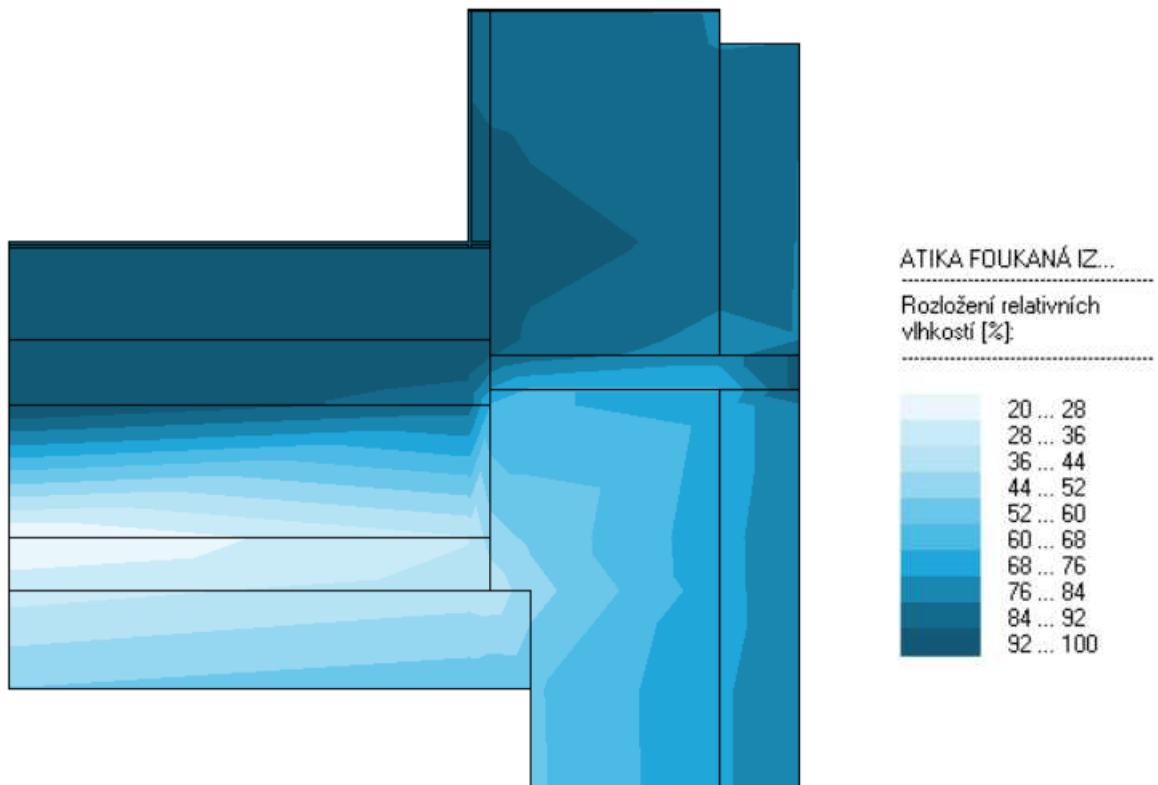
Požadavek platí pro posouzení neprůsvitné konstrukce.

Vypočtená hodnota: $f, R_{si} = 0,889$

Kritický teplotní faktor $f, R_{si, cr}$ byl stanoven pro maximální přípustnou vlhkost na vnitřním povrchu 80% (kritérium vyloučení vzniku plísní).

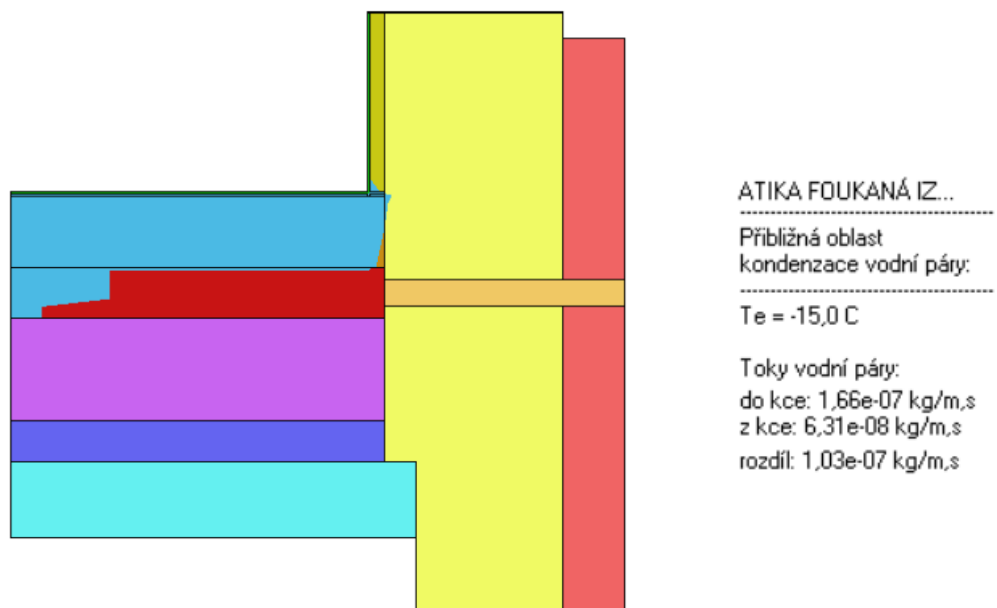
$f, R_{si} > f, R_{si, N}$... POŽADAVEK JE SPLNĚN.

Obrázek 34: Detail zateplené atiky foukanou izolací PS 69, Area 2015 – relativní vlhkosti



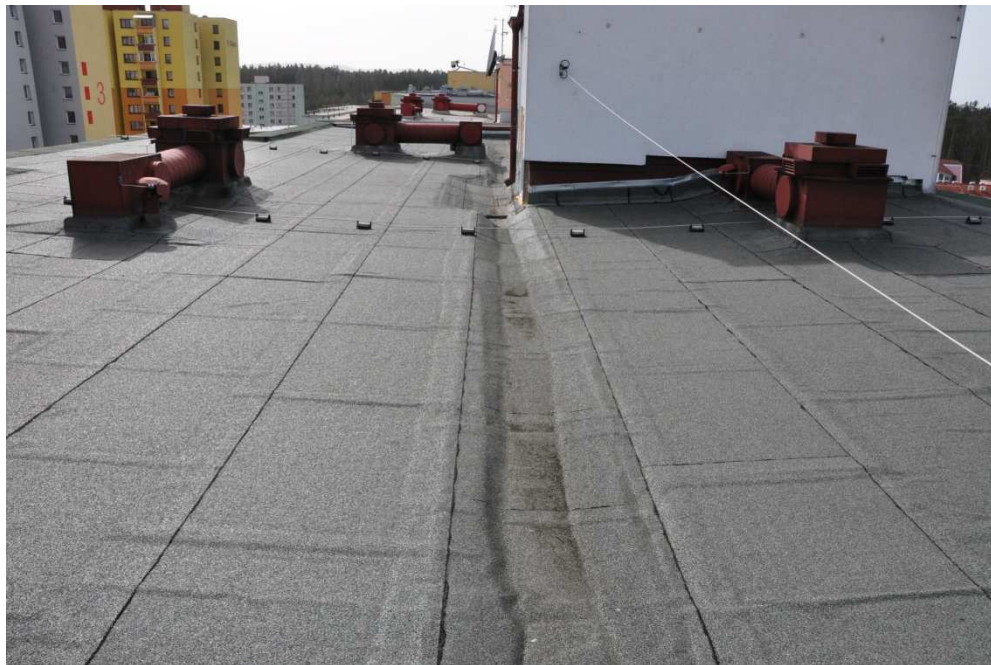
Zdroj: Vlastní

Obrázek 35: Detail zateplené atiky foukanou izolací PS 69, Area 2015 – oblast kondenzace



2.4.2 Zateplení vnějšího pláště tepelnou izolací

Obrázek 36: Plochá střecha panelového domu PS69/2, zateplení vnějšího pláště tepelnou izolací v Českých Budějovicích



Zdroj: Vlastní

Nejčastějším způsobem dodatečného zateplení je zateplení vnějšího (horního) pláště. Tepelně izolační vrstva (desky) se položí na stávající krytinu. Uzavřou se větrací kanálky v atice a celá atika se zateplí, nejlépe v návaznosti se zateplením obvodového pláště. Při revitalizaci panelových domů dojde k vyřešení komplexní obálky budovy. Dvouplášťová střecha se potom hodnotí jako nevětraná konstrukce.[27] Vzduchová dutina se vlivem teplotních změn chová jako expanzní vrstva.

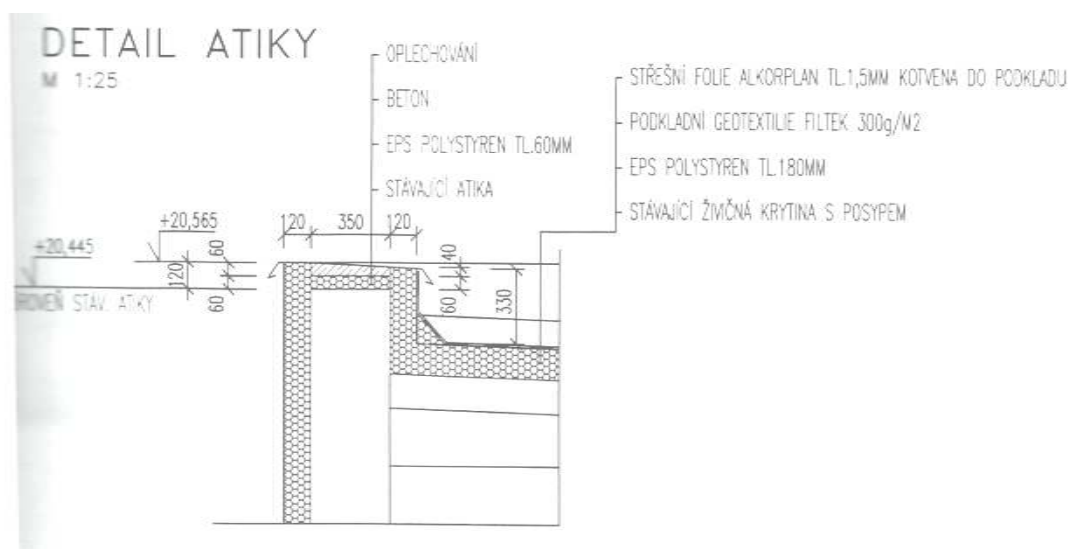
Tato technologie byla provedena na panelovém domě PS 69/2 Jč v Milevsku. Na střešní konstrukci byla položena tepelná izolace EPS 100S v tloušťce 180 mm složená ve dvou vrstvách s překrytím spár, pouze ve žlabu pro jeho správnou funkci je zateplení jen 140 mm. Tepelná izolace byla také provedena na horních i svislých plochách atik střechy objektu. Na horních plochách byl položen polystyren EPS 100F v tl. 60-90 mm ve spádu směrem do střechy a překryt betonovou mazaninou tl. 30 mm a pomocí turbošroubů připevněna OSB deska tl. 16 mm. Na svislých plochách atik je použit polystyren EPS 70F na celou výšku atiky v tl. 120 mm (od vodorovného zateplení střechy až po nové oplechování atiky + přechodové klíny).

Přechodové klíny mezi spádovou plochou a svislou stěnou jsou buď EPS – S nebo z tvrzené minerální vlny.

Oplechování atik bylo provedeno z pozinkovaných plechů ve spádu směrem do střechy.

Do původních větracích otvorů v atikových panelech (odvětrávání stávajícího střešního pláště) byly osazeny plastové expanzní trubičky. Otvory kolem těchto trubiček je nutné utěsnit např. PUR pěnou. Trubičky jsou \varnothing 10 mm, dlouhé 500 mm. Tyto trubičky musí vyčnívat před vnější již zateplený líc objektu – cca 30 mm. Expanzní trubičky zajišťují případný únik kondenzovaných vodních par z dutiny střešního pláště.

Obrázek 37: Příklad detailu atiky, zateplení vnějšího pláště.



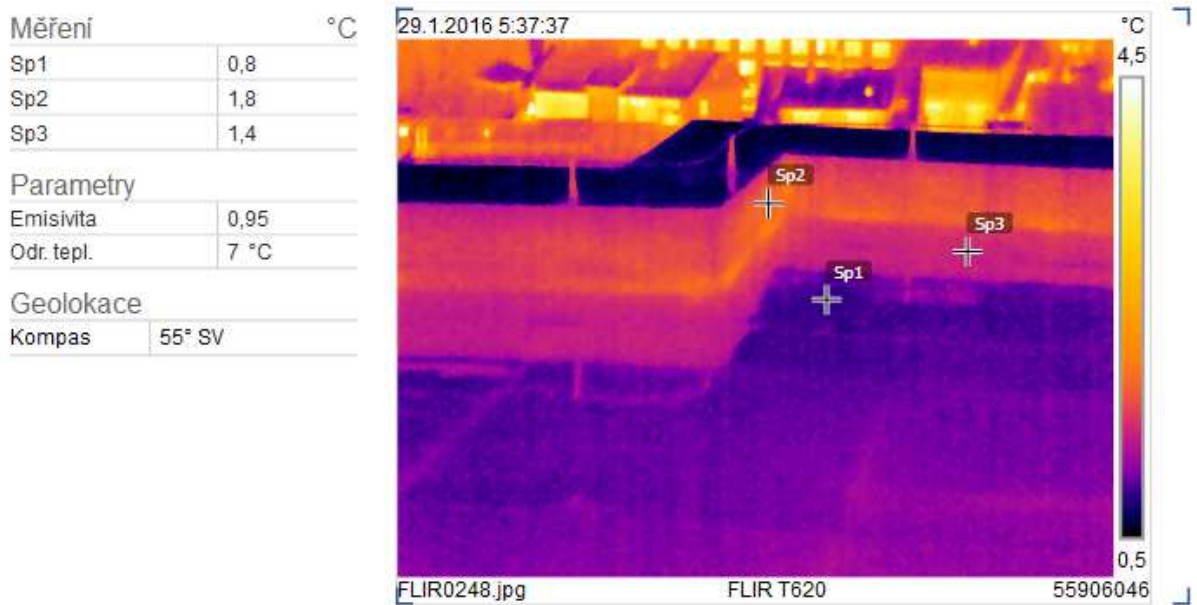
Zdroj: Kasík F. 2011. *Revitalizace panelového domu Milevsko*, archivní dokumentace[6]

2.4.2.1 Termogramy ploché střechy po zateplení vnějšího pláště

Měření Milevsko

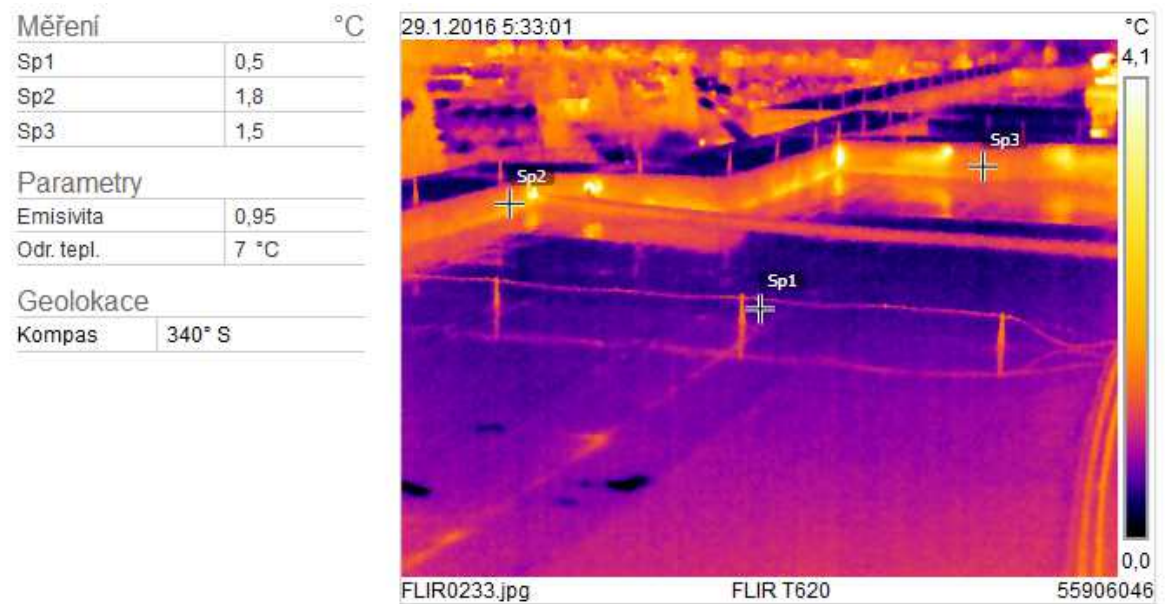
Na této střeše jsem provedla termovizní měření 29.1. 2016. Panelový dům je postavený panelovou technologií PS 69/ 2 Jč Ia. Z tohoto měření byla zpracována technická zpráva viz příloha 1.

Obrázek 38: Termogram ploché střechy na panelovém domě v Milevsku. Pohled na atiku.



Zdroj: Vlastní

Obrázek 39: Termogram ploché střechy na panelovém domě v Milevsku. Celkový pohled na střechu.



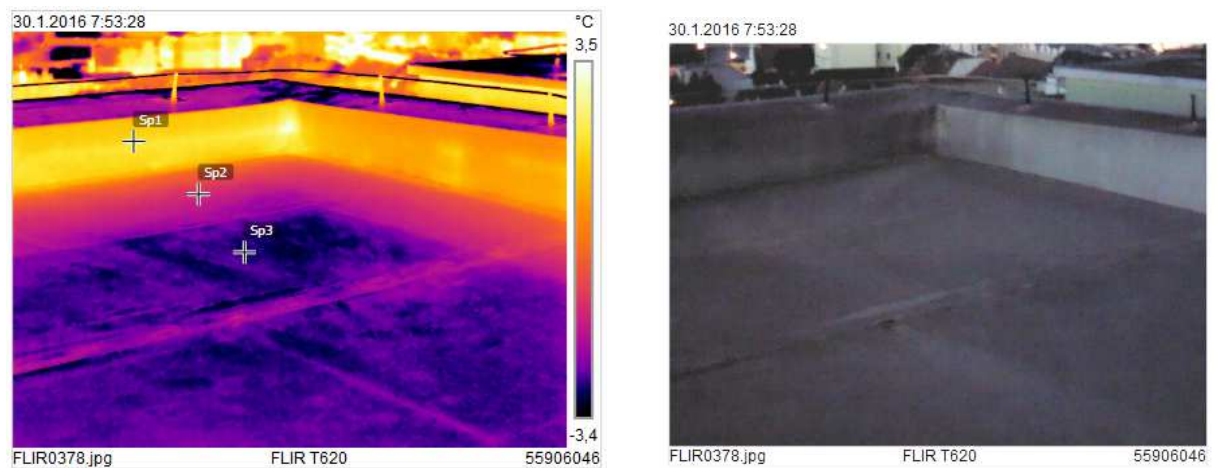
Zdroj: Vlastní

Snímky z termovizního měření ukazují provedení zateplení střechy.

Měření Strakonice

Variantou zateplení vnějšího pláště byl proveden i panelový dům PS 69/2 ve Strakonících. Měření bylo provedeno 30. 1. 2016. Výsledné snímky byly shrnuty do technické zprávy v příloze 3.

Obrázek 40: Termogram ploché střechy na panelovém domě ve Strakonících. Roh atiky.



Zdroj: Vlastní

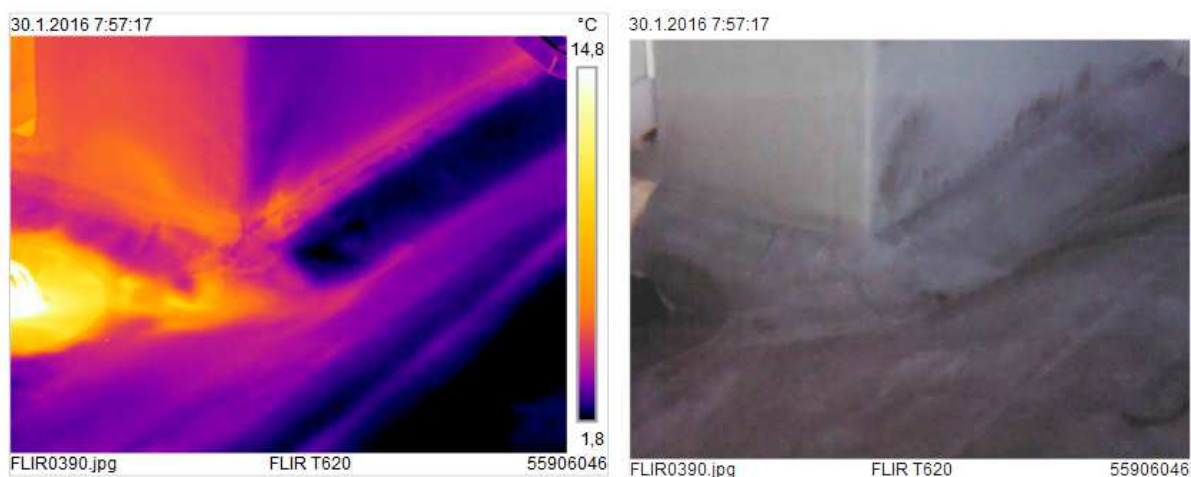
Obrázek 40. Termogram ukazuje zvýšenou teplotu v oblasti atiky, i když bylo zateplení atiky navrženo.

Obrázek 41: Termogram ploché střechy na panelovém domě ve Strakonících. Roh strojovny.



Zdroj: Vlastní

Obrázek 42: Termogram ploché střechy na panelovém domě ve Strakonících. Roh strojovny a vpusť.



Zdroj: Vlastní

Obrázek 43: Termogram ploché střechy na panelovém domě ve Strakonících. Celkový pohled na střechu.



Zdroj: Vlastní

Na obr. 41 termogram ukazuje roh strojovny a část žlabu. Zvýšená teplota v oblasti rohu a nejnižší části žlabu.

Obr. 42 ukazuje nejnižší místo na střeše u střešní vpusti.

Obr. 43 ukazuje celkový pohled na plochou střechu.

Měření České Budějovice

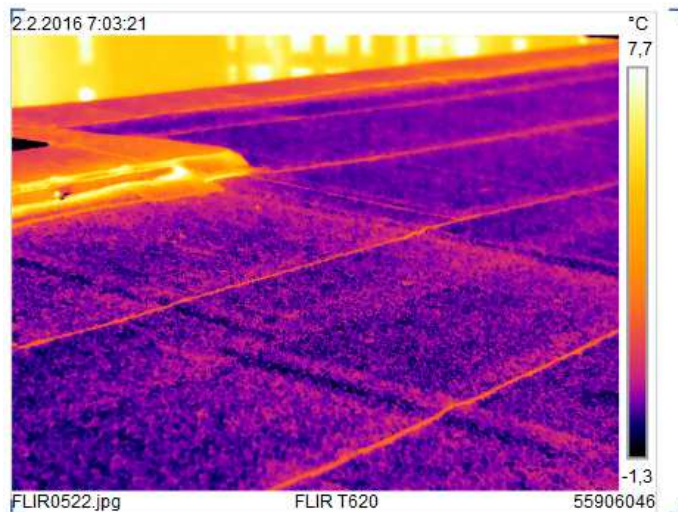
Variantou zateplení vnějšího pláště byl proveden i panelový dům PS 69/2 v Českých Budějovicích. Měření bylo provedeno 2. 2. 2016. Výsledné snímky byly shrnuty do technické zprávy v příloze 4.

Obrázek 44: Zateplená nízká atika v Českých Budějovicích



Zdroj: Vlastní

Obrázek 45: Termogram zateplené nízké atiky v Českých Budějovicích

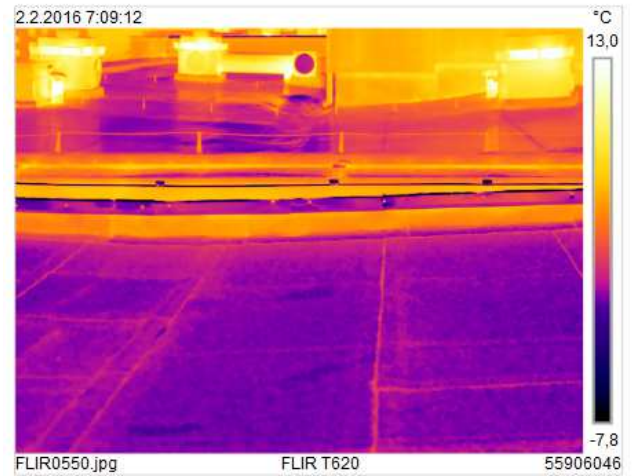


Zdroj: Vlastní

Na této střeše je poměrně nízká atika. Po zateplení vnějšího pláště je výška atiky se střešním pláštěm téměř v rovině v některých částech střechy Obr.44

Nedokonalé provedení nové hydroizolační vrstvy. Klempířský prvek je pod asfaltovou hydroizolací. Hydroizolace není napojena na atiku. Riziko vzniku poruchy.

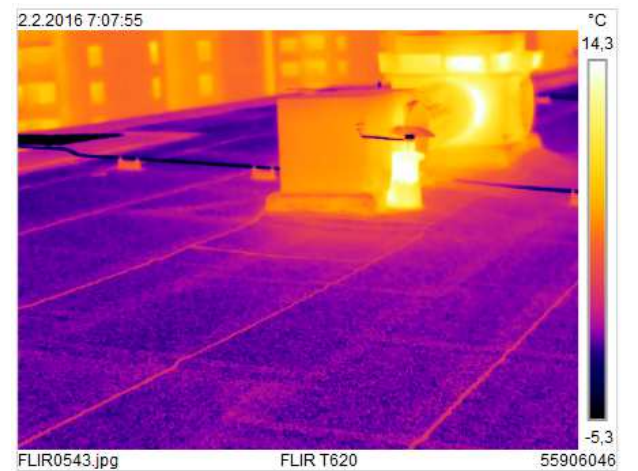
Obrázek 46: Termogram zateplené střechy v Českých Budějovicích. Horní část úžlabí.



Zdroj: Vlastní

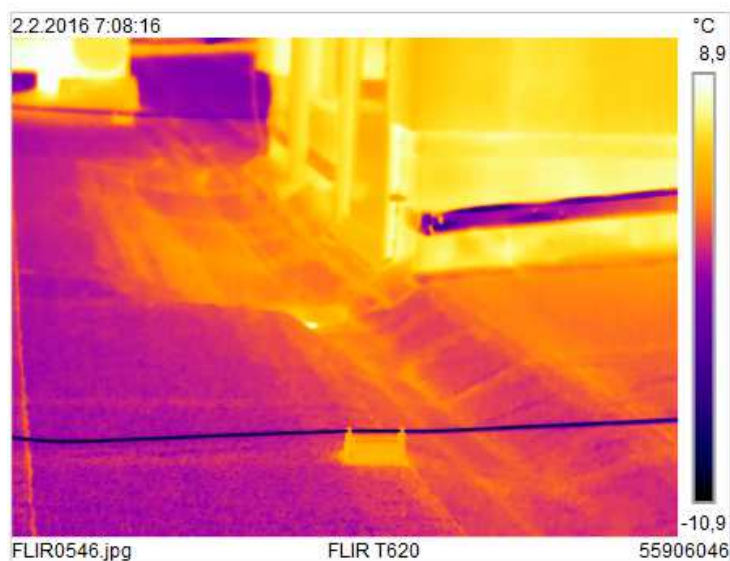
Obr.46 ukazuje nezateplenou část nízké atiky

Obrázek 47: Termogram prostupu vzduchotechniky nízké atiky v Českých Budějovicích



Zdroj: Vlastní

Obrázek 48: Termogram ploché střechy na panelovém domě v Českých Budějovicích. Vpust'



Zdroj: Vlastní

K velkým tepelným únikům tepla dochází v nejnižší části střechy kolem vpusti, kde není umožněno dostatečné množství tepelné izolace. Chybí ochranný koš.

Na střeše se nachází prostupy instalací, vzduchotechnické zařízení, větrací komínky kanalizace, kotvení hromosvodu dále návaznost na okraj střechy (atika) a na výtahovou šachtu. Těmto místům je potřeba věnovat pozornost, jak při návrhu ve fázi projektování, tak i při provádění realizací izolačních prací.

2.4.2.2 Tepelně technické posouzení ploché střechy po zateplení vnitřního pláště

Komplexní posouzení skladby stavební konstrukce z hlediska šíření tepla a vodní páry

Výpočet proveden podle EN ISO 13788, EN ISO 6946, ČSN 730540 a STN 730540

Teplo 2015

Název úlohy: Panelový dům PS_69 zateplení horního pláště Milevsko

Zpracovatel: Jana Hořejší

Zakázka :

Datum : 7. 4. 2016

Typ hodnocené konstrukce : Střecha jednoplášťová

Korekce součinitele prostupu dU : 0.000 W/m²K

VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ PODLE KRITÉRIÍ ČSN 730540-2 (2011)

Okrajové podmínky výpočtu :

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru Rsi : 0.10 m²K/W
dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rsi : 0.25 m²K/W
Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru Rse : 0.04 m²K/W
dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rse : 0.04 m²K/W

Návrhová venkovní teplota Te : -17.0 C
Návrhová teplota vnitřního vzduchu Tai : 21.0 C
Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu Rhe : 85.0 %
Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu Rhi : 55.0 %

Skladba konstrukce (od interiéru) :

Číslo	Název	D [m]	Lambda [W/(m.K)]	c [J/(kg.K)]	Ro [kg/m ³]	Mi [-]	Ma [kg/m ²]
1	Omítka vápenná	0,0050	0,8700	840,0	1600,0	6,0	0.0000
2	Železobeton 1	0,1500	1,4300	1020,0	2300,0	23,0	0.0000
3	Pěnový polysty	0,0300	0,0510	1270,0	10,0	40,0	0.0000
4	A 400 H	0,0007	0,2100	1470,0	900,0	3150,0	0.0000
5	Min. plst' liso	0,0800	0,0950	1150,0	150,0	5,0	0.0000
6	Uzavřená vzduc	0,1500	0,9375*	1010,0	1,2	0,1	0.0000
7	Stropnice s vl	0,1400	1,1000	840,0	1200,0	23,0	0.0000
8	Sklobit A	0,0038	0,2100	1470,0	1195,0	15000,0	0.0000
9	Bitagit	0,0035	0,2100	1470,0	1345,0	14000,0	0.0000
10	Isover EPS 100 S	0,1800	0,0370	1270,0	21,0	50,0	0.0000
11	Alkorplan 35 1	0,0015	0,1600	960,0	1300,0	20000,0	0.0000

Poznámka: D je tloušťka vrstvy, Lambda je návrhová hodnota tepelné vodivosti vrstvy, C je měrná tepelná kapacita vrstvy, Ro je objemová hmotnost vrstvy, Mi je faktor difúzního odporu vrstvy a Ma je počáteční zabudovaná vlhkost ve vrstvě.

* ekvival. Tep. Vodivost s vlivem tepelných mostů, stanovena interním výpočtem

Požadavek: $U_{N,20}$ = 0,24 W/m² ·K

Doporučená hodnota $U_{rec,20}$ = 0,16 W/m² ·K

Doporučená hodnota pro pasivní domy $U_{pas,20}$ = 0,15-0,10 W/m² ·K

Vypočtená hodnota: U = 0,145 W/m²K

U < U_N ... POŽADAVEK JE SPLNĚN.

Difúzní odpor a tepelně akumulční vlastnosti:

Difúzní odpor konstrukce ZpT :	8.3E+0011 m/s
Teplotní útlum konstrukce Ny* podle EN ISO 13786 :	4242.3
Fázový posun teplotního kmitu Psi* podle EN ISO 13786 :	15.8 h

Teplota vnitřního povrchu a teplotní faktor podle ČSN 730540 a EN ISO 13788:

Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách Tsi,p :	19.65 C
Teplotní faktor v návrhových podmínkách f,Rsi,p :	0.964

Číslo měsíce	Minimální požadované hodnoty při max. rel. vlhkosti na vnitřním povrchu:				Vypočtené hodnoty		
	----- 80% -----		----- 100% -----		Tsi[C]	f,Rsi	Rhsi[%]
	Tsi,m[C]	f,Rsi,m	Tsi,m[C]	f,Rsi,m			
1	14.8	0.754	11.4	0.619	20.1	0.964	57.3
2	15.4	0.764	12.0	0.619	20.2	0.964	59.3
3	15.8	0.737	12.3	0.564	20.3	0.964	60.2
4	16.2	0.689	12.8	0.465	20.5	0.964	61.3
5	17.3	0.638	13.8	0.300	20.6	0.964	64.8
6	18.2	0.602	14.7	0.101	20.8	0.964	68.3
7	18.7	0.571	15.2	-----	20.8	0.964	70.1
8	18.5	0.586	15.0	0.010	20.8	0.964	69.3
9	17.4	0.633	14.0	0.274	20.7	0.964	65.5
10	16.3	0.684	12.8	0.452	20.5	0.964	61.6
11	15.7	0.737	12.3	0.565	20.3	0.964	60.1
12	15.5	0.765	12.0	0.620	20.2	0.964	59.5

Poznámka: Rhsi je relativní vlhkost na vnitřním povrchu, Tsi je vnitřní povrchová teplota a f,Rsi je teplotní faktor.

Difúze vodní páry v návrh. Podmínkách a bilance vodní páry podle ČSN 730540: (bez vlivu zabudované vlhkosti a sluneční radiace)

Průběh teplot a částečných tlaků vodní páry v návrhových okrajových podmínkách:

<u>rozhraní:</u>	<u>i</u>	<u>1-2</u>	<u>2-3</u>	<u>3-4</u>	<u>4-5</u>	<u>5-6</u>	<u>6-7</u>	<u>7-8</u>	<u>8-9</u>	<u>9-10</u>
theta [C]:	20.4	20.4	19.8	16.6	16.6	11.9	11.0	10.3	10.2	10.1
p [Pa]:	1367	1367	1339	1329	1312	1308	1308	1282	824	430
p,sat [Pa]:	2403	2398	2313	1887	1884	1394	1315	1255	1247	1239

<u>rozhraní:</u>	<u>10-11</u>	<u>e</u>
theta [C]:	-16.7	-16.8
p [Pa]:	358	116
p,sat [Pa]:	140	140

Poznámka: theta je teplota na rozhraní vrstev, p je předpokládaný částečný tlak vodní páry na rozhraní vrstev a p,sat je částečný tlak nasycené vodní páry na rozhraní vrstev.

Při venkovní návrhové teplotě dochází v konstrukci ke kondenzaci vodní páry.

Kond.zóna číslo	Hranice kondenzační zóny [m]		Kondenzující množství vodní páry [kg/(m2s)]
	levá	pravá	
1	0.5557	0.5557	1.949E-0010
2	0.7430	0.7430	1.778E-0009

Roční bilance zkondenzované a vypařené vodní páry:

Množství zkondenzované vodní páry za rok Mc,a:	0.0081 kg/(m2.rok)
Množství vypařitelné vodní páry za rok Mev,a:	0.0517 kg/(m2.rok)

Ke kondenzaci dochází při venkovní teplotě nižší než 5.0 C.

Bilance zkondenzované a vypařené vodní páry podle EN ISO 13788:

Roční cyklus č. 1

V konstrukci dochází během modelového roku ke kondenzaci.

Kondenzační zóna č. 1

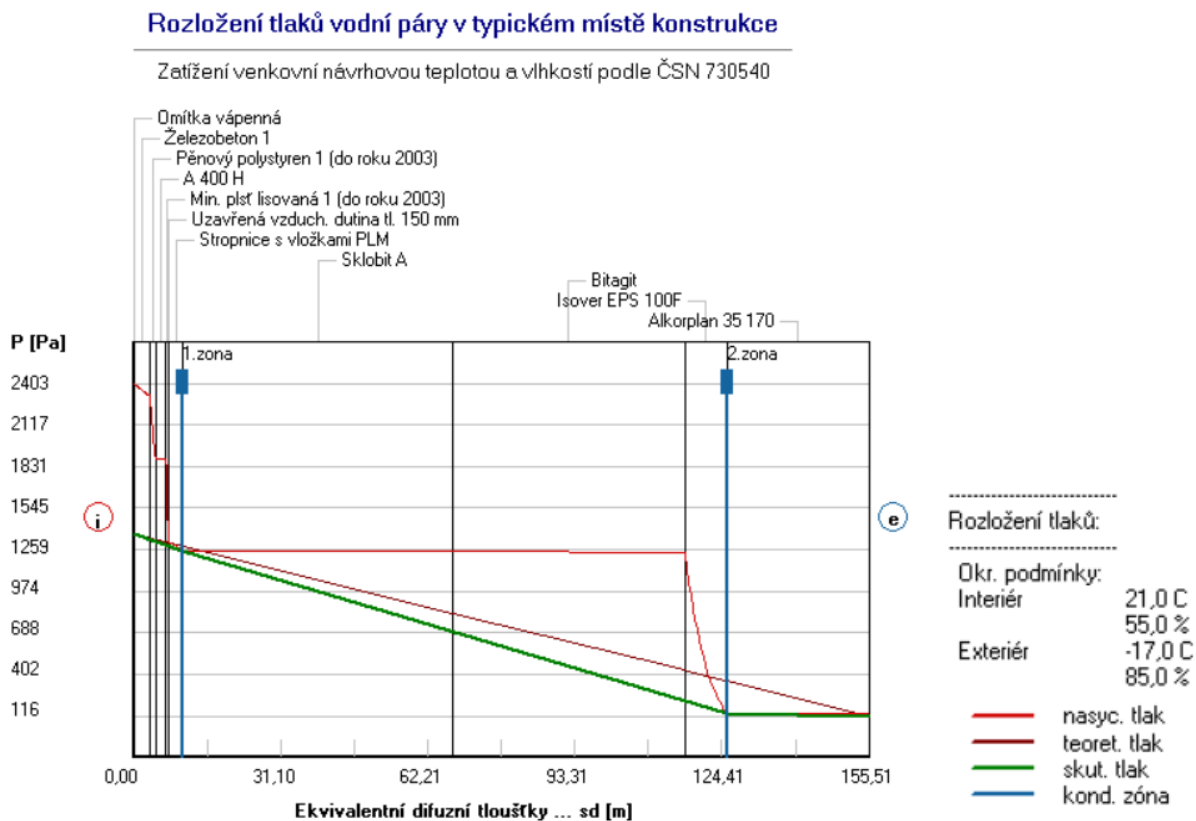
Měsíc	Hranice kondenzační zóny levá [m]	pravá [m]	Akt.kond./vypař. Mc [kg/m2s]	Akumul.vlhkost Ma [kg/m2]
11	0.7430	0.7430	2.78E-0010	0.0007
12	0.7430	0.7430	7.63E-0010	0.0028
1	0.7430	0.7430	8.69E-0010	0.0051
2	0.7430	0.7430	7.67E-0010	0.0069
3	0.7430	0.7430	2.68E-0010	0.0077
4	0.7430	0.7430	-5.21E-0010	0.0063
5	0.7430	0.7430	-1.78E-0009	0.0016
6	---	---	-2.92E-0009	0.0000
7	---	---	---	---
8	---	---	---	---
9	---	---	---	---
10	---	---	---	---

Max. množství zkondenzované vodní páry za rok $M_{c,a}$: **0.0077 kg/m2**
Množství vypařitelné vodní páry za rok $M_{ev,a}$ je minimálně: **0.0077 kg/m2**

Na konci modelového roku je zóna suchá (tj. $M_{c,a} < M_{ev,a}$).

Poznámka: Hodnocení difúze vodní páry bylo provedeno pro předpoklad 1D šíření vodní páry převažující skladbou konstrukce. Pro konstrukce s výraznými systematickými tepelnými mosty je výsledek výpočtu jen orientační. Přesnější výsledky lze získat s pomocí 2D analýzy.

Obrázek 49: Rozvržení tlaků

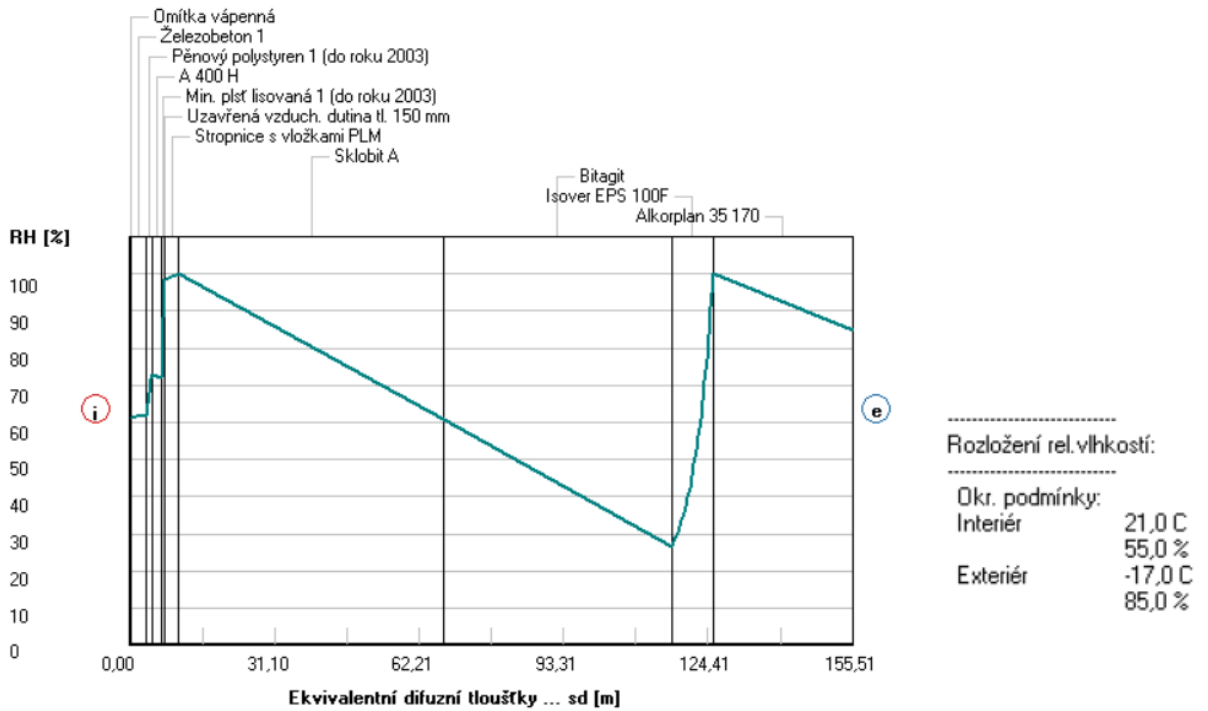


Zdroj: Vlastní, Grafický výstup, stavební fyzika Svoboda software, program Teplo 2015

Obrázek 50: Rozvržení rel. vlhkostí

Rozložení relativní vlhkosti v typickém místě konstrukce

Zatížení venkovní návrhovou teplotou a vlhkostí podle ČSN 730540

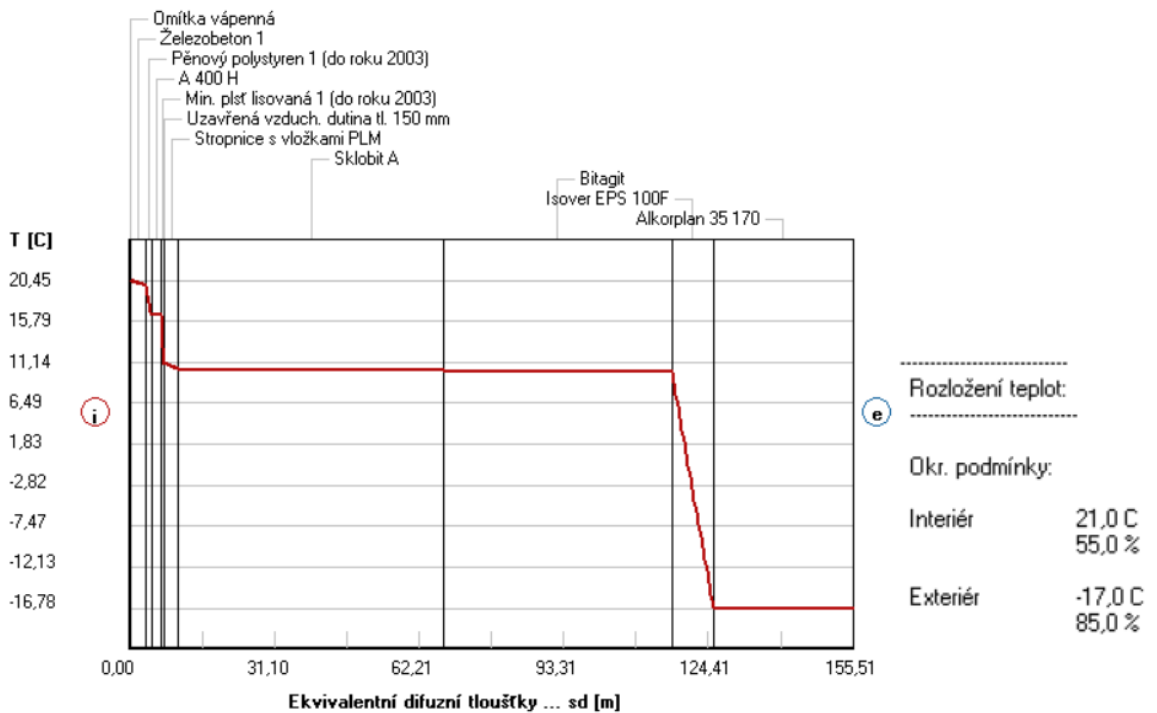


Zdroj: Vlastní, *Grafický výstup, stavební fyzika Svoboda software, program Teplo 2015*

Obrázek 51: Rozvržení teplot

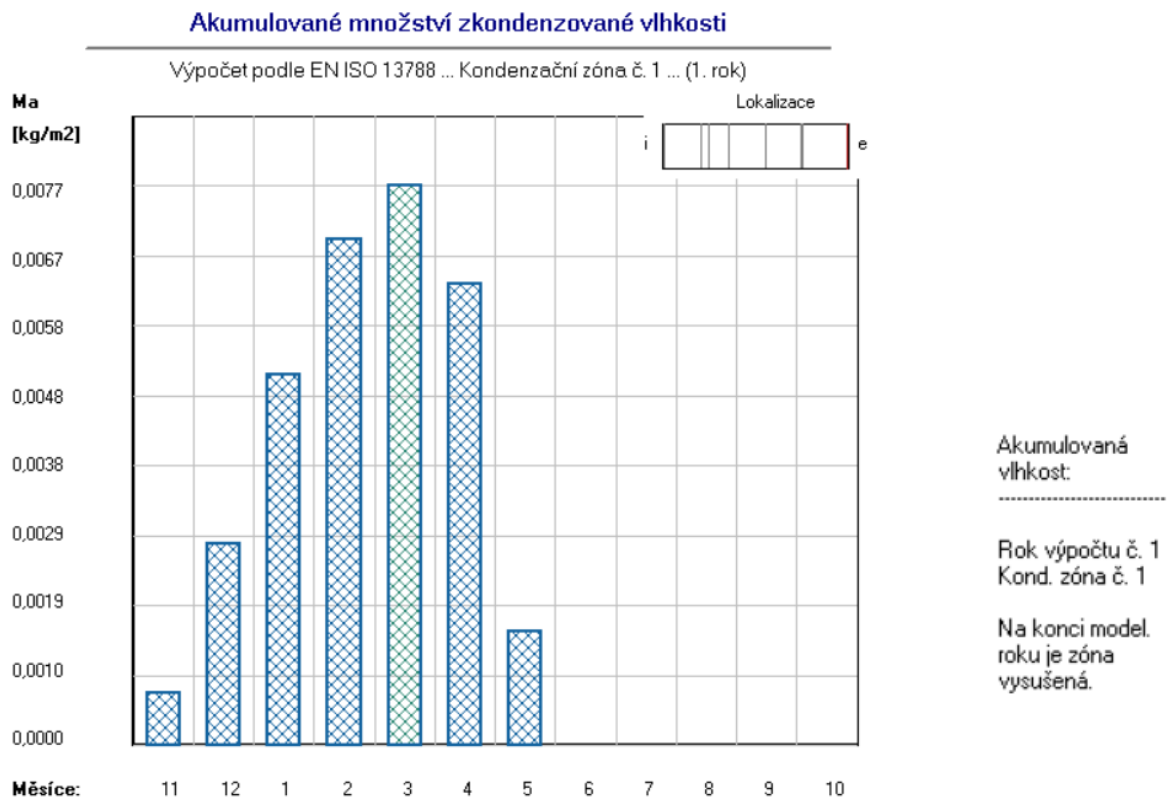
Rozložení teplot v typickém místě konstrukce

Zatížení venkovní návrhovou teplotou a vlhkostí podle ČSN 730540



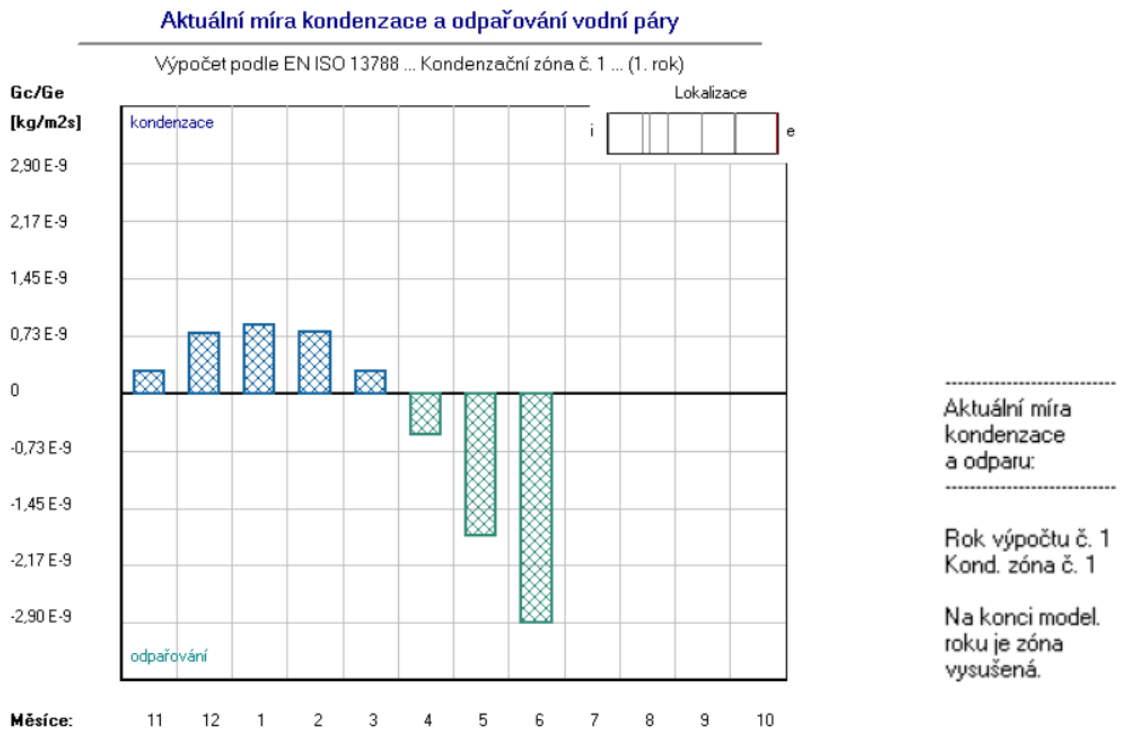
Zdroj: Vlastní, *Grafický výstup, stavební fyzika Svoboda software, program Teplo 2015*

Obrázek 52: Akumulovaná vlhkost



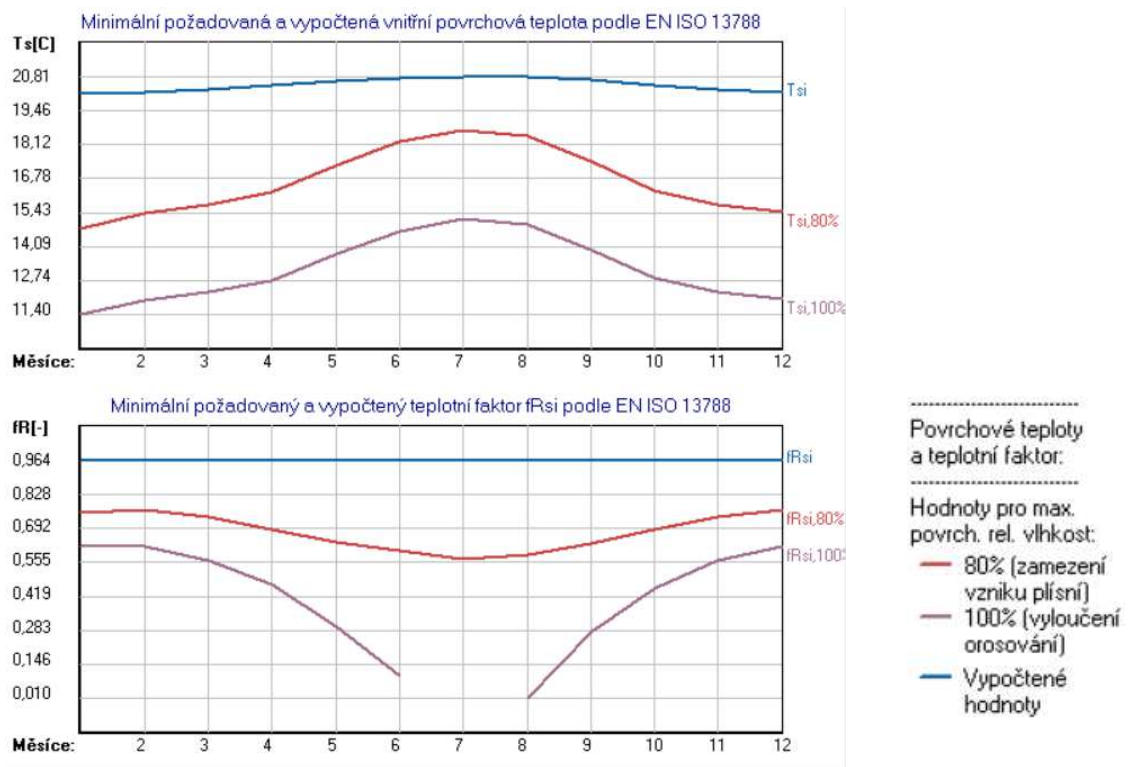
Zdroj: Vlastní, Grafický výstup, stavební fyzika Svoboda software, program Teplo 2015

Obrázek 53: Aktuální míra kondenzace a odparu



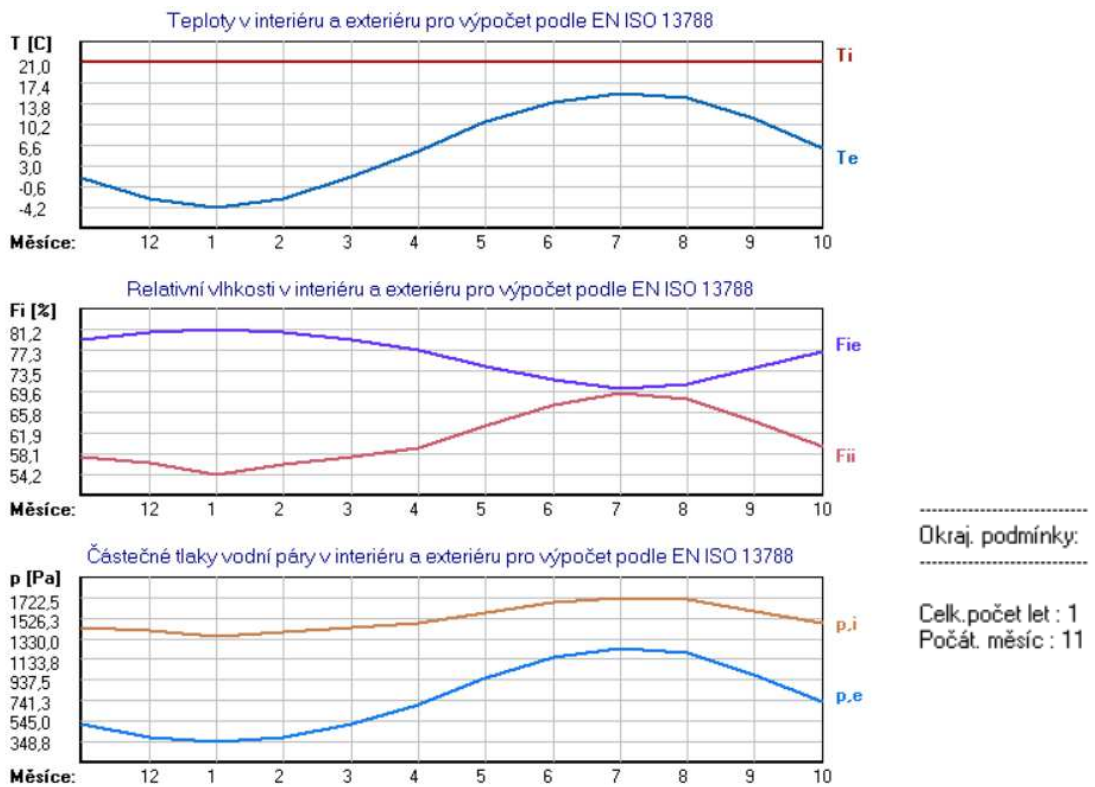
Zdroj: Vlastní, Grafický výstup, stavební fyzika Svoboda software, program Teplo 2015

Obrázek 54: Povrchové teploty a teplotní faktor



Zdroj: Vlastní, Grafický výstup, stavební fyzika Svoboda software, program Teplo 2015

Obrázek 55: Okrajové podmínky



Zdroj: Vlastní, Grafický výstup, stavební fyzika Svoboda software, program Teplo 2015

Závěr

Součinitel prostupu tepla konstrukce splňuje požadovanou hodnotu $U_{N,20}$ a splňuje i doporučenou hodnotu $U_{rec,20}$ a dokonce splňuje i doporučenou hodnotu pro pasivní domy. Při uvažování tloušťky 180 mm tepelné izolace z pěnového polystyrenu. Výpočtová hodnota $U = 0,145 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ zaokrouhleno $U = 0,15 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$; Požadavek: $U_{N,20} = 0,24 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$; Doporučená hodnota $U_{rec,20} = 0,16 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$; Doporučená hodnota pro pasivní domy $U_{pas,20} = 0,15-0,10 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$.

Tepelný odpor konstrukce R: **6.741** m²K/W

Požadavek na teplotní faktor (čl. 5.1 v ČSN 730540-2)

Požadavek: $f_{Rsi,N} = f_{Rsi,cr} = 0,762$, Vypočtená průměrná hodnota: $f_{Rsi,m} = 0,964$

Kritický teplotní faktor $f_{Rsi,cr}$ byl stanoven pro maximální přípustnou vlhkost na vnitřním povrchu 80% (kritérium vyloučení vzniku plísní)

Průměrná hodnota $f_{Rsi,m}$ (resp. maximální hodnota při hodnocení skladby mimo tepelné mosty a vazby) není nikdy minimální hodnotou ve všech místech konstrukce. Nelze s ní proto prokazovat plnění požadavku na minimální povrchové teploty zabudované konstrukce včetně tepelných mostů a vazeb. Její převýšení nad požadavkem naznačuje pouze možnosti plnění požadavku v místě tepelného mostu či tepelné vazby

- Požadavky:
1. Kondenzace vodní páry nesmí ohrozit funkci konstrukce.
 2. Roční množství kondenzátu musí být nižší než roční kapacita odparu.
 3. Roční množství kondenzátu $M_{c,a}$ musí být nižší než 0,1 kg/m².rok, nebo 3-6% plošné hmotnosti materiálu (nižší z hodnot).

Limit pro max. množství kondenzátu odvozený z min. plošné hmotnosti materiálu v kondenzační zóně činí: 0,059 kg/m².rok (materiál: Alkorplan 35 170).

Dále bude použit limit pro max. množství kondenzátu: 0,059 kg/m².rok

Vypočtené hodnoty: V kci dochází při venkovní návrhové teplotě ke kondenzaci.

Roční množství zkondenzované vodní páry $M_{c,a} = 0,0081 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{rok}$

Roční množství odpařitelné vodní páry $M_{ev,a} = 0,0517 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{rok}$

Vyhodnocení 1. požadavku musí provést projektant.

$M_{c,a} < M_{ev,a}$... 2. POŽADAVEK JE SPLNĚN.

$M_{c,a} < M_{c,N}$... 3. POŽADAVEK JE SPLNĚN.

Poznámka

Posouzení skladby dodatečného zateplení vnějšího pláště střešní konstrukce při návrhu tloušťky tepelné izolace z pěnového polystyrenu 180 mm. Ve skladbě je uvažována průměrná tloušťka vzduchové mezery 150 mm.

Při uvažování dodatečného zateplení z pěnového polystyrenu ($\lambda = 0,037 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$) **tl. 160 mm** skladba splní doporučenou hodnotu $U_{rec,20}$. Tepelný odpor konstrukce R : 6.200 m²K/W

Požadavek: $U_{,N} = 0,24 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$
Vypočtená hodnota: $U = 0,158 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$
 $U < U_{,N}$... POŽADAVEK JE SPLNĚN.

Splňuje požadavky na šíření vlhkosti konstrukcí (čl. 6.1 a 6.2 v ČSN 730540-2)

$M_{c,a} < M_{c,N}$... 3. POŽADAVEK JE SPLNĚN.

Při uvažování dodatečného zateplení z pěnového polystyrenu ($\lambda = 0,037 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$) **tl. 80 mm** skladba splní požadovanou hodnotu $U_{N,20}$. Tepelný odpor konstrukce R : 4.038 m²K/W

Požadavek: $U_{,N} = 0,24 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$
Vypočtená hodnota: $U = 0,239 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$
 $U < U_{,N}$... POŽADAVEK JE SPLNĚN.

Ale nesplní už požadavky na šíření vlhkosti konstrukcí (čl. 6.1 a 6.2 v ČSN 730540-2). V kci dochází při venkovní návrhové teplotě ke kondenzaci.

$M_{c,a} > M_{c,N}$... 3. POŽADAVEK NENÍ SPLNĚN.

Shrnutí

Při použití tepelné izolace tl. 140 mm skladba vyhoví zadaným požadavkům ČSN 730540-2.

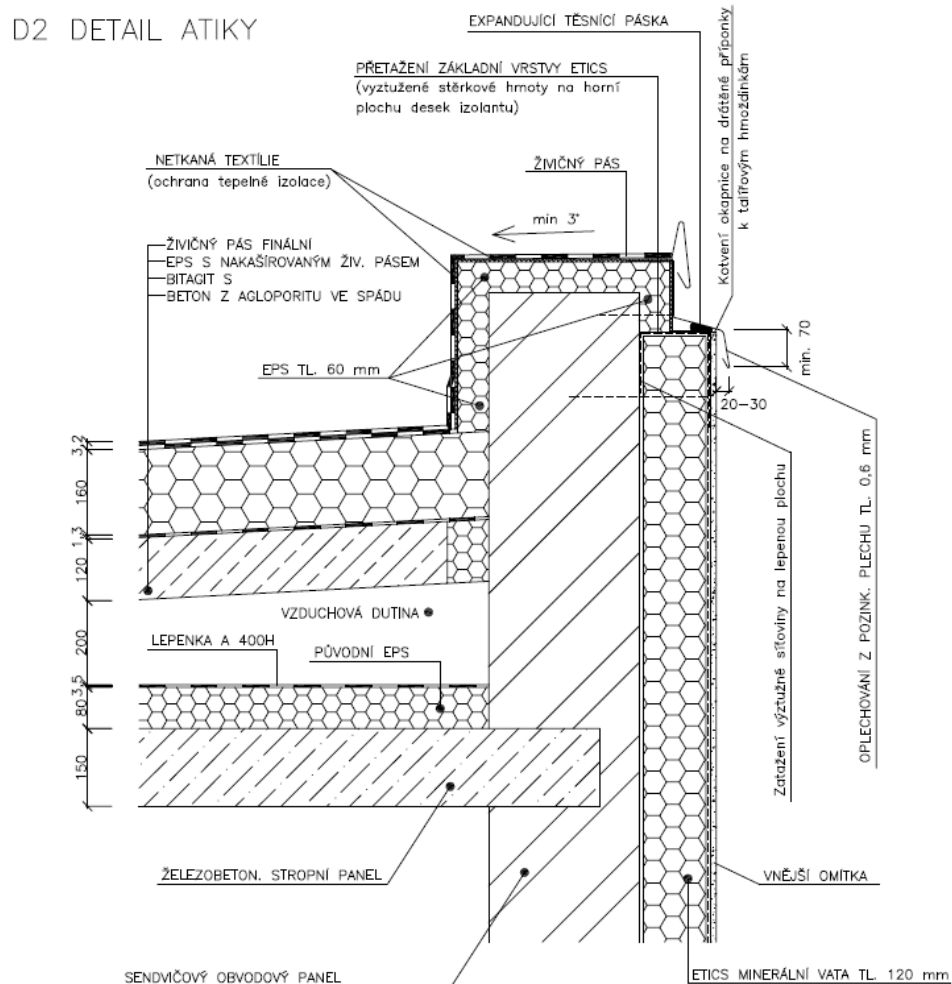
Po uzavření větracích otvorů se vzduchová vrstva stane tepelnou izolací, ale s možným rizikem kondenzace vlhkosti v nevětrané dvouplášťové střeše. Uzavřená vzduchová vrstva se může chovat i jako expanzní vrstva. Do některých původních větracích otvorů je možné osadit expanzní trubičku. Tím se docílí vyrovnání případného přetlaku vodní páry netěsně uzavřené vzduchové vrstvy. Proto je nutné nejen tepelně doizolovat horní plášť původní větrané dvouplášťové střechy, ale tuto novou tepelnou izolaci i předimenzovat na více než 1,5 násobek tepelného odporu původní tepelné izolace.

2.4.2.3 Analýza detailu atiky při revitalizaci panelového domu z roku 2011

Analýza detailu atiky při revitalizaci panelového domu z roku 2011 (obrázek 56.). Atika je zateplena. V tomto případě se jedná z pohledu stavební fyziky o tzv. převedení dvouplášťové střechy na jednoplášťovou. Grafický výstup ukazuje povrchovou teplotu a tepelné toky detailu.

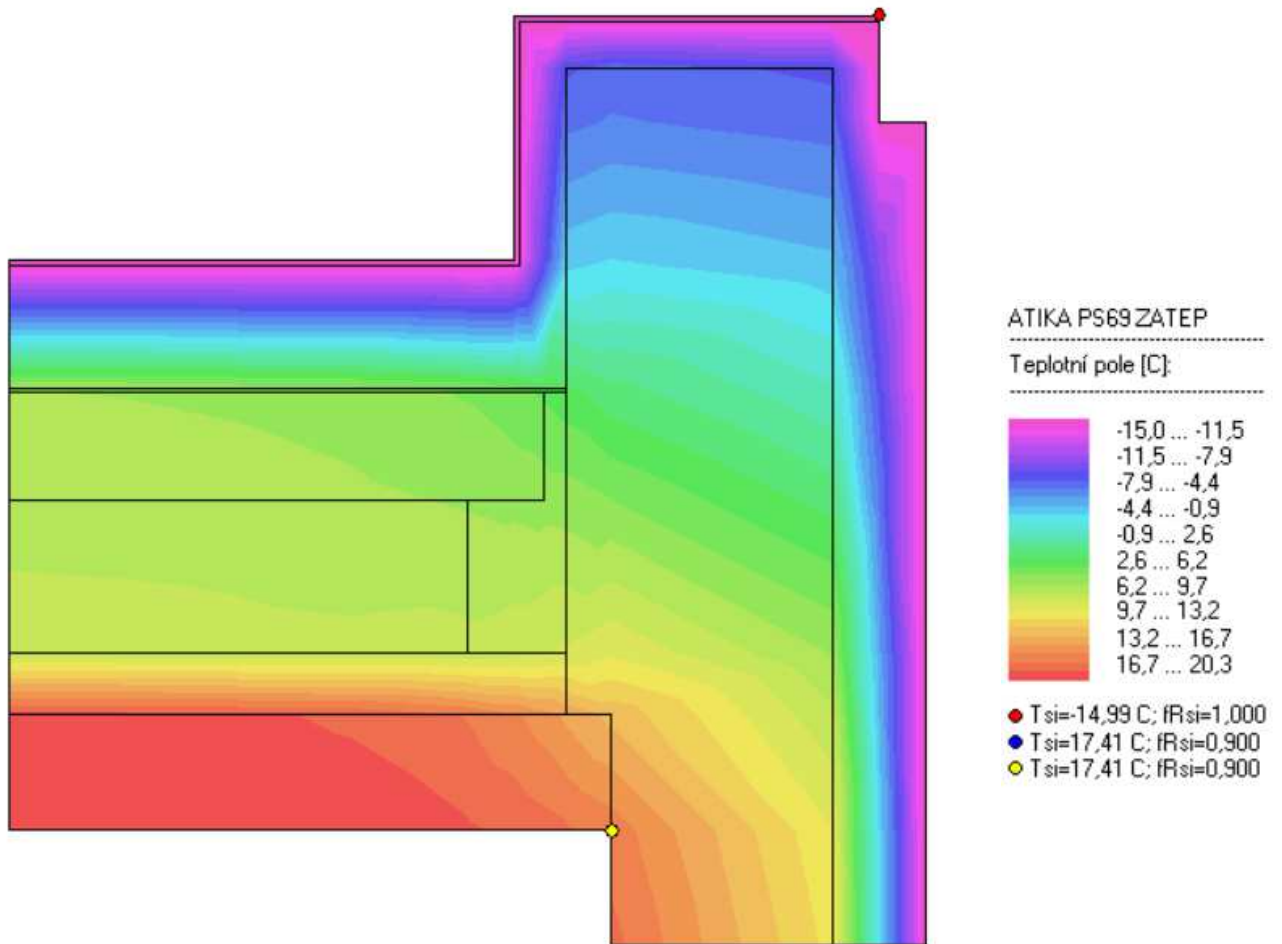
Získaný detail atiky je z projektové dokumentace panelových domů postavených v Milevsku. Ve výpočtu jsou zadány okrajové podmínky dané lokality.

Obrázek 56: Detail zateplené atiky PS 69



Zdroj: Černý R, 2011. *Revitalizace panelového domu Milevsko*, archivní dokumentace [1]

Obrázek 57: Detail zateplené atiky PS 69 AREA 2015 - průběh teplotního pole 2D.



Zdroj: Vlastní

Vyhodnocení výsledků a porovnání s požadavky 730540-2 (2011) včetně změny Z1 (2012)

Prostředí pro vyhodnocenou vnitřní povrchovou teplotu: teplota 21,0 C, Rel.vlhkost 50%

I. Požadavek na teplotní faktor (čl. 5.1 v ČSN 730540-2)

Požadavek: $f_{Rsi,N} = f_{Rsi,cr} = 0,749$

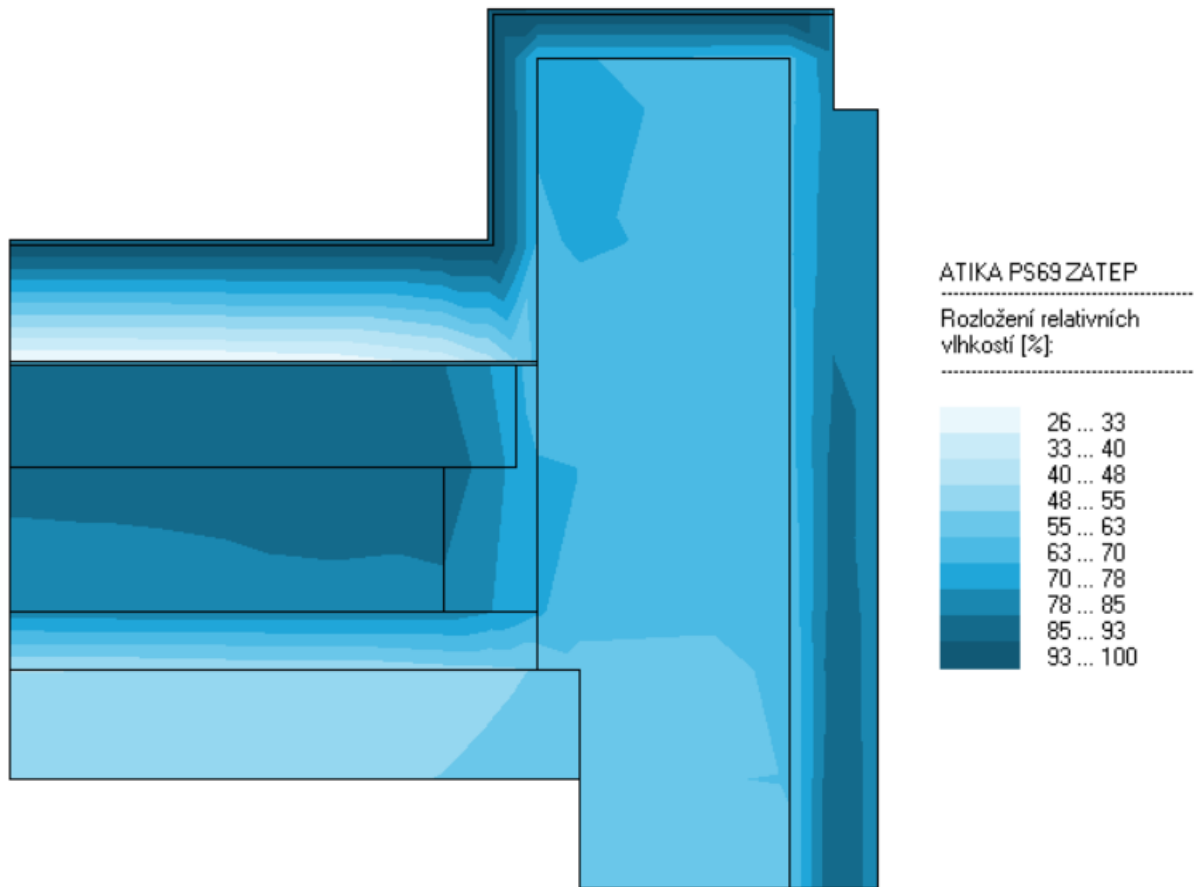
Požadavek platí pro posouzení neprůsvitné konstrukce.

Vypočtená hodnota: $f_{Rsi} = 0,900$

Kritický teplotní faktor $f_{Rsi,cr}$ byl stanoven pro maximální přípustnou vlhkost na vnitřním povrchu 80% (kritérium vyloučení vzniku plísní).

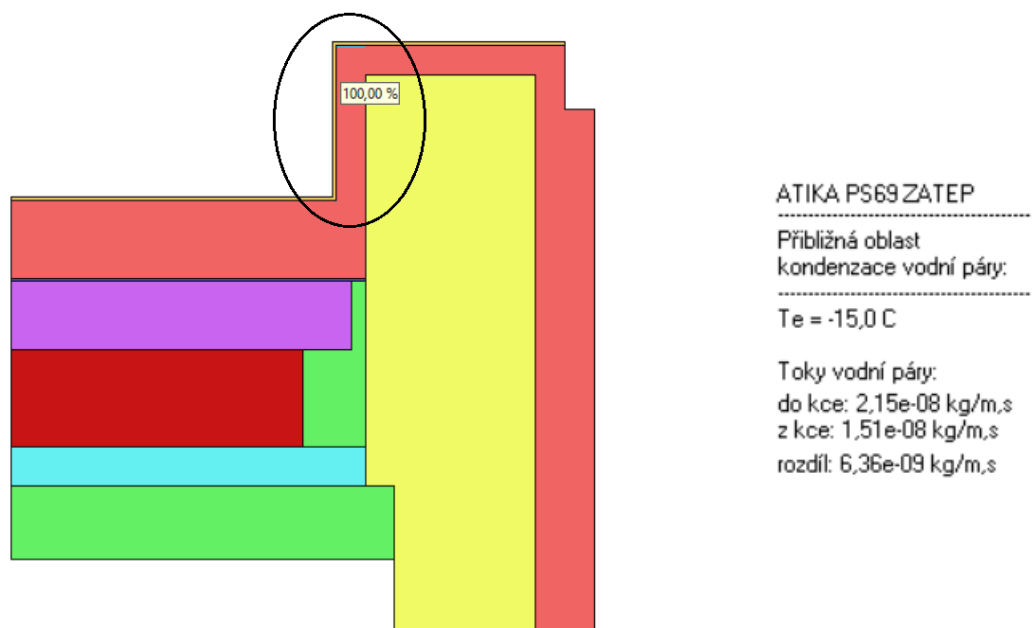
$f_{Rsi} > f_{Rsi,N}$... POŽADAVEK JE SPLNĚN.

Obrázek 58: Detail zateplené atiky PS 69 AREA 2015 – relativní vlhkost



Zdroj: Vlastní

Obrázek 59: Detail zateplené atiky PS 69 AREA 2015 – oblast kondenzace



Zdroj: Vlastní

2.4.2.4 Ekonomické zhodnocení první a druhé varianty

Návrh dodatečného zateplení střech přispívá k opatření ke snížení energetické náročnosti budovy a ke snížení spotřeby tepla na vytápění. Následující cenové nabídky ukazují orientační investice na rekonstrukci ploché střechy.

Rok 2014, lokalita České Budějovice

Varianta dodatečného zateplení foukanou izolací a opatření střechy novou hydroizolací:

1. **Etapa** zahrnovala demontáž střešního koryta, izolačské práce (natavení hydroizolačního pásu ISOFLAM PS4), klempířské práce (montáž a demontáž atikových plechů), montáž a demontáž hromosvodů včetně revize a další doplňkové položky. Celková cena **338 966 Kč**
2. **Etapa** zahrnovala tepelné izolace instalace (foukané tepelné izolace Climatizer Plus o aplikační síle 0,25 m), vrtání otvorů d=15cm, montáž odvětrávajících komínků jejich hydroizolační zakrytí. Celková cena **154 476 Kč**.

Výsledná cena činila **493 442 Kč**

U varianty zateplení vnějšího střešního pláště tvořily celkové náklady:

Cena zahrnovala izolačské práce (folie Fatrafol), tepelné izolace (EPS 100S tl.160 mm, zateplení atik) zednické a tesařské práce (M+D nadbetonávky atiky, M+D OSB atik), klempířské práce (oplechování, nátěry), montáže hromosvodu, demontáže (oplechování, hromosvod), přesuny hmot. Cena činila **343 507 Kč**. Po připočtení nových výplní otvorů (vstupní dveře na střechu a plastové okno.)

Výsledná cena činila **350 925 Kč**

Rok 2011, lokalita Milevsko

U varianty zateplení vnějšího střešního pláště byly celkové náklady:

Zateplení střešní konstrukce tepelnou izolací v tl. 160 mm a opatření střechy novou hydroizolací z roku 2011. Celkové náklady činily **313 700 Kč**.

Zateplení střešní konstrukce tepelnou izolací v tl. 180 mm a opatření střechy novou hydroizolací z roku 2011. Celkové náklady činily **345 070 Kč**.

2.4.3 Zateplení vnitřního pláště po odstranění vnějšího pláště

Další možnou variantou zateplení ploché střechy na panelových objektech při rekonstrukci je odstranění vnějšího pláště a provedení klasického zateplení jednoplášťové střechy způsobem, který se dnes běžně používá. Vnější plášť se demontuje a tepelná izolace se položí na původní izolaci, pokud je v dobrém stavu, nebo se nová tepelná izolace pokládá na stropní konstrukci. Poté se položí hydroizolační vrstva. V tomto případě se jedná o klasickou jednoplášťovou střechu.

Řešení je náročnější na provedení než u ostatních variant. Problém může nastat např. jestliže jsou atikové panely kotvené do konstrukcí střechy. Realizace oprav je nutné provádět za vhodného počasí, bez deště.

Do skladby je nutné přidat spádovou vrstvu.

Použití této varianty je vhodné například pokud je vnější plášť dřevěný, napadený hnilobou, kde se nepředpokládá opětovná nová montáž, která by byla nákladná. Další použití je v případě narušení atikových dílců, spádových klínů nebo statického narušení stropní konstrukce.

Dále kdy dojde k zatečení, kde voda prosákne až do všech vrstev na parotěsnicí vrstvu, vytvoří se tzv. kaluž a na ní položená tepelná izolace zcela nasákne a zdegraduje. V tomto případě je nutná celková rekonstrukce střechy.

Při návrhu rekonstrukcí a oprav je vhodné používat ucelený systém jednoho výrobce.

Zásadou pro navrhování vrstev stavebních konstrukcí z hlediska difúze a kondenzace vodní páry je správné řazení jednotlivých vrstev konstrukce z hlediska jejich difúzního odporu. Optimální řazení vrstev má v z tohoto pohledu taková skladba, v níž difúzní odpor vrstev klesá směrem od vnitřního k vnějšímu povrchu. Znamená to, že vrstva s nejvyšším difúzním odporem je situovaná na vnitřním líci konstrukce, vrstva s nejnižším difúzním odporem naopak na líci vnějším. [10]

Pro tento případ byla navržena klasická skladba. Na penetrovaný podklad se položí parotěsnicí vrstva - hydroizolační pás z SBS modifikovaného asfaltu s nosnou vložkou z AL fólie kaširovanou skleněnými vlákny. Tepelněizolační desky ze stabilizovaného pěnového polystyrenu a spádové klíny EPS 100 S. Separální textilie a hydroizolační fólie z PVC-P určená k mechanickému kotvení.

2.4.2.5 Tepelně technické posouzení ploché střechy po zateplení vnitřního pláště

Skladba konstrukce (od interiéru) :

Číslo	Název	D [m]	Lambda [W/(m.K)]	c [J/(kg.K)]	Ro [kg/m3]	Mi [-]	Ma [kg/m2]
1	Omítka vápenná	0,0050	0,8700	840,0	1600,0	6,0	0.0000
2	Železobeton	0,1400	1,4300	1020,0	2300,0	23,0	0.0000
3	Glastek al 40 min	0,0040	0,2100	1470,0	1400,0	300000,0	0.0000
4	Isover EPS 100S	0,1600	0,0380	1270,0	21,0	50,0	0.0000
5	Dekplan 76	0,0015	0,1600	960,0	1400,0	20000,0	0.0000

VÝSLEDKY VÝPOČTU HODNOCENÉ KONSTRUKCE :

Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla podle EN ISO 6946:

Tepelný odpor konstrukce R : 4.343 m2K/W
 Součinitel prostupu tepla konstrukce U : **0.223 W/m2K**

Součinitel prostupu zabudované kce U_k : 0.24 / 0.27 / 0.32 / 0.42 W/m2K
 Uvedené orientační hodnoty platí pro různou kvalitu řešení tep. mostů vyjádřenou přibližnou přírážkou podle poznámek k čl. B.9.2 v ČSN 730540-4.

Difúzní odpor a tepelně akumulční vlastnosti:

Difúzní odpor konstrukce Z_{pT} : 6.6E+0012 m/s
 Teplotní útlum konstrukce Ny* podle EN ISO 13786 : 163.3
 Fázový posun teplotního kmitu Psi* podle EN ISO 13786 : 7.2 h

Teplota vnitřního povrchu a teplotní faktor podle ČSN 730540 a EN ISO 13788:

Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách T_{si,p} : 18.95 C
 Teplotní faktor v návrhových podmínkách f_{Rsi,p} : **0.946**

Číslo měsíce	Minimální požadované hodnoty při max. rel. vlhkosti na vnitřním povrchu:				Vypočtené hodnoty		
	----- 80% -----		----- 100% -----		Tsi[C]	f,Rsi	RHsi[%]
	Tsi,m[C]	f,Rsi,m	Tsi,m[C]	f,Rsi,m			
1	17.7	0.869	14.2	0.730	19.6	0.946	70.8
2	18.2	0.882	14.7	0.734	19.7	0.946	72.7
3	18.1	0.853	14.6	0.677	19.9	0.946	71.3
4	17.9	0.799	14.4	0.572	20.2	0.946	69.5
5	18.2	0.732	14.7	0.392	20.4	0.946	69.7
6	18.7	0.676	15.2	0.173	20.6	0.946	71.1
7	19.0	0.626	15.5	-----	20.7	0.946	71.9
8	18.9	0.650	15.3	0.073	20.7	0.946	71.5
9	18.3	0.723	14.8	0.361	20.5	0.946	69.9
10	17.9	0.794	14.4	0.559	20.2	0.946	69.5
11	18.1	0.855	14.6	0.680	19.9	0.946	71.4
12	18.2	0.882	14.7	0.733	19.7	0.946	72.8

Poznámka: RHsi je relativní vlhkost na vnitřním povrchu, Tsi je vnitřní povrchová teplota a f_{Rsi} je teplotní faktor.

Difúze vodní páry v návrh. podmínkách a bilance vodní páry podle ČSN 730540: (bez vlivu zabudované vlhkosti a sluneční radiace)

Průběh teplot a částečných tlaků vodní páry v návrhových okrajových podmínkách:

rozhraní:	i	1-2	2-3	3-4	4-5	e
theta [C]:	20.2	20.1	19.3	19.1	-16.6	-16.7
p [Pa]:	1367	1367	1364	154	146	116
p,sat [Pa]:	2359	2352	2234	2212	142	141

Poznámka: theta je teplota na rozhraní vrstev, p je předpokládaný částečný tlak vodní páry na rozhraní vrstev a p,sat je částečný tlak nasycené vodní páry na rozhraní vrstev.

Při venkovní návrhové teplotě dochází v konstrukci ke kondenzaci vodní páry.

Kond.zóna **Hranice kondenzační zóny** **Kondenzující množství**

číslo	levá	[m]	pravá	vodní páry [kg/(m2s)]
1	0.3090		0.3090	2.902E-0011

Roční bilance zkondenzované a vypařené vodní páry:

Množství zkondenzované vodní páry za rok $M_{c,a}$: **0.0000 kg/(m2.rok)**

Množství vypařitelné vodní páry za rok $M_{ev,a}$: **0.0557 kg/(m2.rok)**

Ke kondenzaci dochází při venkovní teplotě nižší než $-15.0\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Bilance zkondenzované a vypařené vodní páry podle EN ISO 13788:

Roční cyklus č. 1

V konstrukci nedochází během modelového roku ke kondenzaci vodní páry.

Poznámka: Hodnocení difúze vodní páry bylo provedeno pro předpoklad 1D šíření vodní páry převažující skladbou konstrukce. Pro konstrukce s výraznými systematickými tepelnými mosty je výsledek výpočtu jen orientační. Přesnější výsledky lze získat s pomocí 2D analýzy.

III. Požadavky na šíření vlhkosti konstrukcí (čl. 6.1 a 6.2 v ČSN 730540-2)

- Požadavky:
1. Kondenzace vodní páry nesmí ohrozit funkci konstrukce.
 2. Roční množství kondenzátu musí být nižší než roční kapacita odparu.
 3. Roční množství kondenzátu $M_{c,a}$ musí být nižší než $0,1\text{ kg/m}^2\text{.rok}$, nebo 3-6% plošné hmotnosti materiálu (nižší z hodnot).

Limit pro max. množství kondenzátu odvozený z min. plošné hmotnosti materiálu v kondenzační zóně činí: $0,063\text{ kg/m}^2\text{,rok}$ (materiál: Dekplan 76).

Dále bude použit limit pro max. množství kondenzátu: $0,063\text{ kg/m}^2\text{,rok}$

Vypočtené hodnoty: V kci dochází při venkovní návrhové teplotě ke kondenzaci.

Roční množství zkondenzované vodní páry $M_{c,a} = 0,0000\text{ kg/m}^2\text{,rok}$

Roční množství odpařitelné vodní páry $M_{ev,a} = 0,0557\text{ kg/m}^2\text{,rok}$

Vyhodnocení 1. požadavku musí provést projektant.

$M_{c,a} < M_{ev,a}$... 2. POŽADAVEK JE SPLNĚN.

$M_{c,a} < M_{c,N}$... 3. POŽADAVEK JE SPLNĚN.

2.4.2.6 Řešení detailů plochých střech

Jeden z nejvýznamnějších problémů u plochých střech bývá zatékání do podstřešních vrstev v kritických místech střechy. Těmto místům je nutné věnovat pozornost.

Doporučeno je řídit se pokyny a předpisy certifikovaných výrobců.

Práce s foliemi (fatrafol) je nutno provádět za vhodných klimatických podmínek, bez deště, sněžení a teplot pod $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$,

Práce na stavbě mohou provádět pouze specializované a k tomu účelu vyškolené firmy.

Pro opracování detailů se používají hydroizolační folie k těmto účelům určené a s dodržáním doporučených přesahů.

Pro vytvoření dokonalé těsnosti střešního povlaku včetně jednotlivých detailů pomáhají doplňkové hydroizolační materiály.

Dle ČSN 73 1901 (2011) Povlaky se na prostupující a navazující konstrukce (např. nadstřešní zdivo, tlumící komory, obruby světlíků, proniky potrubí apod.) převádějí do výšky nejméně 150 mm nad povrch střechy. Výšky povlaku na prostupující nebo navazující konstrukci je třeba přizpůsobit klimatickým podmínkám místa stavby, geometrickému uspořádání detailu a aerodynamice budovy z hlediska možnosti ukládání sněhu ke chráněné konstrukci. [33]

Střešní vtok – zásady řešení

Místa vnitřního odvodnění střech pomocí vtoku musí být nejnižším položeným místem odvodňované střešní plochy (není-li požadavek na retenci). Tato podmínka musí zohledňovat i dotvarování a průhyb nosných střešních konstrukcí a nosné vrstvy.

Napojení tělesa vtoku na vodotěsnicí vrstvu střechy musí být provedeno tak, aby bylo zamezeno hromadění vody v okolí vtoku.

Těleso vtoku musí být uloženo na pevném a rovném podkladu (např. tepelná izolace z XPS) odolném proti promáčknutí.

Těleso vpusti musí být pevně mechanicky přichyceno k podkladu. Způsob přichycení a typ kotvicích prostředků musí odpovídat tělesu vtoku a vrstvy, do které se vtok kotví.

Vzdálenost vpusti od veškerých prostupujících konstrukcí (prostupy, atiky, stěny) musí být taková, aby bylo možné vtok spolehlivě osadit, ukotvit, napojit na hlavní vodotěsnicí vrstvu střechy a dešťové odpadní potrubí. Doporučuje se, aby poloha vpusti byla volena s ohledem na spolehlivou a jednoduchou údržbu (lehce dostupné části střechy) a aby jeho umístění zohlednilo riziková místa hromadění nečistot na střeše (závětrné části střech u nároží atik, u okrajů vysokých stěn s ohledem na převažující směr větru).

Ústí vtoku musí být vhodně chráněno proti zanesení hrubými nečistotami (ochranný košík, krycí mříž, apod.). Toto opatření musí zajistit spolehlivou funkci ochrany vpusti při všech působících vlivech prostředí a provozu (tající sníh, vítr, popř. zatížení od pojezdu vozidel, od chůze pěších...)

Vtok se má v dispozici budovy s ohledem na její provoz navrhovat konstrukčně tak, aby nedocházelo k jeho namrzání. V případech, kde hrozí zamrzání vtoků se doporučuje jejich temperování.

Návrh dešťového odpadního potrubí se řídí ČSN EN 12056-3 a ČSN 75 6760 a závisí na velikosti odvodňované plochy a součiniteli odtoku.

Pro každou odvodňovanou plochu se doporučuje navrhovat nejméně dva vtoky se samostatnými dešťovými odpadními potrubími. Nové ploché střechy a mezistřešní žlaby musí být podle ČSN 75 6760 navrženy s bezpečnostním přepadem. Bezpečnostní přepad se doporučuje i pro rekonstrukce střech. Použití přepadu (zatížení střechy vodou) musí být staticky posouzeno.[12]

Při opravách střechy jsou časté poruchy střešní vpusti při napojení na izolaci. Doporučuje se úplná demontáž a nové provedení vpusti.

Vpust osazená do betonové nosné konstrukce se mechanicky ukotví pomocí kotevních šroubů a volný prostor otvoru mezi vpustí a stropní konstrukcí se vyplní tepelnou izolací nebo montážní polyuretanovou pěnou, která slouží k fixaci vpusti a zároveň jako tepelná izolace.

Před vlastním osazením střešní vpusti do hrdla dešťového odpadního potrubí se musí do kruhové drážky hrdla vložit pryžový těsnící kroužek. Před zasunutím střešní vpusti do dešťového odpadního potrubí se spodní okraj střešní vpusti natře kluzným prostředkem. Vsunutím střešní vpusti přes těsnící kroužek do drážky dešťového odpadního potrubí je zaručena vzájemná těsnost a propojení.

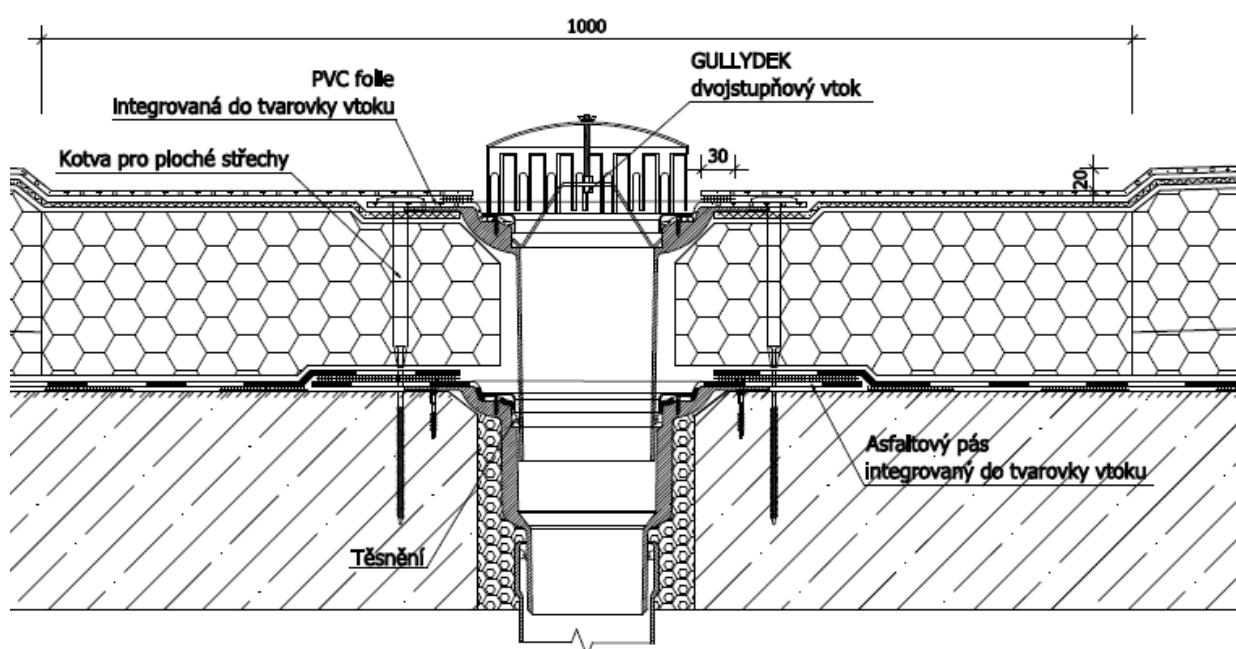
Napojení vpusti na hydroizolační vrstvu se provádí pomocí integrované manžety, nejčastěji z asfaltového pásu nebo mPVC fólie, TPO-FPO fólie, EPDM apod.

Napojení integrované manžety střešní vpusti z mPVC fólie se na hydroizolační vrstvu střechy horkovzdušně navaří tak, aby výsledný spoj byl „po vodě“. Šířka svaru by měla být min. 30 mm, napojení hydroizolace na manžetu je vhodné doplnit pojistnou zálivkovou hmotou.

Pro zajištění spolehlivé funkčnosti výrobků je nutné nejméně 2x ročně kontrolovat a čistit střešní vpust. [28]

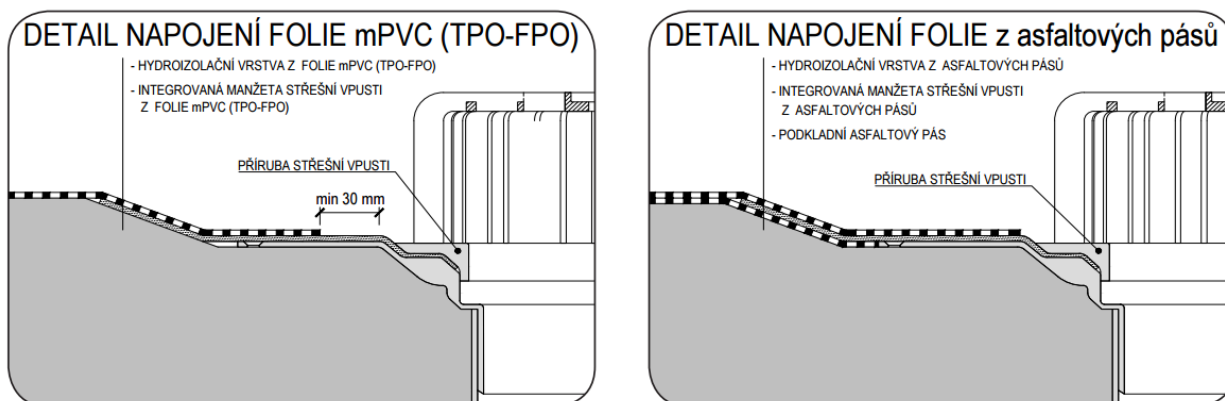
Střešní vpusti s integrovanou manžetou mohou být vybavené samoregulační vyhřívání např. venkovním termostatem s integrovaným teplotním čidlem. Připojení se provádí do elektrické krabice pod stropní konstrukcí. Tato služba je ovšem nadstandardní.

Obrázek 60: Řešení ukončení u vtoku, systém Dekroof



Zdroj: Atelier Dek, Dekpartner, [online]. [cit. 2016-05-05]. Dostupné z: <https://www.dekpartner.cz/technicka-podpora/detaily/dekroof01> [22]

Obrázek 61: Schéma napojení střešní vpusti s integrovanou manžetou na folii a asfaltový pás



Zdroj: Topwet, *Montážní návod pro střešní vpusti TOPWET*, [online]. [cit. 2016-05-05]. Dostupné z: http://www.topwet.cz/Public/Files/Article/1010MN_TW_Stresni_vpusti.pdf .[28]

Prostupy

Pro opracování prostupů, které nemají integrovanou manžetu se používají hydroizolační folie k těmto účelům určené. Tyto folie pak nejsou vhodné pro celoplošné aplikace (použití při foliových systémech).

Dodržovat doporučené přesahy napojení výrobce.

Prostupy prochází většinou celým souvrstvím střešního pláště a je nutné vodotěsně napojit veškeré vodotěsnící vrstvy (hydroizolace, parozábrana, pojistná hydroizolace).

Odvětrání kanalizace lze osadit do předem připraveného nebo dodatečně provedeného otvoru v podkladní konstrukci nebo tepelné izolaci.

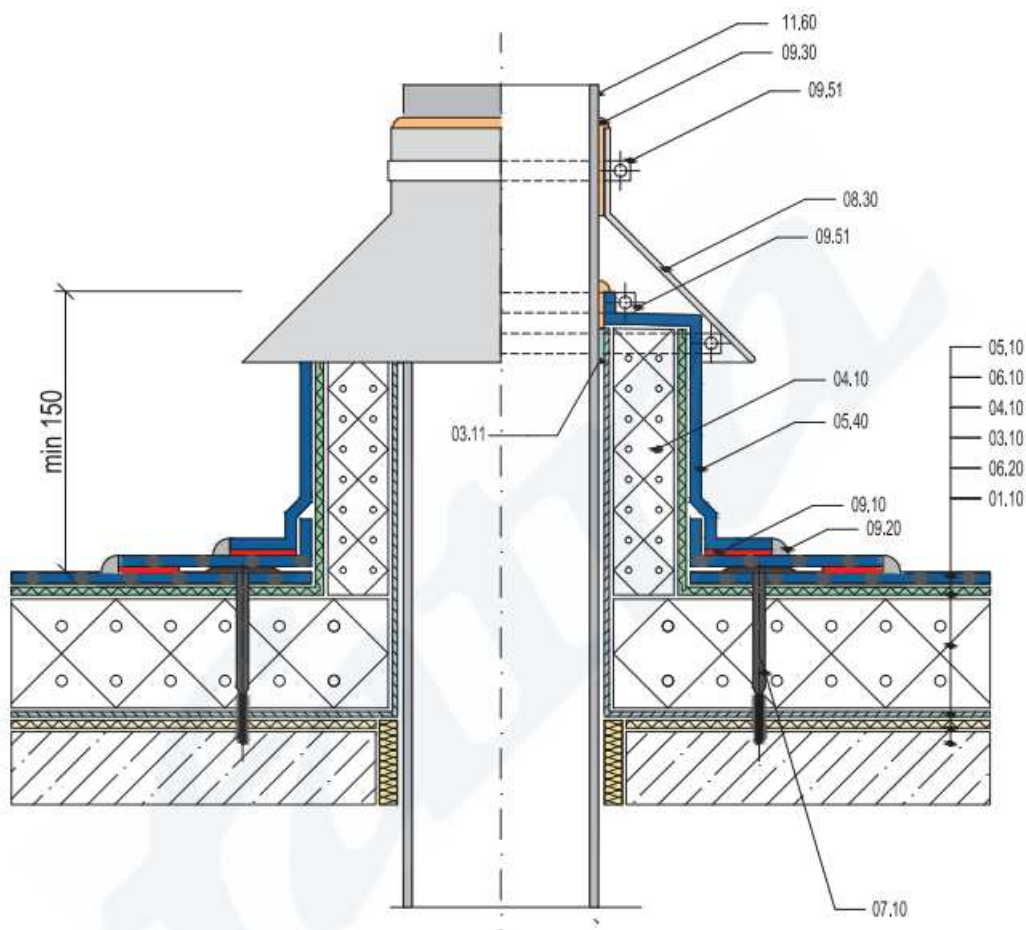
Střešní odvětrávací komínky a prostupy kabelů se neumísťují v místech s koncentrovaným tokem vody po střeše (úžlabí, blízko u vtoků).

Před zasunutím odvětrání kanalizace do odvětrávacího potrubí se spodní okraj odvětrání kanalizace natře kluzným prostředkem. Vsunutím odvětrávacího potrubí přes těsnicí kroužek odvětrávacího potrubí je zaručena vzájemná těsnost a propojení.

Odvětrání kanalizace osazené do betonové nosné konstrukce se mechanicky ukotví pomocí kotevních šroubů a volný prostor otvoru mezi odvětráním kanalizace a stropní konstrukcí se vyplní tepelnou izolací nebo montážní polyuretanovou pěnou, která slouží k fixaci odvětrání kanalizace a zároveň jako tepelná izolace.

Napojení odvětrání kanalizace na hydroizolační vrstvu se provádí pomocí integrované manžety, nejčastěji z asfaltového pásu nebo mPVC fólie. [29]

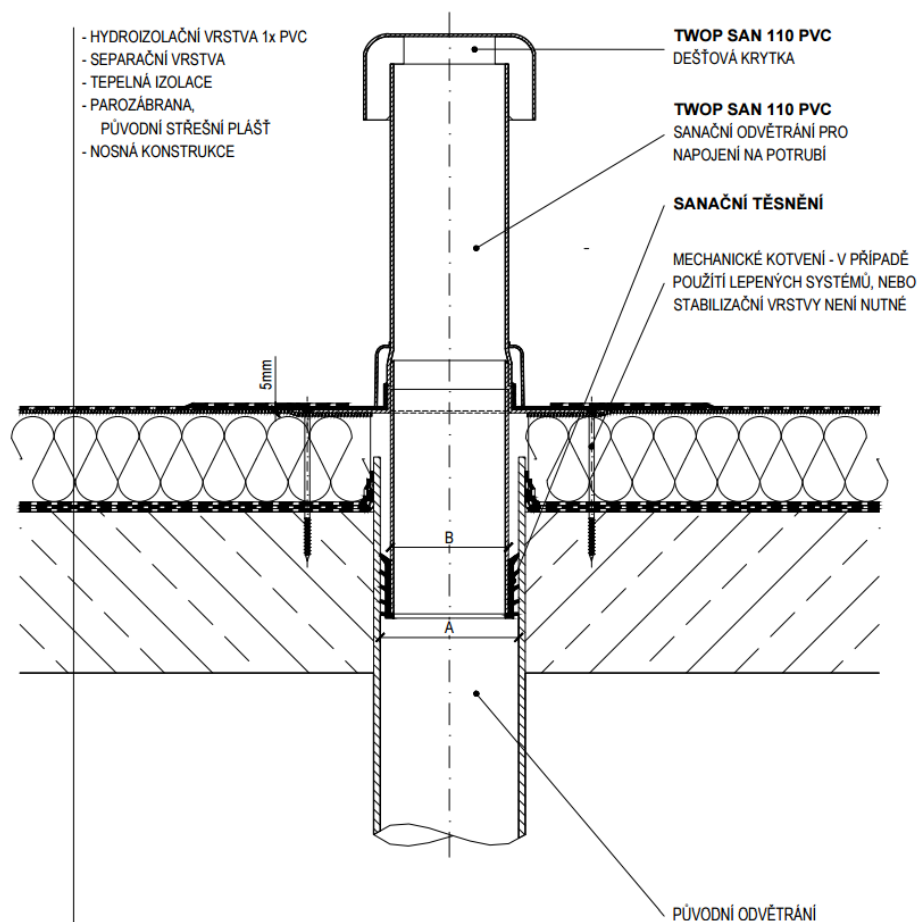
Obrázek 62: Opracování potrubí se zateplením, systém Fatrafol



3.11-oboustranná bytulkaučuková páska, 05.40-fatrafol pro detaily, 07.10-kotevní prvek, 08.30-klempířský prvek z CU, TIZN,FEZN, 9.10-horkovzdušný svar, 9.20- pojistná zálivka, 9.30-PU tmel, 9.51-ocelová stahovací páska, 11.60-prostupující potrubí

Zdroj: Fatrafol,2012., *Konstrukční a technologický předpis pro aplikaci hydroizolačních fólií FATRAFOL ve střešních pláštích budov*, [online]. [cit. 2016-05-05]. Dostupné z: <http://www.fatrafol.cz/wp-content/uploads/2016/02/ktp-fatrafol-s-2012-cz-pro-tisk-vcetne-detailu.pdf>[25]

Obrázek 63: Detail osazení sanačního odvětrání potrubí



Zdroj: Topwet, *Montážní návod pro střešní vpusti TOPWET*, [online]. [cit. 2016-05-05]. Dostupné z: <http://www.topwet.cz/Public/Files/Link/866-skladby.pdf> [29]

Nízká atika (do 500 mm) - zásady řešení

Vodotěsnicí vrstva je vytažena až k vnější hraně koruny atiky.

Okraje střešní plochy, z nichž nemá stékat voda mimo střechu, musí být převýšeny nad přilehlou střešní plochu minimálně o 50 mm. Takové převýšení se zajistí atikou, použitím profilu nebo plechovou lištou potřebné výšky.

Koruna je při opracování asfaltovými pásy oplechována vždy, u fólie je oplechována nebo kryta fólií ukončenou na liště z poplastovaného plechu.

Koruna atiky musí být v celé své šířce řešena tak, aby tvořila pevný a rovný podklad pro hydroizolační povlak a oplechování.

Povrch koruny atiky je ve sklonu min. 3° do plochy střechy.

Okraj ležaté krycí plochy oplechování nebo lišta z poplastovaného plechu přesahuje min. 30 mm přes hotový povrch svislé plochy na fasádní straně.

Spoje oplechování se volí v souladu s ČSN 73 3610 podle způsobu připevnění.

Parozábrana je vyvedena na atiku nejméně do úrovně horního povrchu tepelné izolace.

Je-li parozábrana pojistnou vodotěsnicí vrstvou, je vyvedena na atiku nejméně do výšky 80 mm.

Každý povlak, který bude ve střeše plnit funkci provizorní vodotěsnicí vrstvy (parozábrana, nakaširovaný svařitelný pás na tepelněizolačních deskách, první pás hlavní vodotěsnicí vrstvy) je vyveden a těsně napojen na atiku do výšky minimálně 80 mm nad úroveň provizorní vodotěsnicí vrstvy. Bude-li tvořit provizorní vodotěsnicí vrstvu přes zimu, je výška vytažení minimálně 150 mm.

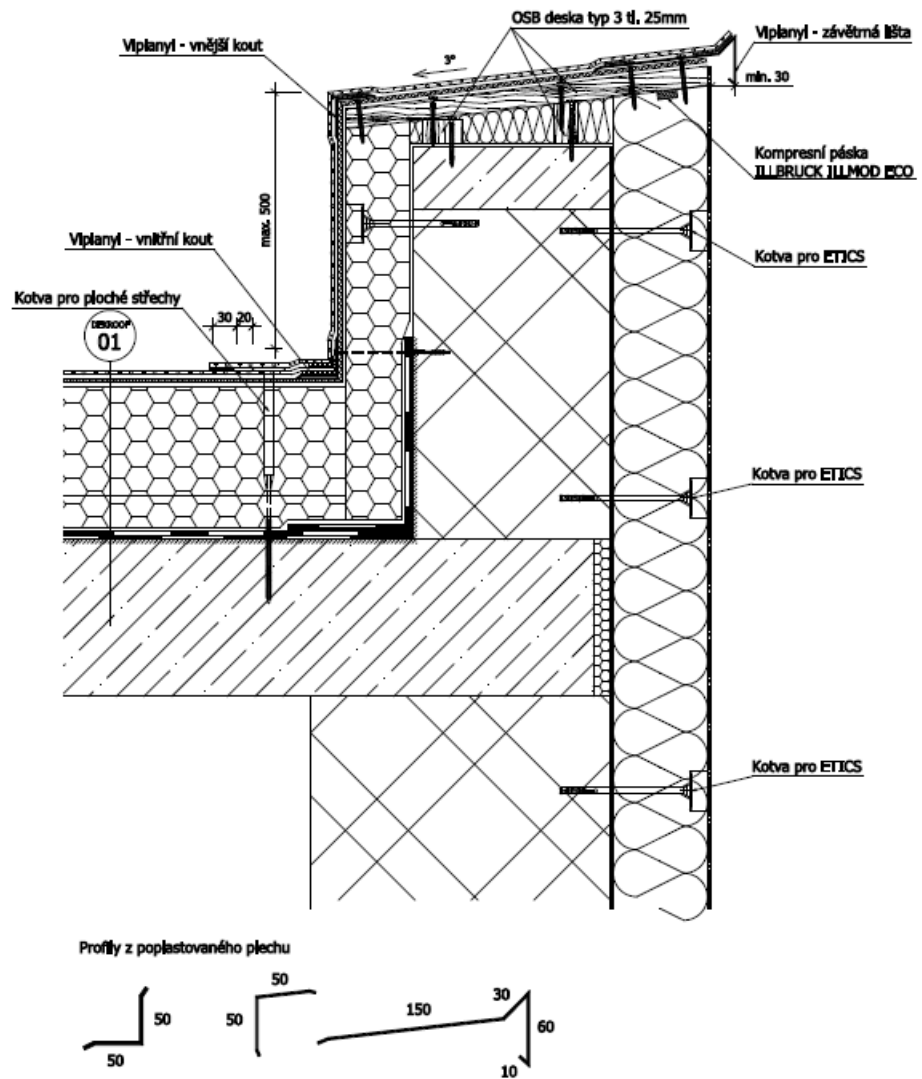
Přechod hlavní vodotěsnicí vrstvy z plochy střechy na svislou část atiky je v případě folií bez náběhu, tvar se zajistí pomocí koutové lišty z poplastovaného plechu. V případě asfaltových pásů je přechod s náběhem, který je tvořen klínem (obvykle z tepelné izolace z minerálních vláken) vloženým pod pásy hlavní vodotěsnicí vrstvy.

Fólie z plochy se zvedne na atiku do výšky min. 50 mm a přitlačí se koutovou lištou kotvenou do atiky. Pak se napojuje na ploše střechy svislá vodotěsnicí vrstva. Druhou možností je napojení fólie z plochy střechy na předem připevněnou koutovou lištu a pak se rovněž napojí svislá vodotěsnicí vrstva. Je-li na atice tepelná izolace, přikotví se fólie výše uvedeným způsobem ke konstrukci atiky, pak se připevní tepelná izolace a nakonec svislá fólie.

S ohledem na skladbu střechy a konstrukční řešení atiky se koutová lišta kotví tak, aby byla zabezpečena její polohová stabilita. V běžných případech střech s tepelnou izolací pod foliovou vodotěsnicí vrstvou se koutová lišta kotví do svislé části atiky. Pokud skladba střechy dovoluje spolehlivé přikotvení koutové lišty, je možné ji kotvit do ní.

Na svislé ploše atiky výšky max. 500 mm není nutné hlavní vodotěsnicí vrstvu z fólie kotvit k podkladu; hlavní hydroizolaci z asfaltových pásů je nutné k podkladu plnoplošně navařit. V případě atik větších výšek se hlavní vodotěsnicí vrstva z fólie i asfaltových pásů provádí podle detailu ukončení hlavní vodotěsnicí vrstvy na stěně. Pokud je fólie vytažena až na korunu atiky, musí být provedena tak, aby ve vertikálním směru byla spolehlivě přichycena k podkladu (pomocí kotvených lišt z poplastovaného plechu, nebo pomocí kotev) každých max. 500 mm. Asfaltové pásy je nutné k podkladu plnoplošně navařit. [12]

Obrázek 64: Detail napojení hydroizolační folie na atiku



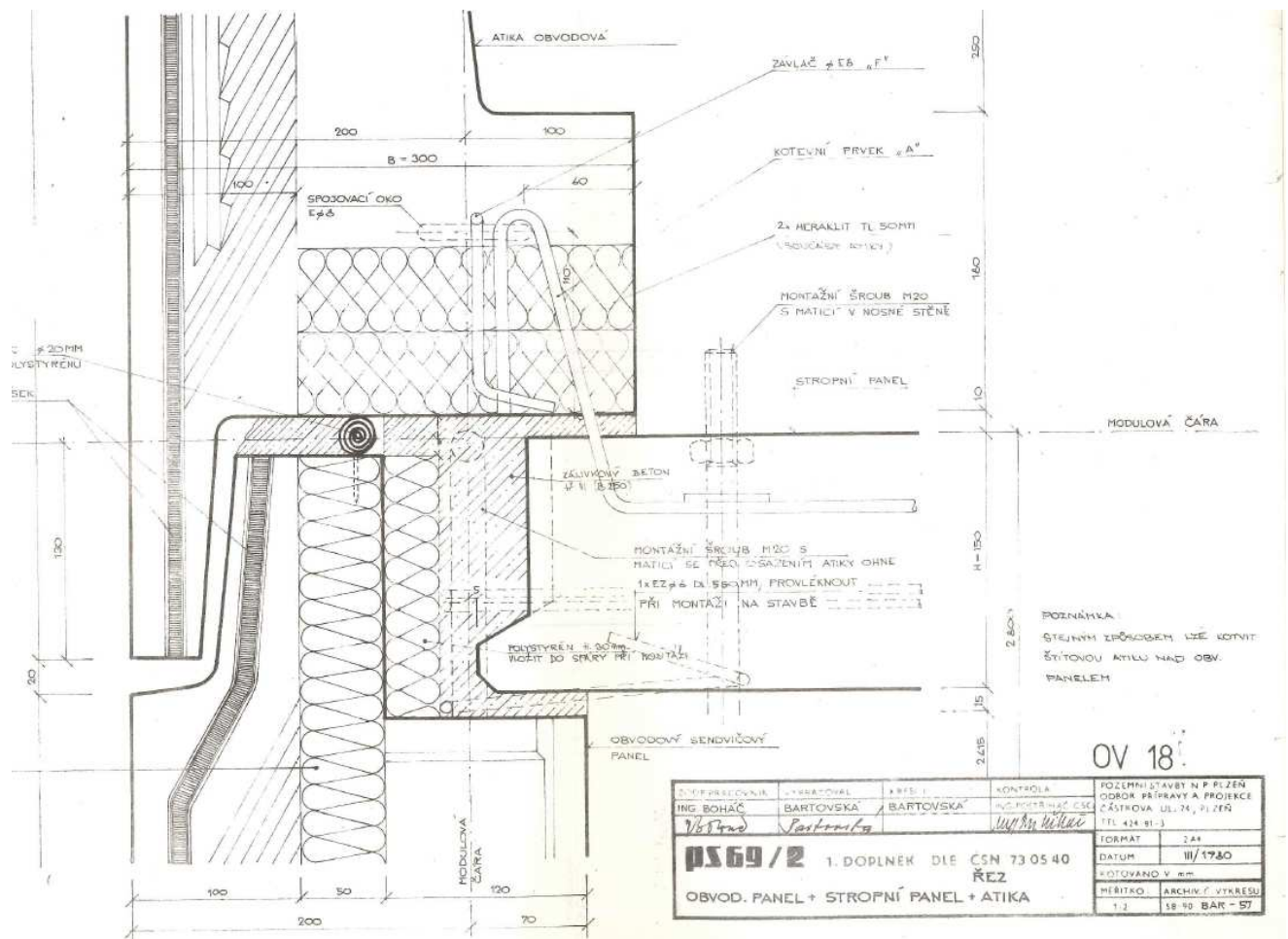
Zdroj: Atelier Dek, Dekpartner, [online]. [cit. 2016-05-05]. Dostupné z: <https://www.dekpartner.cz/technicka-podpora/details/dekroof01>[22]

2.5 Posouzení západočeské varianty PS 69/2

Střecha původní západočeské varianty byla zateplena minerální plstí o tl. 120 mm. Při posouzení původní skladby stavební konstrukce z hlediska šíření tepla a vodní páry, výsledek nesplnil požadavek na součinitel prostupu tepla (čl. 5.2 v ČSN 730540- 2) Požadavek: $U_N = 0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$. Vypočtená hodnota: $U = 0,408 \text{ W/m}^2\text{K}$. Tepelný odpor konstrukce $R : 2.253 \text{ m}^2\text{K/W}$. Požadavek nebyl splněn.

Požadavky na šíření vlhkosti konstrukcí (čl. 6.1 a 6.2 v ČSN 730540-2). Požadavky jsou splněny.

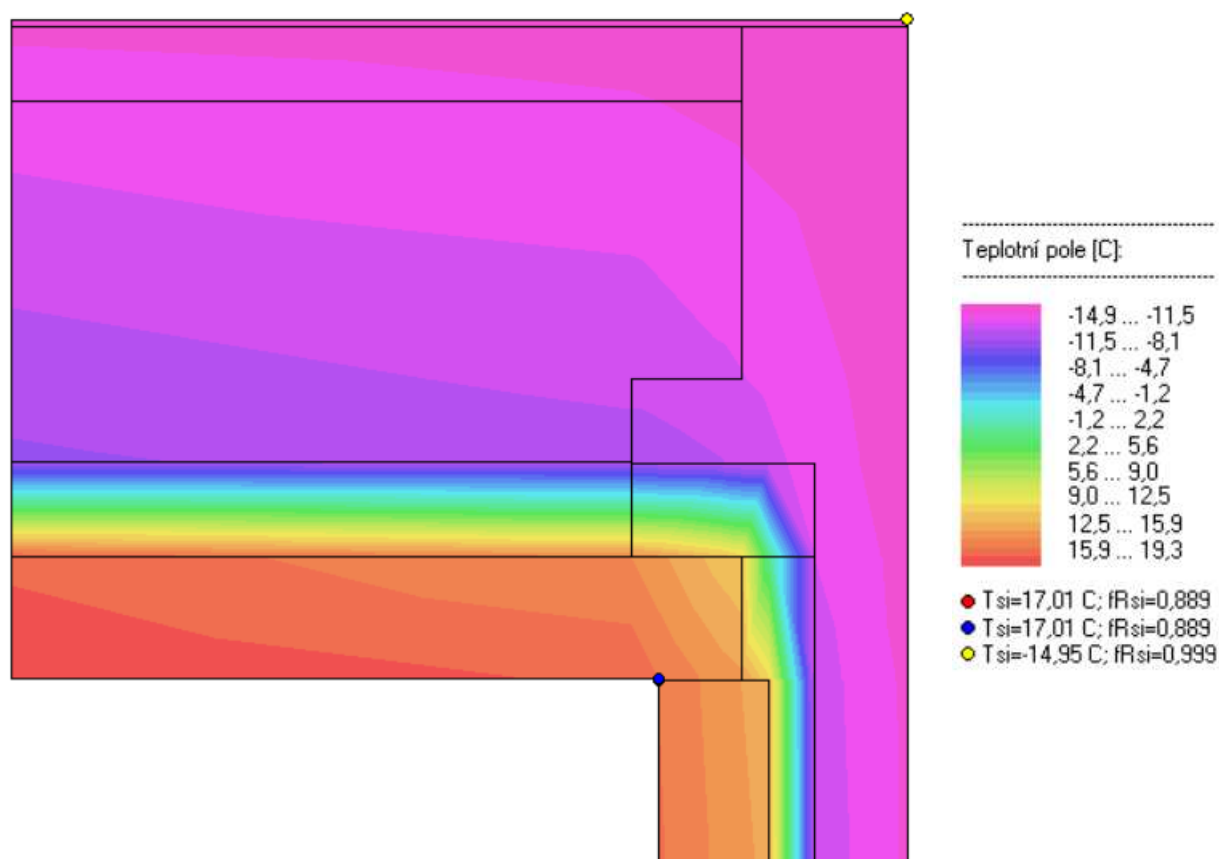
Obrázek 65: Napojení atiky na obvodový panel PS 69/2 1. Doplněk z roku 1982



Zdroj: POSTŘIHAČ A, BOHÁČ S, a kol. 1982, Katalog styků a spojů obvodového pláště. Pozemní stavby n.p., Plzeň, odbor předvýrobní přípravy a projekce[14]

Pro srovnání byla vypracována analýza detailu atiky, provedení napojení obvodového panelu na atikový panel. Jedná se o detail západočeské varianty z katalogu styků a spojů z roku 1982 po revizi tepelně technické normy. Oproti původní jihočeské variantě detail vyhověl na požadavek teplotního faktoru dle (čl. 5.1 v ČSN 730540-2).

Obrázek 66: Detail nezateplené atiky PS 69/2 západočeská varianta, AREA 2015 - průběh teplotního pole 2D.



Zdroj: Vlastní

Vyhodnocení výsledků a porovnání s požadavky 730540-2 (2011) včetně změny Z1 (2012)

Prostředí pro vyhodnocenou vnitřní povrchovou teplotu: teplota 21,0 C, Rel.vlhkost 50%

I. Požadavek na teplotní faktor (čl. 5.1 v ČSN 730540-2)

Požadavek: $f_{Rsi,N} = f_{Rsi,cr} = 0,749$

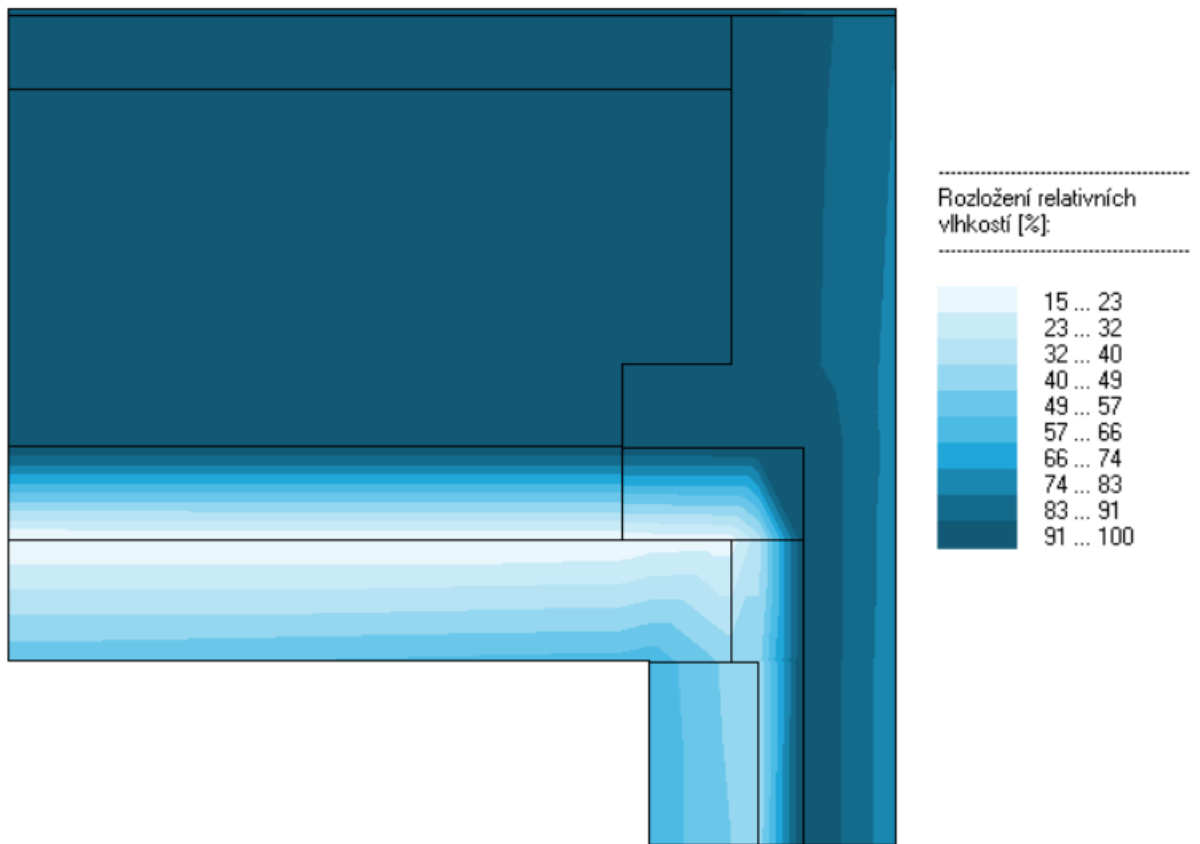
Požadavek platí pro posouzení neprůsvitné konstrukce.

Vypočtená hodnota: $f_{Rsi} = 0,889$

Kritický teplotní faktor $f_{Rsi,cr}$ byl stanoven pro maximální přípustnou vlhkost na vnitřním povrchu 80% (kritérium vyloučení vzniku plísní).

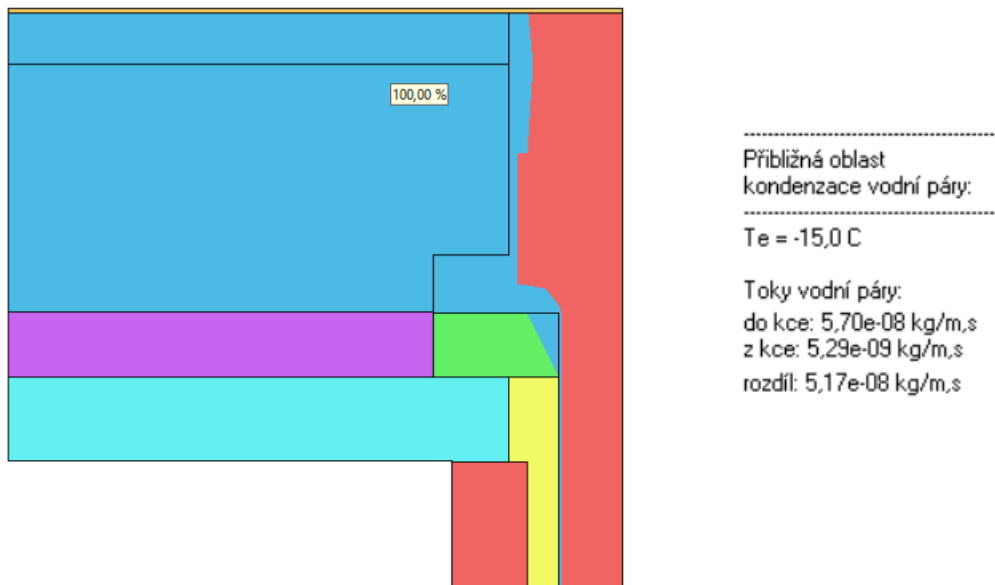
$f_{Rsi} > f_{Rsi,N}$... POŽADAVEK JE SPLNĚN.

Obrázek 67: Detail nezateplené atiky PS 69/2 západočeská varianta, AREA 2015 – relativní vlhkost



Zdroj: Vlastní

Obrázek 68: Detail zateplené atiky PS 69/2 západočeská varianta, AREA 2015 – oblast kondenzace



Zdroj: Vlastní

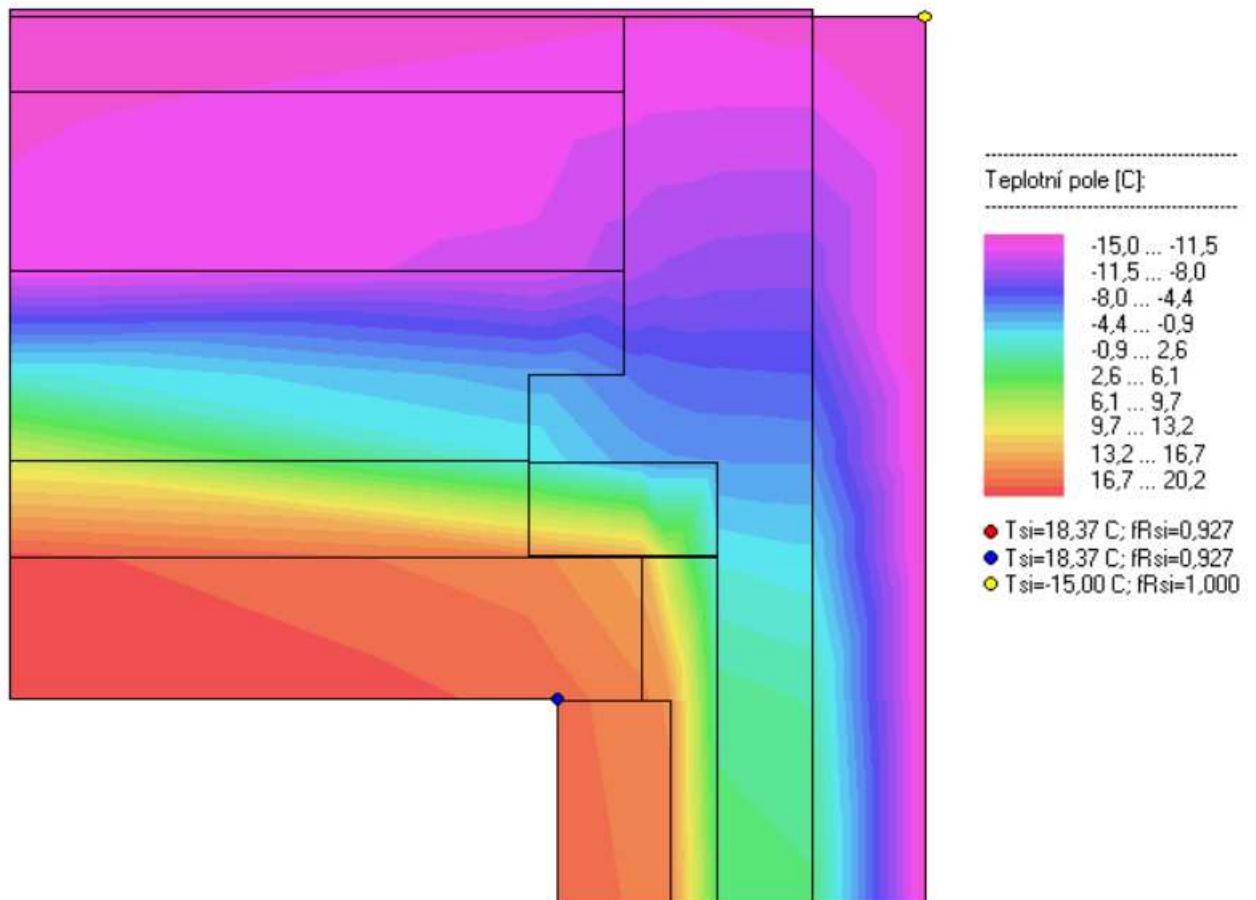
Při návrhu revitalizace se uvažuje dodatečného zateplení střechy foukanou izolací na bázi minerálních vláken např. Climastone S o tl. 200 mm ($\lambda = 0,041\text{W}/(\text{m.K})$) a obvodového pláště tepelnou izolací např. Isover EPS 100 F o tl. 120 mm. ($\lambda = 0,037\text{W}/(\text{m.K})$)

Při posouzení skladby stavební konstrukce z hlediska šíření tepla a vodní páry, výsledek splnil požadavek na součinitel prostupu tepla (čl. 5.2 v ČSN 730540- 2) Požadavek: $U_N = 0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$. Vypočtená hodnota: $U = 0,136 \text{ W/m}^2\text{K}$. Tepelný odpor konstrukce $R : 7,132 \text{ m}^2\text{K/W}$. Požadavek je splněn.

Požadavky na šíření vlhkosti konstrukcí (čl. 6.1 a 6.2 v ČSN 730540-2). Požadavky jsou splněny.

Pro tento návrh dodatečného zateplení byla provedena analýza v programu AREA 2015. Výsledek splnil požadavky 730540-2.

Obrázek 69: Detail zateplené atiky PS 69/2 západočeská varianta, AREA 2015 - průběh teplotního pole 2D.



Zdroj: Vlastní

Vyhodnocení výsledků a porovnání s požadavky 730540-2 (2011) včetně změny Z1 (2012)

Prostředí pro vyhodnocenou vnitřní povrchovou teplotu: teplota 21,0 C, Rel.vlhkost 50%

I. Požadavek na teplotní faktor (čl. 5.1 v ČSN 730540-2)

Požadavek: $f_{Rsi,N} = f_{Rsi,cr} = 0,749$

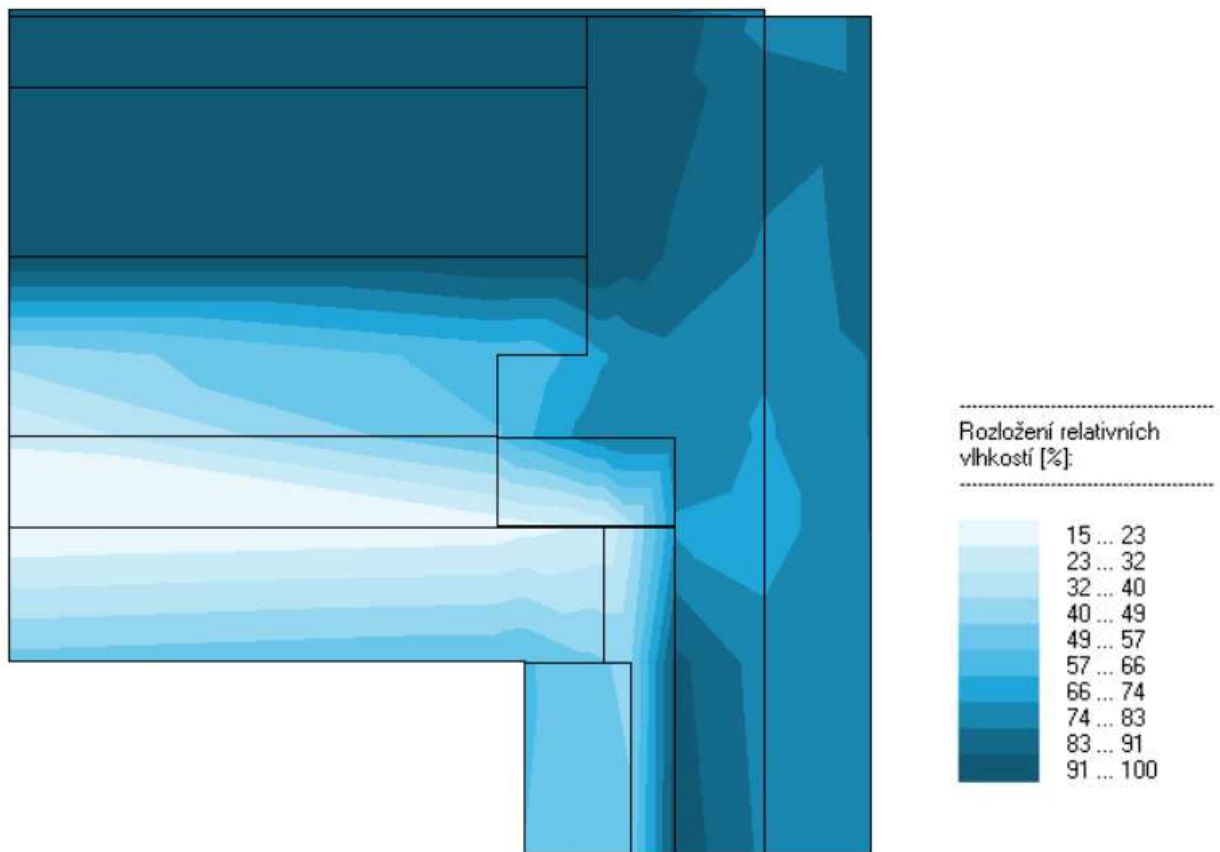
Požadavek platí pro posouzení neprůsvitné konstrukce.

Vypočtená hodnota: $f_{Rsi} = 0,927$

Kritický teplotní faktor $f_{Rsi,cr}$ byl stanoven pro maximální přípustnou vlhkost na vnitřním povrchu 80% (kritérium vyloučení vzniku plísní).

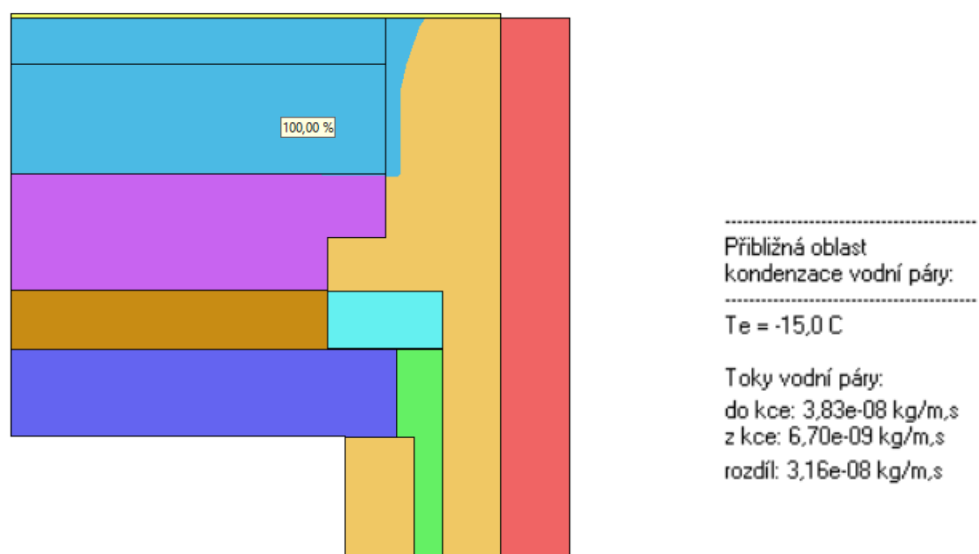
$f_{Rsi} > f_{Rsi,N}$... POŽADAVEK JE SPLNĚN.

Obrázek 71: Detail zateplené atiky PS 69/2 západočeská varianta, AREA 2015 – relativní vlhkost



Zdroj: Vlastní

Obrázek 72: Detail zateplené atiky PS 69/2 západočeská varianta, AREA 2015 – oblast kondenzace



Zdroj: Vlastní

3 Diskuse výsledků

Úvodní část byla věnována shrnutí konstrukčního řešení panelové soustavy PS 69, základní charakteristice jednotlivých konstrukčních prvků a zároveň porovnání odlišností západočeské a jihočeské varianty doplněné vlastní fotodokumentací. Podrobněji jsem se zaměřila na střešní konstrukce těchto objektů. Shrnula jsem vývoj plochých střech aplikovaných na panelových domech. Upozornila jsem na základní požadavky a zásady, které jsou kladeny při návrhu ploché střechy. Zaměřila jsem se na vývoj termoizolačních požadavků a vymezila jsem důležité termíny užívané v tepelně technických výpočtech.

Provedla jsem tepelně technické posouzení původní skladby PS 69/Jč-Ia z hlediska šíření tepla a vodní páry. Výsledek výpočtu posuzované konstrukce nesplňuje požadovanou hodnotu součinitele prostupu tepla dle normy ČSN 73 05 40-2(2011).

Požadavek: $U, N = 0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$

Varianta 1. $U = 0,573 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$

Varianta 2. $U = 0,532 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$

$U > U, N \dots$ **POŽADAVEK NENÍ SPLNĚN.**

(Výpočet proveden v programu TEPLO 2015)

Kondenzace vodní páry se nepotvrdila. Skladba byla počítána jako dvouplášťová (po provětrávanou vzduchovou dutinu). Do skladby nebyly uvažovány tepelné mosty.

Byla provedena analýza detailu nezateplené atiky v programu AREA 2015. Model nevyhověl na požadavek teplotního faktoru (čl. 5.1 v ČSN 730540-2)

$f, R_{si} > f, R_{si, N} \dots$ **POŽADAVEK NENÍ SPLNĚN.**

Lze říci, že nelze vyloučit riziko vzniku plísní.

Obrázky relativní vlhkosti a oblasti kondenzace detailu jsou pouze orientační.

Na základě provedených výpočtů je doporučeno navrhnout dodatečné zateplení.

V další části jsem se podrobně zabývala možnými přístupy zateplení plochých dvouplášťových střech, které byly aplikovány pro soustavu PS 69 jihočeské varianty. Věnovala jsem se zatepleným a opraveným střechám a provedla tepelně technické posouzení.

Pro diagnostiku revitalizovaných střešních plášťů jsem použila metodu diagnostiky staveb termokamerou. Zapůjčení přístroje bylo od Západočeské univerzity v Plzni a provedla jsem vlastní měření na skupině objektů zejména v Jihočeském a také v Západočeském kraji. Provedla jsem zápisy měření zpracované do technických zpráv vždy pro dané měření.

První varianta bylo dodatečné zateplení vnitřního pláště pomocí foukané izolace Climatizer Plus bez demontáže vnějšího pláště. Tato varianta byla použita v Českých Budějovicích.

Při použití tloušťky foukané izolace 200 mm byla vypočtená hodnota: $U = 0,145 \text{ W/m}^2\text{K}$, která splňuje požadované i doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla dle normy ČSN 73 05 40-2(2011). Vzduchová dutina mezi vnitřním a vnějším pláštěm však nemá rovnoměrnou tloušťku a nelze tady uvažovat rovnoměrné zateplení. Při posouzení tl. 100 mm skladba splní požadovanou hodnotu ($U_N = 0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$). Pokud v některých částech zejména v nejnižších oblastech střešního pláště nebude možné provést izolaci v tl. 90 mm konstrukce nevyhoví požadovaným hodnotám.

Při analýze detailu atiky zateplení foukanou izolací model vyhověl na požadavek teplotního faktoru (čl. 5.1 v ČSN 730540-2). Obrázky relativní vlhkosti a oblasti kondenzace detailu jsou pouze orientační

Termosnímky ukazovaly vyšší povrchové teploty v problémových místech střechy jako je mezistřešní žlab, atika, prostupy a vpust.

Výrobce foukané izolace Climatizer Plus uvádí, že výrobek je odolný proti ohni, plísním i drobným hlodavcům. Jedná se o ekologicky šetrný výrobek. Tento materiál je na bázi přírodního impregnovaného celulozového vlákna a má schopnost vyrovnávat vlhkost a akumulovat teplo.

Tuto variantu je vhodné použít, pokud je tloušťka vzduchové dutiny dostatečná. Do vnějšího pláště je nutné vyvrtávat otvory pro aplikaci foukané izolace, tyto otvory se osadí odvětrávacími komínky. Jsou to další prostupy, které narušují celistvost hydroizolační vrstvy. Při foukání izolace do podstřešních prostor nelze zaručit rovnoměrné pokrytí izolace a dostatečně kontrolovat pokrytí celého prostoru. V místech spádových klínů není žádná izolace. Řešení zateplení atiky je velmi problematické. Pokud je vhodně navržen odvětrávací systém, nehrozí kondenzace vodní páry v podstřešních vrstvách. Otázkou je, zdali je materiál odolný proti vlhkosti, jak udává výrobce. Tato varianta je finančně náročnější a nelze ji provést bez tepelných mostů.

Druhá varianta je dodatečné zateplení vnějšího pláště, kdy se tepelně izolační desky pokládají na stávající krytinu a uzavřou se větrací kanálky. Je to nejčastější řešení při opravách střech. Tato varianta zateplení byla použita v Milevsku, Strakonících i Českých Budějovicích.

Ve výpočtu tepelně technického posouzení dané skladby je použita tepelná izolace EPS 100 S o tl. 180 mm a započítává se i původní tepelná izolace. Uzavřená vzduchová mezera se uvažuje průměrná tl. 150 mm. Konstrukce v tomto případě splňuje požadované i doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla dle normy ČSN 73 05 40-2(2011).

Vyhovělo i zateplení EPS 100 S o tl. 160 mm.

Pokud v konstrukci klesne tl. tepelné izolace pod 140 mm skladba už nevyhoví požadavku.

Ve výpočtu se prokázala kondenzace vodní páry. Ve skladbě vznikly dvě kondenzované zóny pod starou a novou hydroizolací. Roční množství zkondenzované vodní páry musí být menší než roční množství odpařitelné vodní páry. Roční množství kondenzátu M_c , a musí být nižší než 0,1 kg/m².rok. V tomto případě byl požadavek splněn.

Při analýze detailu atiky zateplení foukanou izolací, model vyhověl na požadavek teplotního faktoru (čl. 5.1 v ČSN 730540-2).

Termogramy ukázaly rovnoměrné zateplení střešního pláště. V případě návaznosti střešního pláště na zateplenou atiku byl rozdíl teplot menší než v případě první varianty. Vyšší teplota se ukazuje kolem strojovny, kdy v řadě případů není už zateplená a není napojení na svislou tepelnou izolaci. V oblasti střešního vtoku, kde je požadavek na nejnižší místo střechy, nebylo možné provést dokonalé zateplení.

Tato varianta se ukázala jako celkem bezproblémová a velmi často aplikovaná.

Při revitalizaci těchto objektů se provádí úsporných opatření, ke snížení energetické náročnosti a snížení tepla na vytápění. Dochází k zateplení obvodového pláště v návaznosti na zateplení střešního pláště. Je vhodné nepřerušovat zateplení v atice a tím vzniknutí dalšího tepelného mostu.

Problém této varianty je možná kondenzace vodní páry ve střešním souvrství. Pro případný únik kondenzovaných par se navrhuje expanzní trubičky v dutinách střešního pláště.

Doporučení pro modul 3,6 m - 1x expanzní trubička
modul 4,8 m - 2x expanzní trubičky

Vzhledem k tomu, že tepelná izolace je až na vnějším plášti, zvětšuje se plocha vytápěného prostoru.

Dále jsou případy, kdy po zateplení vnějšího pláště je vzduchová dutina stále větraná otvory v atikách. Při tomto řešení efektivita výrazně klesá.

Třetí možnou variantou je zateplení vnitřního pláště po odstranění vnějšího pláště. Tento způsob je ovšem velmi náročný. Doporučuje se, pokud je vnější plášť dřevěný, napadený hnilobou, kde se nepředpokládá opětovná nová montáž, která by byla nákladná. Další použití v případě narušení atikových dílců, spádových klínů, poruchy vnějšího pláště nebo statické narušení stropní konstrukce.

Navržená a posouzená klasická skladba vyhověla výpočtu tepelně technického posouzení.

Dále byly zdůrazněny zásady při provádění i návrhu detailů v problémových částech střechy.

Pro zajímavost byl vyhotoven modelový případ pro západočeskou variantu původního detailu z roku 1982 a návrh dodatečného zateplení v programu Area 2015. Při srovnání modelu původní jihočeské a západočeské varianty byl rozdíl v minimální povrchové teplotě v interiéru 5,35 °C. Byl proveden návrh zateplení obvodového pláště a střechy a výsledek splnil požadavky 730540-2.

Krajské varianty panelové soustavy PS 69 mají určité odlišnosti a záleží i na roku výstavby.

Závěr

Dvouplášťové střechy dobře eliminují difuzní odpor vrstev, které jsou problematické při návrhu jednoplášťových střech, kde vznikají kondenzované zóny pod vodotěsnicí vrstvou. Je potom nutné správně navrhnout parotěsnicí vrstvu. U dvouplášťové střechy je vlhkost odváděna větranou vzduchovou mezerou.

V praxi se ukazuje, že problém není v difúzi a kondenzaci vodní páry, ale příčinou zvýšené vlhkosti ve střešním plášti je prakticky vždy lokální nebo plošné zatékání.

Správné tepelně technické posouzení dvouplášťové střechy je vždy obtížné. Je nutná znalost problematiky stavební fyziky a tepelně vlhkostních jevů. Výpočetní programy hodnotí časově stálé jevy a skutečnost se může lišit od teoretických výpočtů.

Použití dvouplášťové střechy mělo velký význam v době masivní panelové výstavby. V této době nebyly dostupné kvalitní materiály (tepelné izolace, hydroizolace, parotěsnicí folie) a do vrstev se používaly materiály s velkým obsahem vlhkosti. Vnější plášť z panelů ukládaných na spádových klínech, vyloučil mokřý proces a zrychlil výstavbu.

Po roce 1990 se na našem území začíná používat obrovské množství nových stavebních materiálů a technologií. Důležitý je odborný návrh ploché střechy včetně řešení všech rozhodujících detailů, spojený s použitím kvalitních materiálů. Dále je nutné zaměřit se na technologii provedení a pravidelnou údržbu, které jsou základním předpokladem dlouhé životnosti ploché střechy, plně srovnatelné s jinými konstrukcemi stavebního díla.

Při revitalizaci panelových objektů, byly provedeny úpravy jako je zateplení střechy, zateplení obvodového pláště, zateplení stropu technického podlaží, výměna oken a vstupních dveří. Nájemníci jsou s provedenými úpravami spokojeni a oceňují snížení cen za energie a tepelnou pohodu v bytech.

Snažila jsem se o hlubší studium problematiky dodatečného zateplení plochých střech panelových objektů PS 69 jihočeské a západočeské varianty. Řešení dodatečného zateplení se může provádět různými způsoby. V práci jsem se podrobně zabývala třemi možnými variantami návrhu. Výpočty byly provedeny v programu Stavební fyzika Svoboda software 2015 (TEPLO, AREA).

Moje práce obsahuje řadu obrázků, schémat a fotografií, převážně z vlastních zdrojů pro lepší seznámení čtenáře s danou problematikou.

Provedla jsem vlastní měření termokamerou a zpracovala výsledky. Měřením jsem se snažila najít nejproblematictější oblasti se zvýšeným vedením tepla na panelových objektech stavební soustavy PS 69 jihočeské a západočeské varianty.

Tato práce pro mě byla velmi zajímavá a poučná. Měla jsem možnost nahlédnout do archivních dokumentací. Prohloubila jsem si znalosti ze stavební fyziky a měla zajímavou příležitost vyzkoušet si práci s termovizní kamerou.

Seznam zdrojů

- [1] ČERNÝ, R. *Revitalizace panelového domu Milevsko*, 2011. Archivní dokumentace
- [2] ČERVENKA, Leoš. *Obvodové konstrukce panelových budov: poruchy staveb*. 1. vyd. Praha: Grada, Stavitel. 2008. ISBN 978-80-247-1762-3.
- [3] FLIR. *Využití termografie v oblasti stavebnictví a obnovitelných zdrojů energie*. FLIR Systems AB. 2012.
- [4] FLIR. *Getting started FLIR T9xx series*. Flir systems, 2014
- [5] HAAS, Felix. *Architektura 20. století*. Vyd. 2. Praha: Státní pedagogické nakl., 1978
- [6] Kasík F. *Revitalizace panelového domu Milevsko*, 2011. archivní dokumentace
- [7] Kolektiv autorů. *Komplexní regenerace nosné konstrukce panelových domů v soustavě PS 69 (PS 69/2)* Praha, 2000. Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR.,
- [8] Kolektiv autorů. *Sanace obvodových plášťů panelových bytových domů*. Praha, SČMBD ne spolupráci s ČKAJT v nakladatelství ŠEL. 2001. ISBN 80-86426-04-1
- [9] KULHÁNEK, František. *Stavební fyzika II: stavební tepelná technika*. 5., přeprac. vyd. V Praze: České vysoké učení technické, 2011. ISBN 978-80-01-04957-0.
- [10] KUTNAR Z. *Příklad termoizolačních požadavků kladených na obálku budov v průběhu 20. Století*, 2002. poznámky
- [11] KUTNAR, Z. *Ploché střechy*. Praha, Kutnar-izolace staveb expertní a znalecká kancelář. 2001. Monografie
- [12] KUTNAR, Z., 2014. *KUTNAR – Ploché střechy Skladby a detaily – červen 2014 konstrukční, technické a materiálové řešení*. DEKTRADE a.s., 2014
- [13] Maveizol, *Komplektní rekonstrukce ploché střechy*. 2014. *Cenový návrh*.
- [14] POSTŘIHAČ A, BOHÁČ S, a kol. *Katalog styků a spojů obvodového pláště*. Pozemní stavby n.p., Plzeň, 1982, odbor předvýrobní přípravy a projekce

- [15] POSTŘIHAČ A, LEDERBUCH V, BOHÁČ S, *Typové styky a spoje PS 69*, Pozemní stavby n.p., Plzeň, 1973, Vývojové pracoviště
- [16] POZEMNÍ STAVBY o.p. *Změna- vyspárování střešní roviny na spád 5,3 %*, 1988. Archivní dokumentace
- [17] STAVOPROJEKT, *Architektonicko stavební projekt*, 1983. Archivní dokumentace
- [18] STAVOPROJEKT, *Architektonicko stavební projekt*, 1988. Archivní dokumentace
- [19] SVOBODA, Z. *Stavební tepelná technika*, Area. 2015. Svoboda software
- [20] ŠUBRT, Roman, *Tepelné mosty: pro nízkoenergetické a pasivní domy : 85 prověřených a spočítaných stavebních detailů*. Praha: Grada, 2011. Stavitel. ISBN 978-80-247-7564-7
- [21] VOTAVOVÁ S. *Energetický audit*. EkoProjekt, 2011. Milevsko

Internetové zdroje

- [22] ATELIER Dek, Dekpartner, [online]. [cit. 2016-05-05]. Dostupné z:
<https://www.dekpartner.cz/technicka-podpora/detaily/dekroof01>
- [23] CIUS a.s. systémy pro úsporu energií [online]. *Manuál dodatečného zateplování budov - 2 plášt'ové střechy PD* [cit. 2016-03-29]. Dostupné z:
<http://www.climatizer.cz/soubor/zobrazit/manual-dodatecneho-zateplovani-budov-2-plastove-strechy-pd>
- [24] ČESKO. Vyhláška č.268/2009 Sb. O technických požadavcích. Ministerstvo pro místní rozvoj. [Online] 2009. [cit. 2016-03-02]. Dostupné z:
<http://www.mmr.cz/getmedia/2bf72909-e837-4dc8-9488-599950e8f9f6/Vyhlaska-MMR-268-2009>
- [25] FATRAFOL,2012., *Konstrukční a technologický předpis pro aplikaci hydroizolačních fólií FATRAFOL ve střešních pláštích budov* , [online]. [cit. 2016-05-05]. Dostupné z:
<http://www.fatrafol.cz/wp-content/uploads/2016/02/ktp-fatrafol-s-2012-cz-pro-tisk-vcetne-detailu.pdf>

- [26] PANOVEC V, 2010. Zateplování dvouplášťových střech panelových bytových domů. [Online] 2009. [Citace: 5. 5. 2016.] Dostupné z:
http://imaterialy.dumabyt.cz/rubriky/technologie/zateplovani-dvouplastovych-strech-panelovych-bytovych-domu_101393.html
- [27] ŠUBRT. R., 2006. *Požadavky norem na tepelné izolace* [online]. [cit. 2016-03-08]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/3015-pozadavky-norem-na-tepelne-izolace>
- [28] TOPWET. *Montážní návod pro střešní vpusti TOPWET*. [Online] 2016. [Citace: 5.5. 2016.] Dostupné z:
http://www.topwet.cz/Public/Files/Article/1010MN_TW_Stresni_vpusti.pdf
- [29] TOPWET. *Montážní návod pro odvětrání kanalizace TOPWET*. [Online] 2016. [Citace: 5.5. 2016.] Dostupné z:
http://www.topwet.cz/Public/Files/Article/1300MN_TWOP_Odvetrani_kanalizace.pdf
- [30] TR instruments spol. s.r.o. [online]. [cit. 2016-02-18]. Dostupné z:
<http://www.trinstruments.cz/t620#&panel1-1>

NORMY

- [31] ČSN 73 0540-2. 2011. *Česká technická norma: Tepelná ochrana budov - požadavky*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví,
- [32] ČSN 73 1901. 1999. *Česká technická norma: Navrhování střech – Základní ustanovení*, Praha, Český normalizační institut
- [33] ČSN 73 1901. 2011. *Česká technická norma: Navrhování střech – Základní ustanovení*, Praha, Český normalizační institut
- [34] ČSN 73 3610 Změna 1. 1997. *Klempířské práce stavební*. Praha, Český normalizační institut

Seznam obrázků

Obrázek 1: Panelová soustava PS 69, Plzeň Bolevec - západočeská varianta	7
Obrázek 2: Stavební soustava PS 69 v Písku - jihočeská varianta	8
Obrázek 3: Zapuštěné a polozapuštěné lodžie PS 69, Plzeň Bolevec - západočeská varianta	10
Obrázek 4: Předsazená lodžie– jihočeská varianta, Písek.....	10
Obrázek 5: Zavěšený balkon– jihočeská varianta, Písek	10
Obrázek 6: Varianta stavební soustavy PS 69 – sekce Šumava – západočeská varianta, se sedlovou střechou Železná Ruda	11
Obrázek 7: Skladba dvouplášťové ploché větrané střechy používané v panelové výstavbě v 70. a 80. letech.....	20
Obrázek 8: Skladba dvouplášťové ploché větrané střechy používané v panelové výstavbě v 70. a 80. letech.....	21
Obrázek 9: Příklad oplechování a lemování zdiva a nadezdívky na ploché střeše a) připevnění pomocí příponky b) úprava pomocí asfaltových pásů.....	24
Obrázek 10. Termokamera FLIR T620	31
Obrázek 11. Skladba původní ploché střechy PS 69/Jč – Ia.....	32
Obrázek 12: Rozvržení tlaků	34
Obrázek 13:Rozvržení relativních vlhkostí	34
Obrázek 14:Rozvržení teplot	35
Obrázek 15: Povrchové teploty a teplotní faktor	35
Obrázek 16: Okrajové podmínky.....	36
Obrázek 17: Detail atiky z dokumentace z roku 1988.....	38
Obrázek 18: Detail nezateplené atiky PS 69, Area 2015 – pole teplot 2D.....	39
Obrázek 19: Detail nezateplené atiky PS 69, Area 2015 – relativní vlhkosti.....	40
Obrázek 20: Detail nezateplené atiky PS 69, Area 2015 – oblast kondenzace.....	40
Obrázek 21: Zateplení střešního pláště foukanou izolací Climatizer Plus v Českých Bud.....	41
Obrázek 22: Princip zateplení foukanou izolací Climatizer Plus.	42
Obrázek 23: Schéma odvětrávání dvouplášťových plochých střech při aplikaci foukaného izolačního materiálu Climatizer Plus.....	43
Obrázek 24: Termogram ploché střechy na panelovém domě v Českých Budějovicích. Celkový pohled na střechu.	44
Obrázek 25: Termogram ploché střechy na panelovém domě v Českých Budějovicích. Detail žlabu a vpusti.	44
Obrázek 26: Termogram ploché střechy na panelovém domě v Českých Budějovicích. Detail navazujících atik.	45
Obrázek 27: Termogram ploché střechy na panelovém domě v Českých Budějovicích. Ukázka prostupu plochou střechou vzduchotechnickým zařízením.....	45
Obrázek 28: Rozložení tlaků.....	48
Obrázek 29: Rozložení rel. vlhkostí	48
Obrázek 30: Rozvržení teplot	49
Obrázek 31: Povrchové teploty a teplotní faktor	49
Obrázek 32: Okrajové podmínky.....	50

Obrázek 33: Detail zateplené atiky foukanou izolací PS 69, Area 2015 – teplotní pole 2D.....	53
Obrázek 34: Detail zateplené atiky foukanou izolací PS 69, Area 2015 – relativní vlhkosti.....	54
Obrázek 35: Detail zateplené atiky foukanou izolací PS 69, Area 2015 – oblast kondenzace ...	54
Obrázek 36: Plochá střecha panelového domu PS69/2, zateplení vnějšího pláště tepelnou izolací v Českých Budějovicích	55
Obrázek 37: Příklad detailu atiky, zateplení vnějšího pláště.....	56
Obrázek 38: Termogram ploché střechy na panelovém domě v Milevsku. Pohled na atiku.	57
Obrázek 39: Termogram ploché střechy na panelovém domě v Milevsku. Celkový pohled na střechu.....	57
Obrázek 40: Termogram ploché střechy na panelovém domě ve Strakonici. Roh atiky.....	58
Obrázek 41: Termogram ploché střechy na panelovém domě ve Strakonici. Roh strojovny... 58	
Obrázek 42: Termogram ploché střechy na panelovém domě ve Strakonici. Roh strojovny a vpust'	59
Obrázek 43: Termogram ploché střechy na panelovém domě ve Strakonici. Celkový pohled na střechu.....	59
Obrázek 44: Zateplená nízká atika v Českých Budějovicích	60
Obrázek 45: Termogram zateplené nízké atiky v Českých Budějovicích.....	60
Obrázek 46: Termogram zateplené střechy v Českých Budějovicích. Horní část úžlabí.....	61
Obrázek 47: Termogram prostupu vzduchotechniky nízké atiky v Českých Budějovicích.....	61
Obrázek 48: Termogram ploché střechy na panelovém domě v Českých Budějovicích. Vpust' .	62
Obrázek 49: Rozvržení tlaků	65
Obrázek 50: Rozvržení rel. vlhkostí	66
Obrázek 52. Akumulovaná vlhkost	67
Obrázek 54: Povrchové teploty a teplotní faktor	68
Obrázek 55: Okrajové podmínky.....	68
Obrázek 56: Detail zateplené atiky PS 69	71
Obrázek 57: Detail zateplené atiky PS 69 AREA 2015 - průběh teplotního pole 2D.	72
Obrázek 58: Detail zateplené atiky PS 69 AREA 2015 – relativní vlhkost	73
Obrázek 59: Detail zateplené atiky PS 69 AREA 2015 – oblast kondenzace	73
Obrázek 60: Řešení ukončení u vtoku, systém Dekroof.....	79
Obrázek 61: Schéma napojení střešní vpusti s integrovanou manžetou na folii a asfaltový pás. 80	
Obrázek 63: Detail osazení sanačního odvětrání potrubí	82
Obrázek 64: Detail napojení hydroizolační folie na atiku	84
Obrázek 65: Napojení atiky na obvodový panel PS 69/2 1. Doplněk z roku 1982	85
Obrázek 66: Detail nezateplené atiky PS 69/2 západočeská varianta, AREA 2015 - průběh teplotního pole 2D.	86
Obrázek 67: Detail nezateplené atiky PS 69/2 západočeská varianta, AREA 2015 – relativní vlhkost.....	87
Obrázek 68: Detail zateplené atiky PS 69/2 západočeská varianta, AREA 2015 – oblast kondenzace.....	87
Obrázek 69: Detail zateplené atiky PS 69/2 západočeská varianta, AREA 2015 - průběh teplotního pole 2D.	89
Obrázek 71: Detail zateplené atiky PS 69/2 západočeská varianta, AREA 2015 – relativní vlhkost.....	90

Obrázek 72: Detail zateplené atiky PS 69/2 západočeská varianta, AREA 2015 – oblast
kondenzace..... 90

Seznam tabulek

Tabulka 1: Tepelně technické vlastnosti obvodových konstrukcí.....	15
Tabulka 2 : Vývoj požadavků na tepelný odpor pro ploché střechy 1965 – 2002.....	22
Tabulka 3 : Vývoj požadavků na tloušťku tepelné izolace 1965-2002.....	22
Tabulka 4 : Přehled požadavků na ploché střechy z pohledu tepelných ztrát 1979 – 2005.....	23
Tabulka 5: Zápis měření.....	31

Seznam příloh

Příloha 1:

Technická zpráva z měření termovizní kamerou Milevsko, měření ploché střechy a obvodového pláště

Příloha 2:

Technická zpráva z měření termovizní kamerou Písek, měření obvodových pláštů.

Příloha 3:

Technická zpráva z měření termovizní kamerou Strakonice, měření ploché střechy a obvodového pláště

Příloha 4:

Technická zpráva z měření termovizní kamerou České Budějovice, měření plochých střech

Příloha 5:

Technická zpráva z měření termovizní kamerou Plzeň, měření obvodových pláštů

Zadavatel:

Západočeská univerzita v Plzni
Univerzitní 8,
306 14 Plzeň,
Česká republika

Místo měření:

Milevsko, Písecké předměstí 1346, okres Písek, Jihočeský kraj

Měření provedla:

Bc. Jana Hořejší

Datum měření:

29. 1. 2016

Úvod:

Termokamera je nástroj pro mapování energetických ztrát budov. Kamera zaznamenává snímky s rozložením teplot. Měření identifikuje místa energetických ztrát bez použití jakýchkoliv destruktivních metod testování. Termokamera je spolehlivý nástroj pro bezdotykové měření teploty na povrchu měřených objektů.

Tato technologie dokáže identifikovat problémy včas tak, aby mohly být zdokumentovány a opraveny dříve, než se stanou závažnějšími a nákladnějšími na opravu.

Kontrola staveb za použití termokamery je rychlým a účinným způsobem monitorování jejich stavu.

Technická data termokamery:

Měření bylo provedeno přístrojem Termokamera FLIR model T620.

Kalibrační certifikát - seriové číslo: 55906046, místo: FLIR Systems AB Sweden, datum: 11. června 2014

Rozlišení IR detektoru je 640 x 480 bodů, 30 Hz. Zorný úhel objektivu 25° x 19°, zaostření od 0,25 m. Teplotní citlivost < 0,04 °C. Automatické nebo manuální zaostření obrazu. Rozsahy měřených teplot -40 °C až +650 °C. Přesnost ±2 °C nebo ±2 %. Nastavitelná emisivita 0,01 až 1,00 - použito 0,95.

Podmínky měření:

Měření jsem prováděla 29. 1. 2016 v 5 hodin ráno v Milevsku, Písecké předměstí 1346 v Jihočeském kraji. Venkovní teplota se pohybovala okolo 2 °C. Mrholení a postupně slabí déšť.

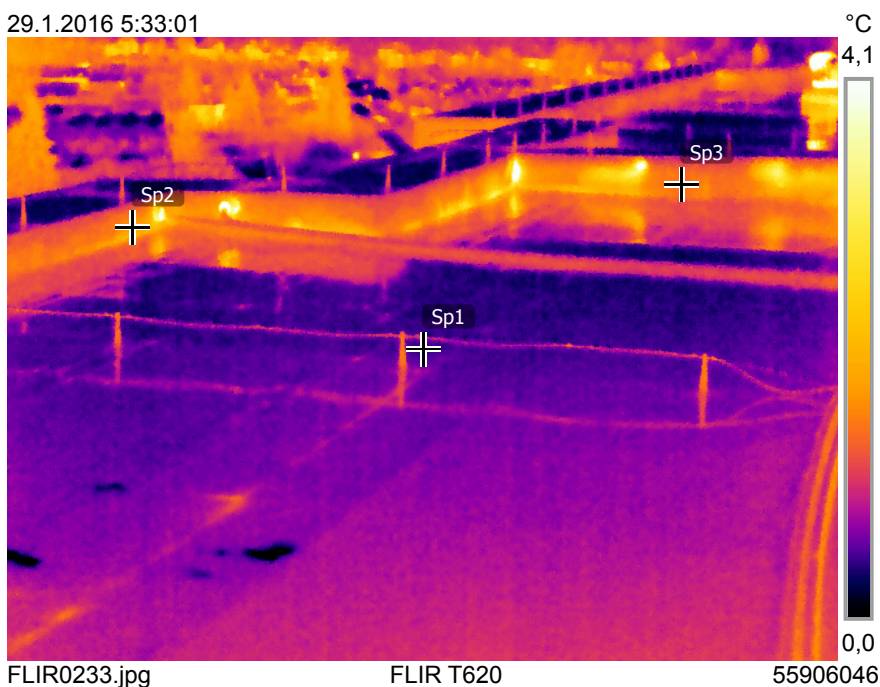
Popis domu:

Jedná se o bytový dům, postavený panelovou technologií - konstrukční systém PS 69/2 Jč- Ia v roce 1987 dvojsekce. V roce 2011 došlo k zateplení tepelnou izolací obvodového pláště EPS tl. 100 mm a střechy tepelnou izolací EPS tl. 180 mm.

Popis termogramů:

Termogram zobrazují rozložení teplot na měřeném objektu. Čím je teplota vyšší, tím jsou místa na objektu světlejší a naopak, čím je místo chladnější, tím je barva tmavší. Stupnice vpravo na termogramu upřesňuje teplotní a barevné rozsahy každého termogramu.

Měření		°C
Sp1	0,5	
Sp2	1,8	
Sp3	1,5	
Parametry		
Emisivita	0.95	
Odr. tepl.	7 °C	
Geolokace		
Kompas	340° S	



Pohled na zateplenou plochou střechu. Světlá místa v rozích a v prostupech atiky.

Měření		°C
Sp1	0,8	
Sp2	1,8	
Sp3	1,4	
Parametry		
Emisivita	0.95	
Odr. tepl.	7 °C	
Geolokace		
Kompas	55° SV	



Detailnější snímek atiky.

Měření °C

Sp1	2,9
Sp2	6,1

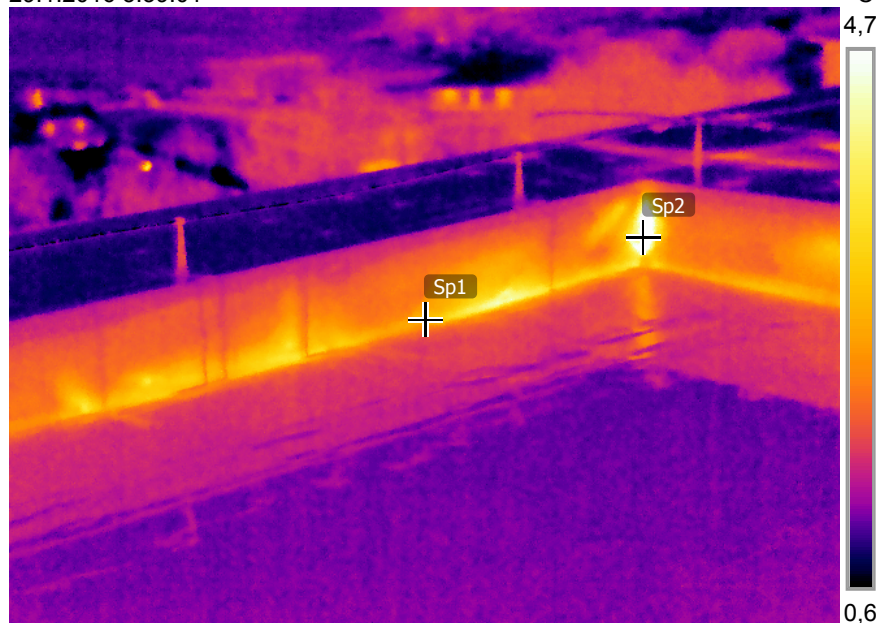
Parametry

Emisivita	0.95
Odr. tepl.	7 °C

Geolokace

Kompas	332° SZ
--------	---------

29.1.2016 5:39:01



FLIR0253.jpg

FLIR T620

55906046

Roh atiky.

Měření °C

Sp1	5,0
Sp2	4,7
Sp3	11,0

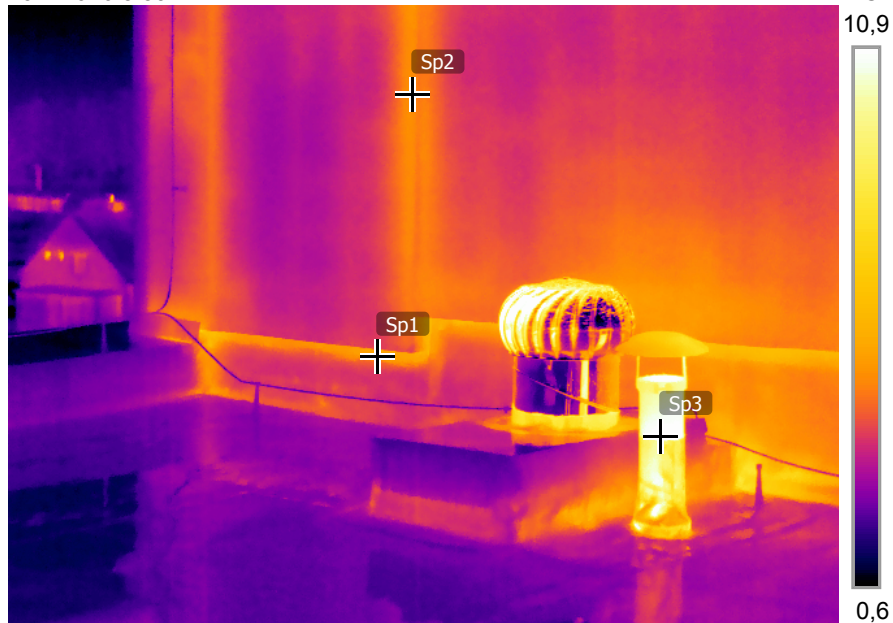
Parametry

Emisivita	0.95
Odr. tepl.	7 °C

Geolokace

Kompas	104° V
--------	--------

29.1.2016 5:39:21



FLIR0254.jpg

FLIR T620

55906046

Pohled na strojovnu a prostupy.

Měření °C

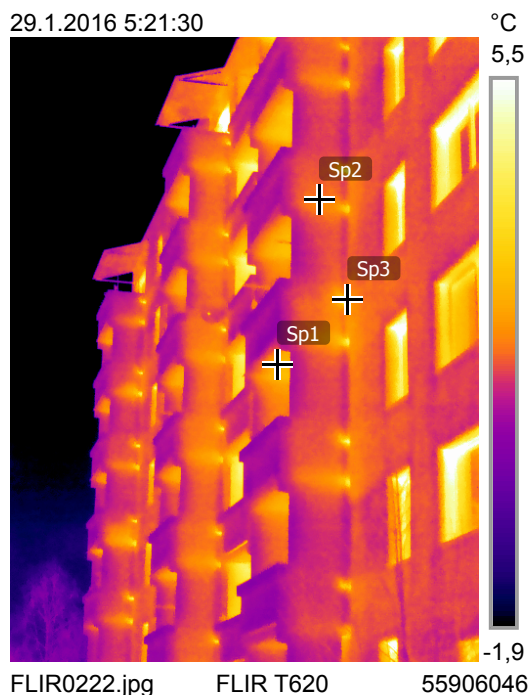
Sp1	2,8
Sp2	2,1
Sp3	4,6

Parametry

Emisivita	0.95
Odr. tepl.	7 °C

Geolokace

Kompas	128° JV
--------	---------



Pohled na zateplený obvodový plášť. Předsazené lodžie kotvené do konstrukce.

Měření °C

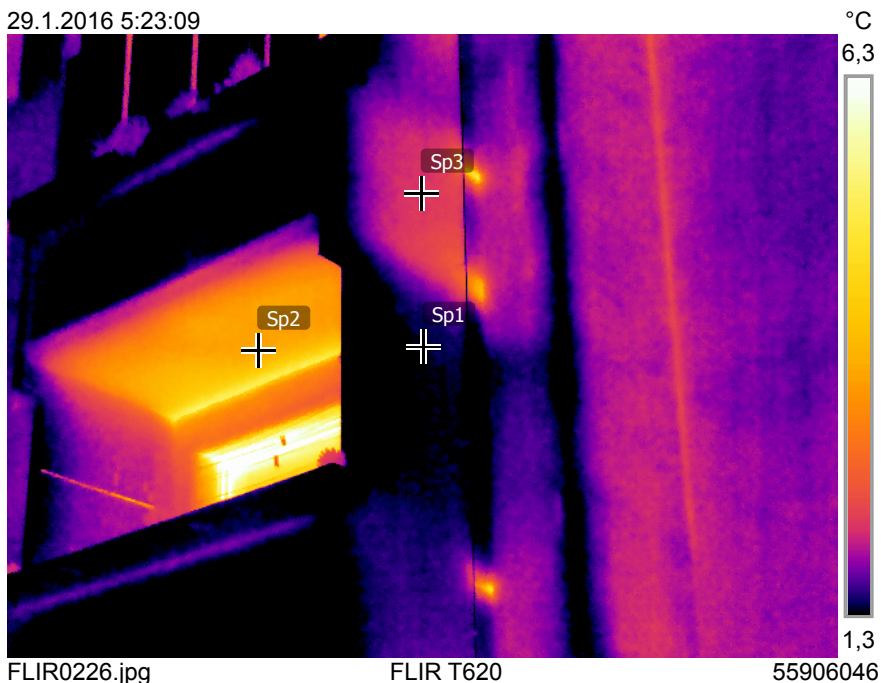
Sp1	1,3
Sp2	3,6
Sp3	2,2

Parametry

Emisivita	0.95
Odr. tepl.	7 °C

Geolokace

Kompas	51° SV
--------	--------



Detailnější snímek předsazené lodžie.

Měření °C

Sp1	1,6
Sp2	4,6
Sp3	1,5

Parametry

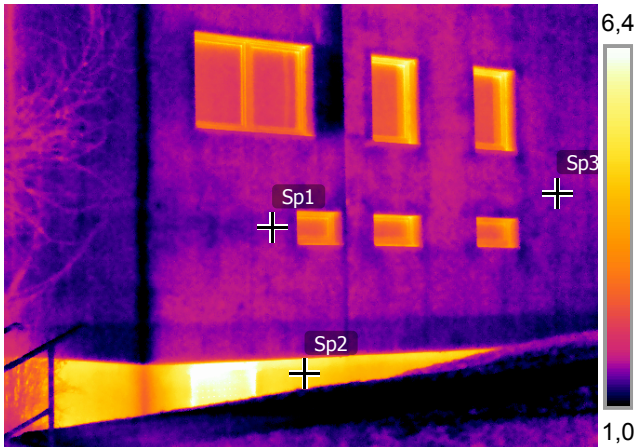
Emisivita	0.95
Odr. tepl.	7 °C

Geolokace

Kompas	37° SV
--------	--------

Pohled na obvodový plášť a soklovou část

29.1.2016 5:20:50



FLIR0221.jpg FLIR T620 55906046

29.1.2016 5:20:50



FLIR0221.jpg FLIR T620 55906046

Měření °C

Sp1	4,5
Sp2	2,3
Sp3	3,7
Sp4	2,3

Parametry

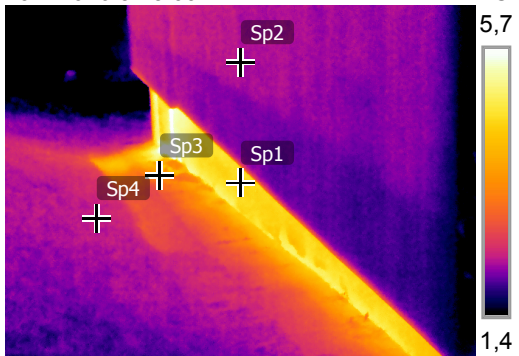
Emisivita	0.95
Odr. tepl.	7 °C

Geolokace

Kompas	274° Z
--------	--------

Pohled na soklovou část.

29.1.2016 5:25:09



FLIR0230.jpg FLIR T620 55906046

29.1.2016 5:25:09



FLIR0230.jpg FLIR T620 55906046

Zadavatel:

Západočeská univerzita v Plzni
Univerzitní 8,
306 14 Plzeň,
Česká republika

Místo měření:

Písek, Pražské předměstí, okres Písek, Jihočeský kraj

Měření provedla:

Bc. Jana Hořejší

Datum měření:

30. 1. 2016

Úvod:

Termokamera je nástroj pro mapování energetických ztrát budov. Kamera zaznamenává snímky s rozložením teplot. Měření identifikuje místa energetických ztrát bez použití jakýchkoliv destruktivních metod testování. Termokamera je spolehlivý nástroj pro bezdotykové měření teploty na povrchu měřených objektů.

Tato technologie dokáže identifikovat problémy včas tak, aby mohly být zdokumentovány a opraveny dříve, než se stanou závažnějšími a nákladnějšími na opravu.

Kontrola staveb za použití termokamery je rychlým a účinným způsobem monitorování jejich stavu.

Technická data termokamery:

Měření bylo provedeno přístrojem Termokamera FLIR model T620.

Kalibrační certifikát - seriové číslo: 55906046, místo: FLIR Systems AB Sweden, datum: 11. června 2014

Rozlišení IR detektoru je 640 x 480 bodů, 30 Hz. Zorný úhel objektivu 25° x 19°, zaostření od 0,25 m. Teplotní citlivost < 0,04 °C. Automatické nebo manuální zaostření obrazu. Rozsahy měřených teplot -40 °C až +650 °C. Přesnost ±2 °C nebo ±2 %. Nastavitelná emisivita 0,01 až 1,00 - použito 0,95.

Podmínky měření:

Měření jsem prováděla 30. 1. 2016 v 6 hodin ráno v Písku, Pražské předměstí v Jihočeském kraji. Venkovní teplota se pohybovala okolo 0 -1 °C. Zataženo.

Popis domů:

Jedná se o sídliště, postavené panelovou technologií - konstrukční systém PS 69. Bodové, řadové a rohové sekce. Domy jsou nezateplené a jsou bez větších stavebních úprav či údržby. Pouze došlo k lokální výměně meziokenních vložek vyzděním z pórobetonových tvárnic.

Popis termogramů:

Termogramy zobrazují rozložení teplot na měřeném objektu. Čím je teplota vyšší, tím jsou místa na objektu světlejší a naopak, čím je místo chladnější, tím je barva tmavší. Stupnice vpravo na termogramu upřesňuje teplotní a barevné rozsahy každého termogramu.

Měření °C

Sp1	-1,2
Sp2	-0,4
Sp3	2,4

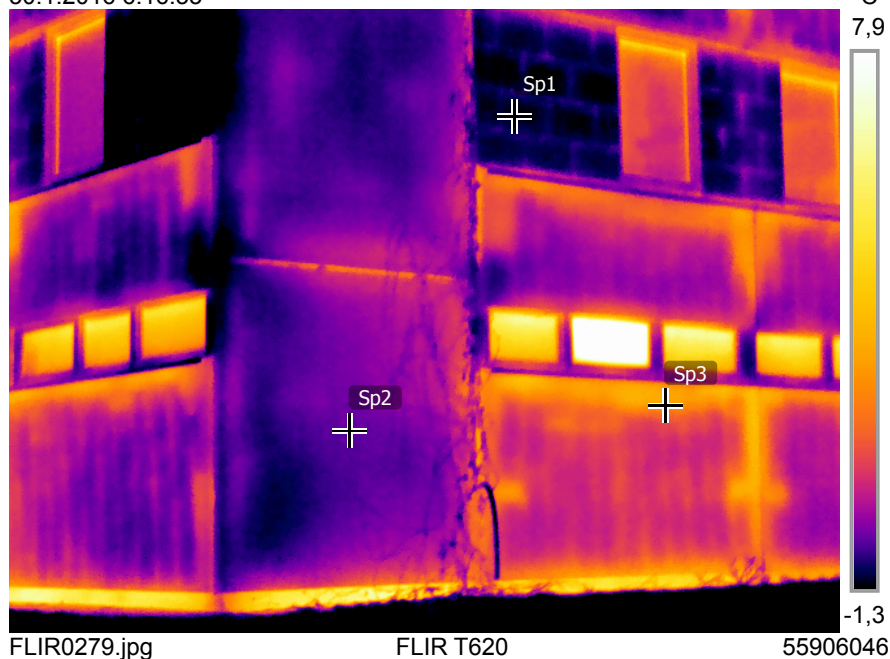
Parametry

Emisivita	0.95
Odr. tepl.	7 °C

Geolokace

Kompas	187° J
--------	--------

30.1.2016 6:16:53



Snímek obvodového pláště. Přízemí - technické podlaží. Meziokenní vyzdívký z porobetonových tvárnic.

Měření °C

Sp1	2,0
Sp2	0,1
Sp3	0,9

Parametry

Emisivita	0.95
Odr. tepl.	7 °C

Geolokace

Kompas	276° Z
--------	--------

30.1.2016 6:19:38



Snímek ukazuje světlá místa ve stycích panelů.

Měření °C

Sp1	0,6
Sp2	0,7
Sp3	0,2

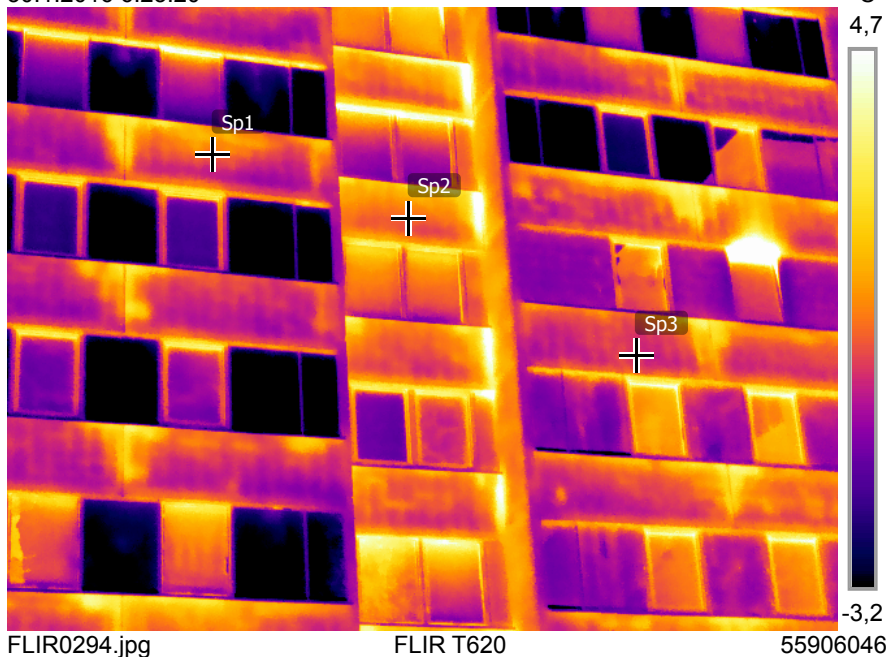
Parametry

Emisivita	0.95
Odr. tepl.	7 °C

Geolokace

Kompas	176° J
--------	--------

30.1.2016 6:23:20



Pohled na obvodovou stěnu. Střídání pásu parapetních panelů a oken s meziokeními vložkami.

Měření °C

Sp1	3,1
Sp2	-1,4

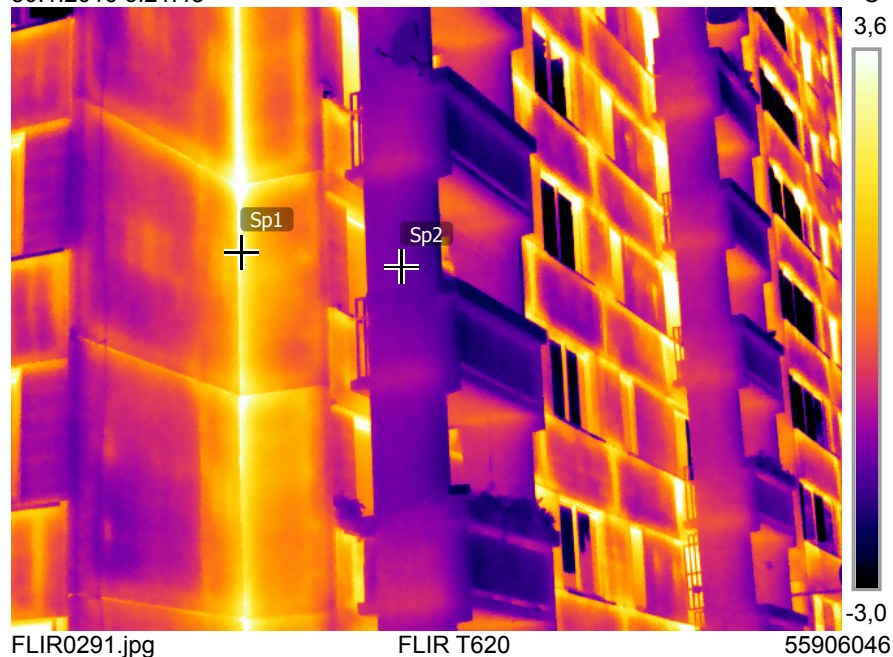
Parametry

Emisivita	0.95
Odr. tepl.	7 °C

Geolokace

Kompas	14° S
--------	-------

30.1.2016 6:21:48



Pohled na roh panelového domu. Předsazené lodžie.

Měření °C

Sp1	-0,9
Sp2	-0,1
Sp3	-0,2

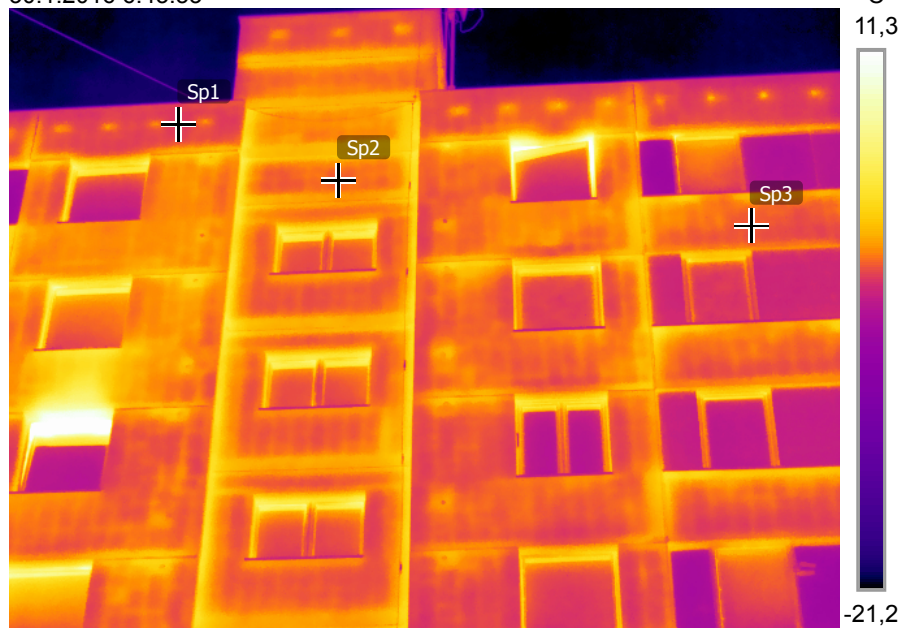
Parametry

Emisivita	0.95
Odr. tepl.	7 °C

Geolokace

Kompas	79° V
--------	-------

30.1.2016 6:43:53



FLIR0336.jpg

FLIR T620

55906046

Pohled na atikové panely a na panely schodišťového prostoru.

Měření °C

Sp1	4,8
Sp2	-1,7

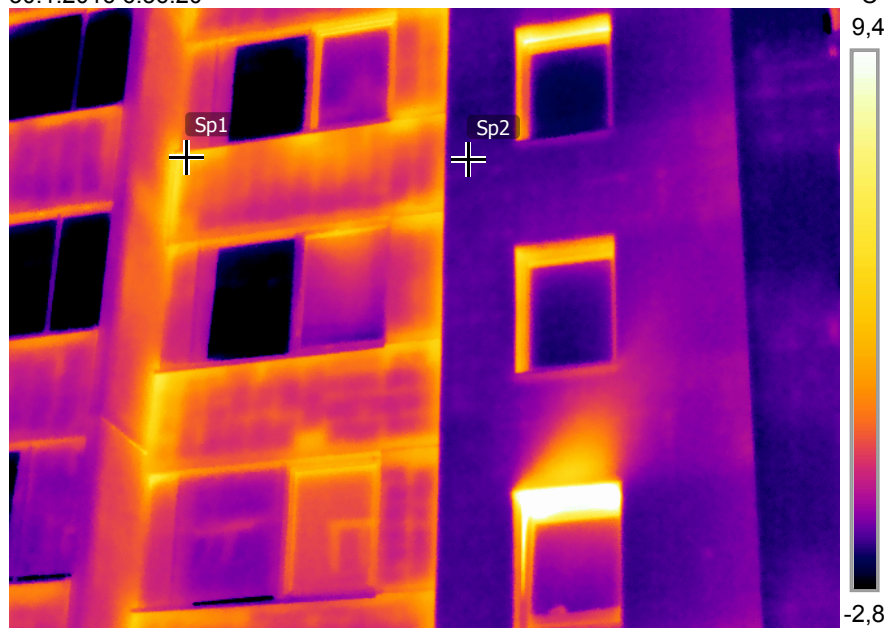
Parametry

Emisivita	0.95
Odr. tepl.	7 °C

Geolokace

Kompas	240° JZ
--------	---------

30.1.2016 6:56:20



FLIR0350.jpg

FLIR T620

55906046

Snímek rozdílu vlevo nezatepleného a vpravo zateplého pláště.

Zadavatel:

Západočeská univerzita v Plzni
Univerzitní 8,
306 14 Plzeň,
Česká republika

Místo měření:

Strakonice, Na Ohradě, okres Strakonice, Jihočeský kraj

Měření provedla:

Bc. Jana Hořejší

Datum měření:

30. 1. 2016

Úvod:

Termokamera je nástroj pro mapování energetických ztrát budov. Kamera zaznamenává snímky s rozložením teplot. Měření identifikuje místa energetických ztrát bez použití jakýchkoliv destruktivních metod testování. Termokamera je spolehlivý nástroj pro bezdotykové měření teploty na povrchu měřených objektů.

Tato technologie dokáže identifikovat problémy včas tak, aby mohly být zdokumentovány a opraveny dříve, než se stanou závažnějšími a nákladnějšími na opravu.

Kontrola staveb za použití termokamery je rychlým a účinným způsobem monitorování jejich stavu.

Technická data termokamery:

Měření bylo provedeno přístrojem Termokamera FLIR model T620.

Kalibrační certifikát - seriové číslo: 55906046, místo: FLIR Systems AB Sweden, datum: 11. června 2014

Rozlišení IR detektoru je 640 x 480 bodů, 30 Hz. Zorný úhel objektivu 25° x 19°, zaostření od 0,25 m. Teplotní citlivost < 0,04 °C. Automatické nebo manuální zaostření obrazu. Rozsahy měřených teplot -40 °C až +650 °C. Přesnost ±2 °C nebo ±2 %. Nastavitelná emisivita 0,01 až 1,00 - použito 0,95.

Podmínky měření:

Měření jsem prováděla 30. 1. 2016 v 7 hodin ráno ve Strakonících, Na Ohradě v Jihočeském kraji. Venkovní teplota se pohybovala okolo 2,5 °C. Polojasno.

Popis domu:

Jedná se o věžový dům o dvanácti obytných podlaží + technické podlaží. Bytový dům, postavený panelovou technologií - konstrukční systém PS 69. U objektu došlo k revitalizaci. Dům má zateplený obvodový plášť a plochou střechu. Okna vyměněna za plastová.

Popis termogramů:

Termogramy zobrazují rozložení teplot na měřeném objektu. Čím je teplota vyšší, tím jsou místa na objektu světlejší a naopak, čím je místo chladnější, tím je barva tmavší. Stupnice vpravo na termogramy upřesňuje teplotní a barevné rozsahy každého termogramu.

Měření °C

Sp1	-4,3
Sp2	-2,2
Sp3	-2,0

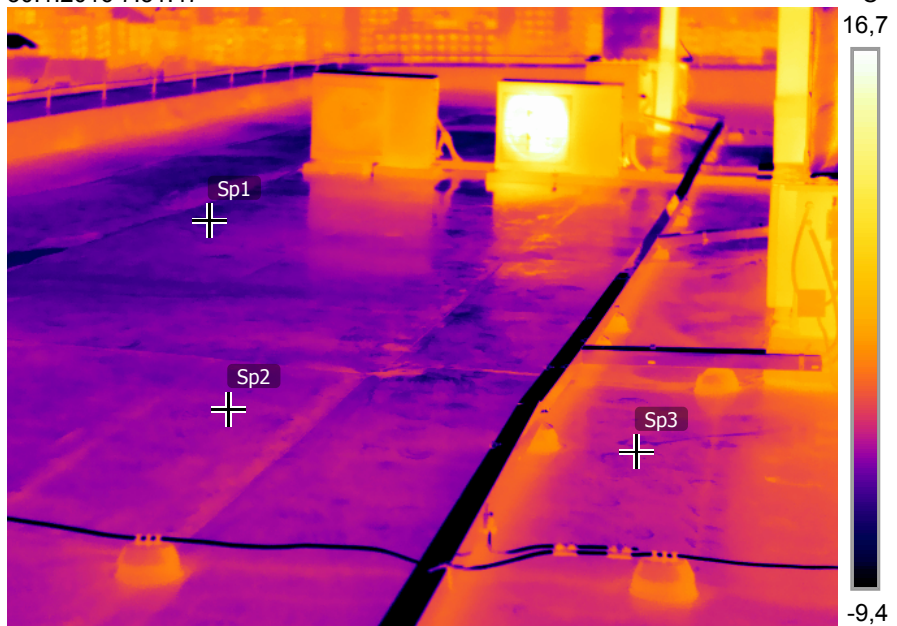
Parametry

Emisivita	0.95
Odr. tepl.	7 °C

Geolokace

Kompas	337° SZ
--------	---------

30.1.2016 7:51:47

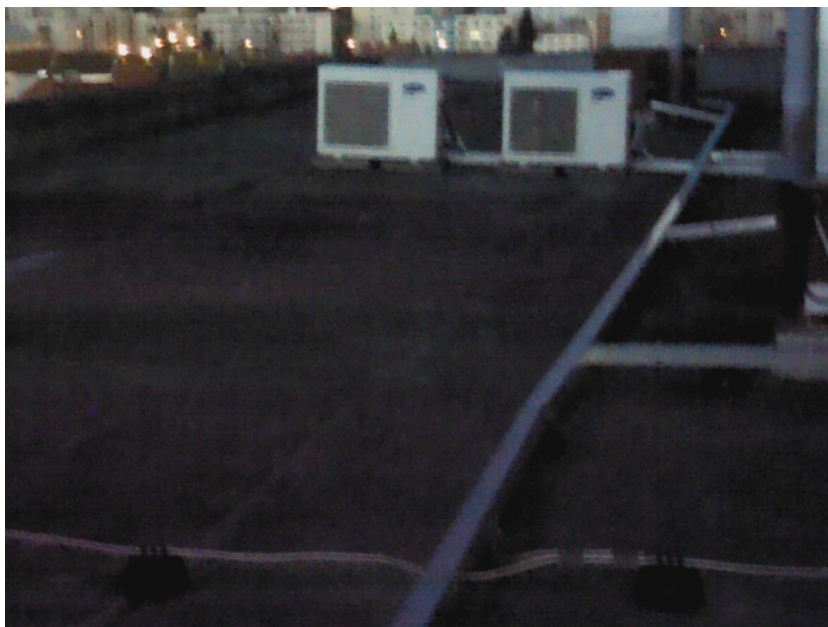


FLIR0371.jpg

FLIR T620

55906046

30.1.2016 7:51:47



FLIR0371.jpg

FLIR T620

55906046

Celkový pohled na zateplenou střechu.

Měření °C

Sp1	2,0
Sp2	-1,2
Sp3	-2,9

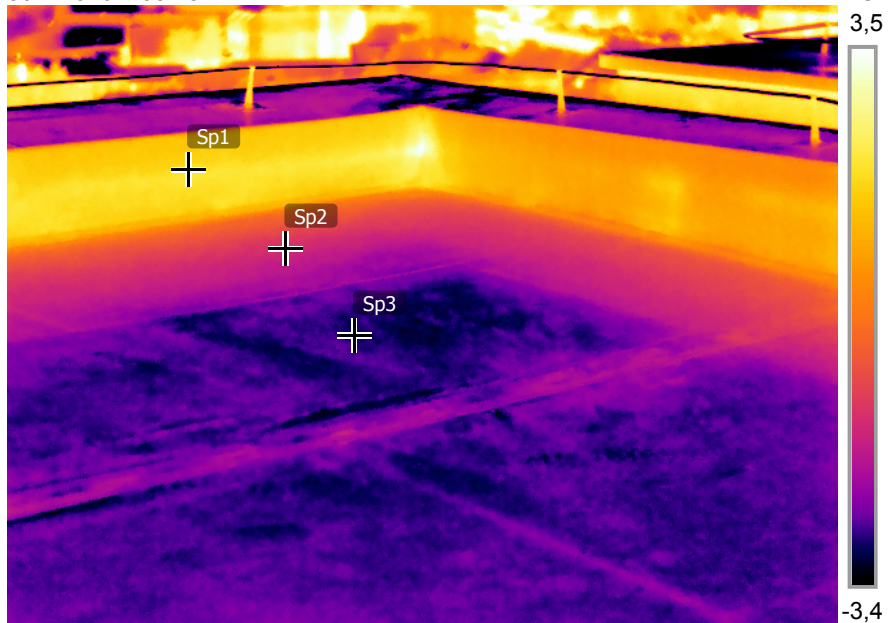
Parametry

Emisivita	0.95
Odr. tepl.	7 °C

Geolokace

Kompas	307° SZ
--------	---------

30.1.2016 7:53:28



FLIR0378.jpg

FLIR T620

55906046

30.1.2016 7:53:28



FLIR0378.jpg

FLIR T620

55906046

Ukázka koutu atiky. Světlá místa v atice.

Měření °C

Sp1	2,3
Sp2	0,5
Sp3	-1,1

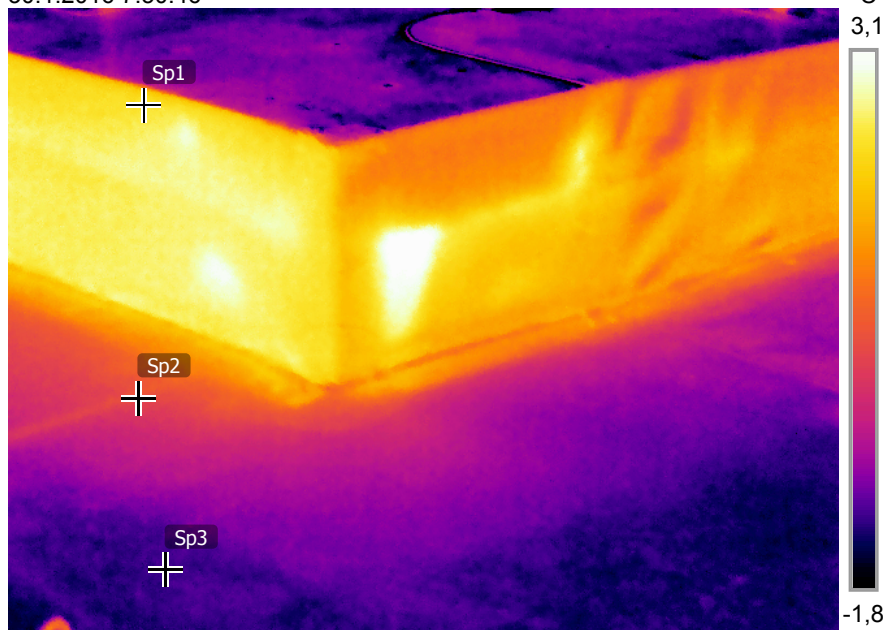
Parametry

Emisivita	0.95
Odr. tepl.	7 °C

Geolokace

Kompas	19° S
--------	-------

30.1.2016 7:50:46



FLIR0368.jpg

FLIR T620

55906046

30.1.2016 7:50:46



FLIR0368.jpg

FLIR T620

55906046

Detail rohu atiky.

Měření °C

Sp1	2,8
Sp2	0,9
Sp3	2,1

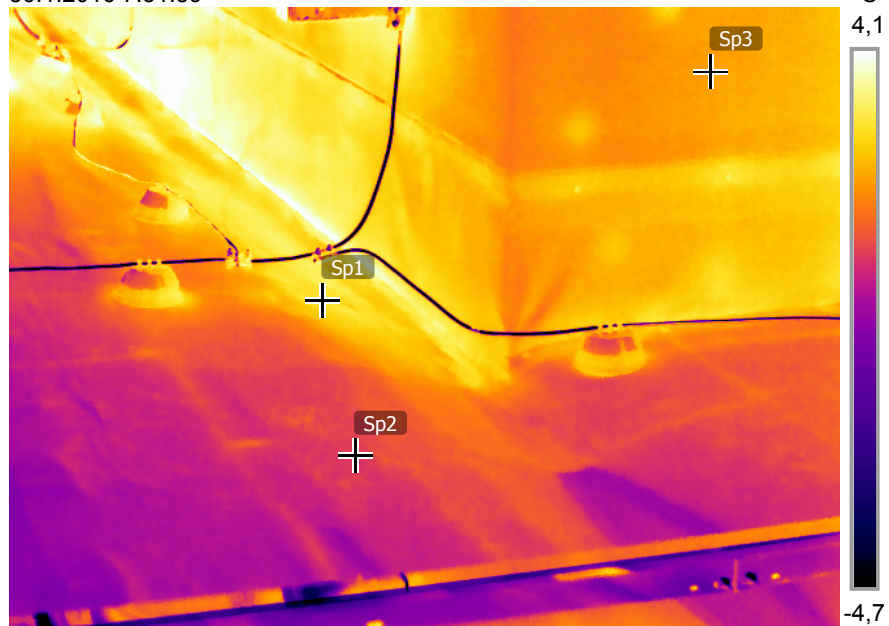
Parametry

Emisivita	0.95
Odr. tepl.	7 °C

Geolokace

Kompas	358° S
--------	--------

30.1.2016 7:51:59

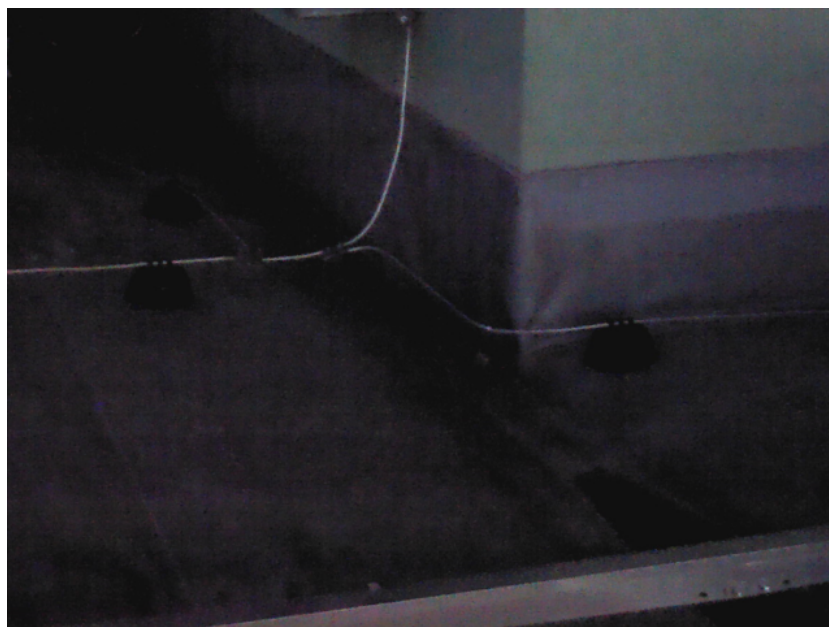


FLIR0372.jpg

FLIR T620

55906046

30.1.2016 7:51:59



FLIR0372.jpg

FLIR T620

55906046

Pohled na roh strojovny a střechy.

Měření °C

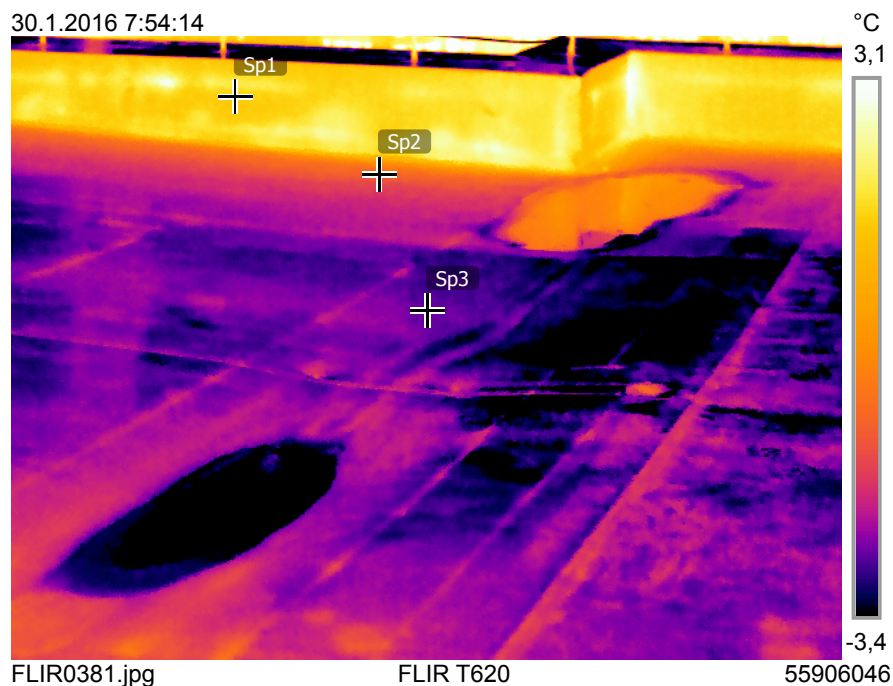
Sp1	1,4
Sp2	-1,0
Sp3	-2,6

Parametry

Emisivita	0.95
Odr. tepl.	7 °C

Geolokace

Kompas	100° V
--------	--------



30.1.2016 7:54:14



Snímek ploché střechy ukazuje kaluže vody způsobené nevhodně vyrovnaným podkladem.

Měření °C

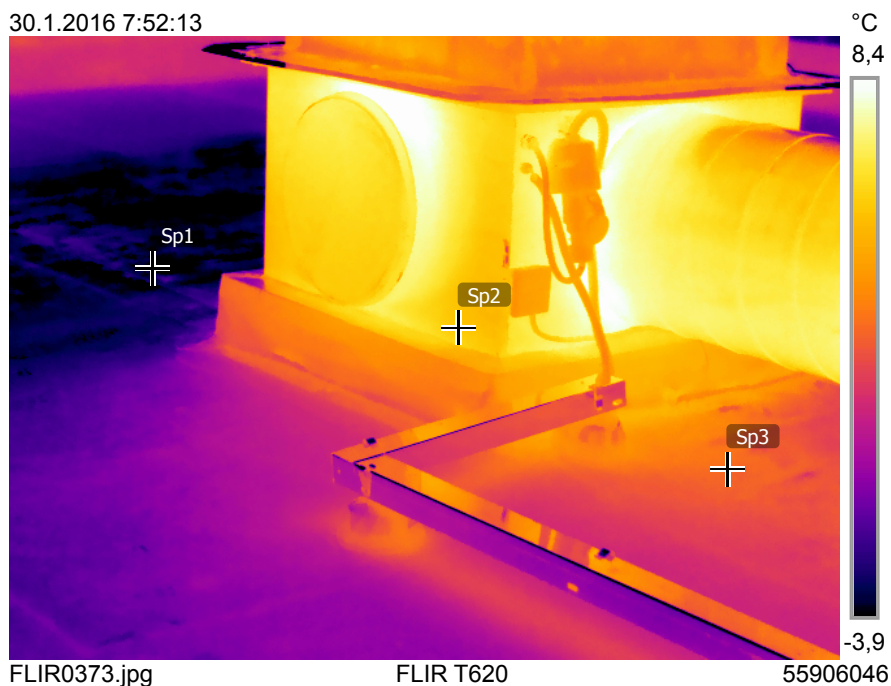
Sp1	-4,0
Sp2	5,6
Sp3	2,9

Parametry

Emisivita	0.95
Odr. tepl.	7 °C

Geolokace

Kompas	158° J
--------	--------



30.1.2016 7:52:13



FLIR0373.jpg

FLIR T620

55906046

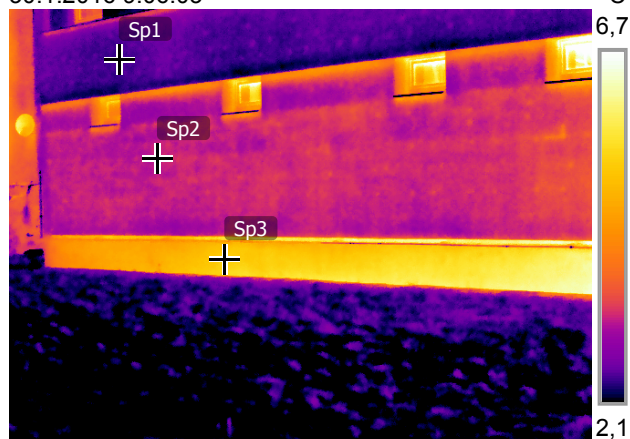
Pohled na snímek vzduchotechnického zařízení.

30.1.2016 9:06:03



FLIR0403.jpg FLIR T620 55906046

30.1.2016 9:06:03



FLIR0403.jpg FLIR T620 55906046

Měření °C

Sp1	2,4
Sp2	3,2
Sp3	5,2

Parametry

Emisivita	0.95
Odr. tepl.	7 °C

Geolokace

Kompas	13° S
--------	-------

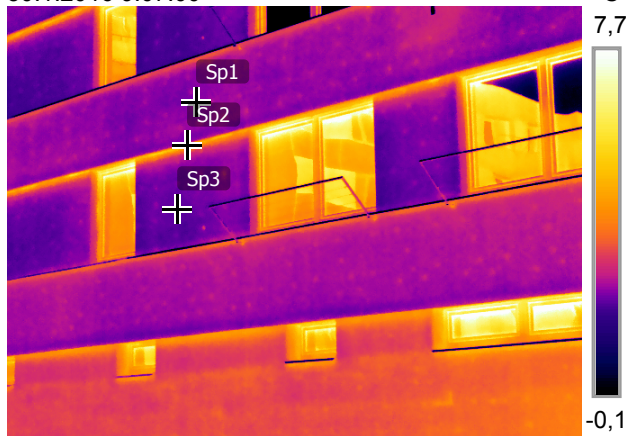
Snímek technického podlaží. Světlá místa v soklové části.
Viditelné kotvící prvky tepelné izolace

30.1.2016 9:07:00



FLIR0406.jpg FLIR T620 55906046

30.1.2016 9:07:00



FLIR0406.jpg FLIR T620 55906046

Měření °C

Sp1	2,3
Sp2	4,8
Sp3	2,0

Parametry

Emisivita	0.95
Odr. tepl.	7 °C

Geolokace

Kompas	21° S
--------	-------

Snímek členité fasády domu. Světlá místa na styku parapetních pásů a meziokenních vložek. Viditelné kotvící prvky tepelné izolace.

Zadavatel:

Západočeská univerzita v Plzni
Univerzitní 8,
306 14 Plzeň,
Česká republika

Místo měření:

České Budějovice, M. Chlajna, sídliště Máj, Jihočeský kraj

Měření provedla:

Bc. Jana Hořejší

Datum měření:

2. 2. 2016

Úvod:

Termokamera je nástroj pro mapování energetických ztrát budov. Kamera zaznamenává snímky s rozložením teplot. Měření identifikuje místa energetických ztrát bez použití jakýchkoliv destruktivních metod testování. Termokamera je spolehlivý nástroj pro bezdotykové měření teploty na povrchu měřených objektů.

Tato technologie dokáže identifikovat problémy včas tak, aby mohly být zdokumentovány a opraveny dříve, než se stanou závažnějšími a nákladnějšími na opravu.

Kontrola staveb za použití termokamery je rychlým a účinným způsobem monitorování jejich stavu.

Technická data termokamery:

Měření bylo provedeno přístrojem Termokamera FLIR model T620.

Kalibrační certifikát - seriové číslo: 55906046, místo: FLIR Systems AB Sweden, datum: 11. června 2014

Rozlišení IR detektoru je 640 x 480 bodů, 30 Hz. Zorný úhel objektivu 25° x 19°, zaostření od 0,25 m. Teplotní citlivost < 0,04 °C. Automatické nebo manuální zaostření obrazu. Rozsahy měřených teplot -40 °C až +650 °C. Přesnost ±2 °C nebo ±2 %. Nastavitelná emisivita 0,01 až 1,00 - použito 0,95.

Podmínky měření:

Měření jsem prováděla 2. 2. 2016 v 6 hodin ráno v Českých Budějovicích, M, Chlajna v Jihočeském kraji. Venkovní teplota se pohybovala okolo 7 - 8 °C. Zataženo.

Popis domů:

Jedná se o sídliště, postavené panelovou technologií - konstrukční systém PS 69 - jihočeská varianta. Bodové a řadové sekce. Domy jsou zateplené. Střechy, na kterých bylo provedeno měření jsou zateplené.

Popis termogramů:

Termogramy zobrazují rozložení teplot na měřeném objektu. Čím je teplota vyšší, tím jsou místa na objektu světlejší a naopak, čím je místo chladnější, tím je barva tmavší. Stupnice vpravo na termogramu upřesňuje teplotní a barevné rozsahy každého termogramu.

Měření °C

Sp1	1,5
Sp2	0,6

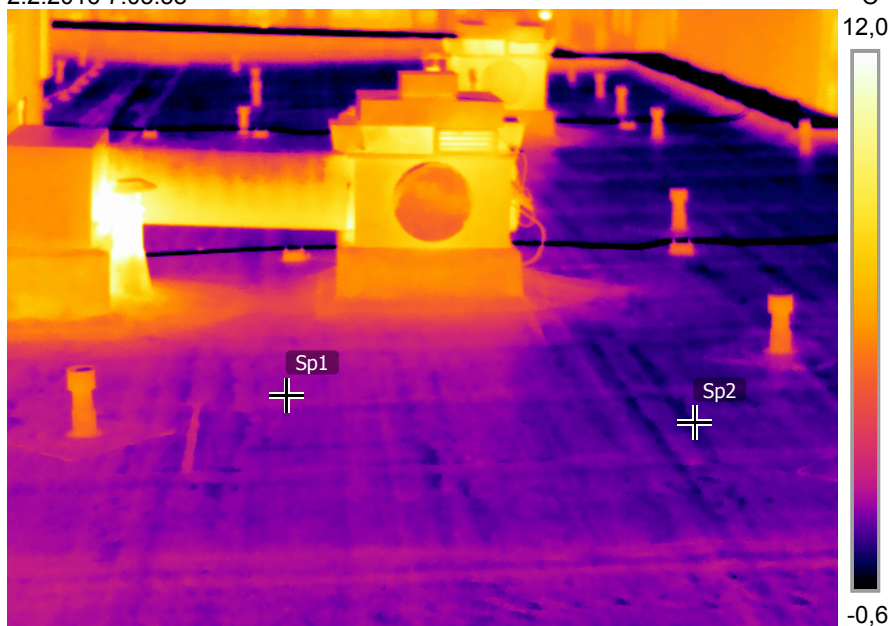
Parametry

Emisivita	0.95
Odr. tepl.	7 °C

Geolokace

Kompas	62° SV
--------	--------

2.2.2016 7:05:58



FLIR0534.jpg

FLIR T620

55906046

Celkový pohled na zateplenou plochu střechu foukanou izolací Climatizer Plus do prostor mezi panely. Izolační materiál na bázi celulózových vláken foukaný do prostoru mezi panely.

Měření °C

Sp1	0,9
Sp2	0,9

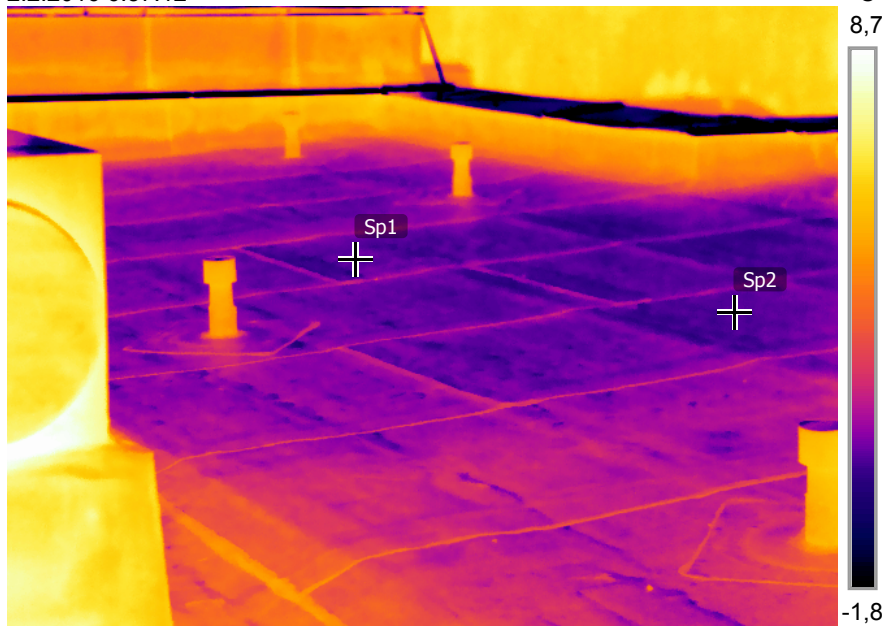
Parametry

Emisivita	0.95
Odr. tepl.	7 °C

Geolokace

Kompas	297° SZ
--------	---------

2.2.2016 6:57:12



FLIR0500.jpg

FLIR T620

55906046

Pohled na plochu střechu zateplenou foukanou izolací. Systém odvětrávacích komínků.

Měření °C

Sp1	1,7
Sp2	5,3
Sp3	5,2

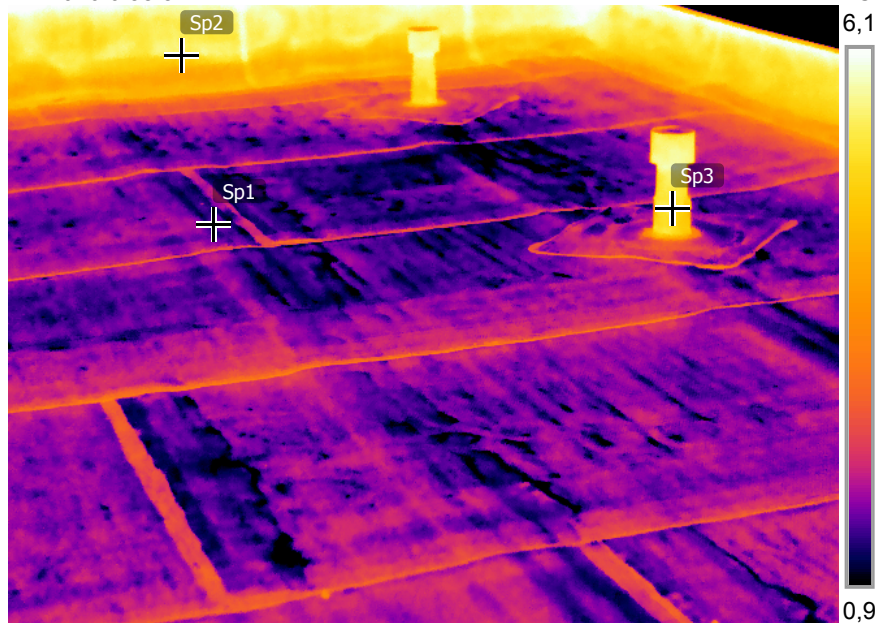
Parametry

Emisivita	0.95
Odr. tepl.	7 °C

Geolokace

Kompas	281° Z
--------	--------

2.2.2016 6:58:54



Snímek ploché střechy. Plochá střecha je zateplena tepelnou izolací Climatizer Plus.

Měření °C

Sp1	2,1
Sp2	5,7

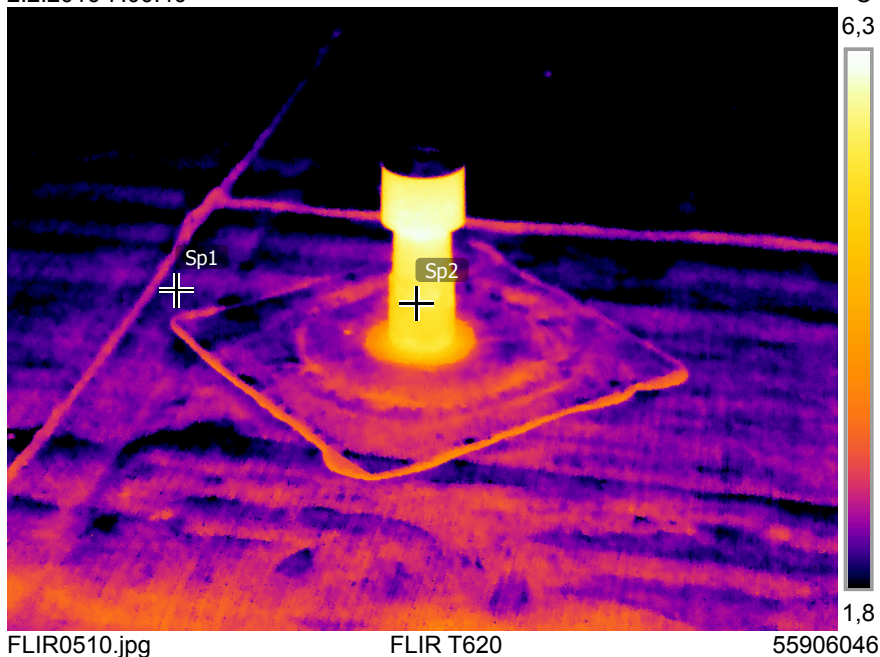
Parametry

Emisivita	0.95
Odr. tepl.	7 °C

Geolokace

Kompas	129° JV
--------	---------

2.2.2016 7:00:40



Detailní snímek odvětrávacích komínků.

Měření °C

Sp1	7,2
Sp2	4,9
Sp3	6,4

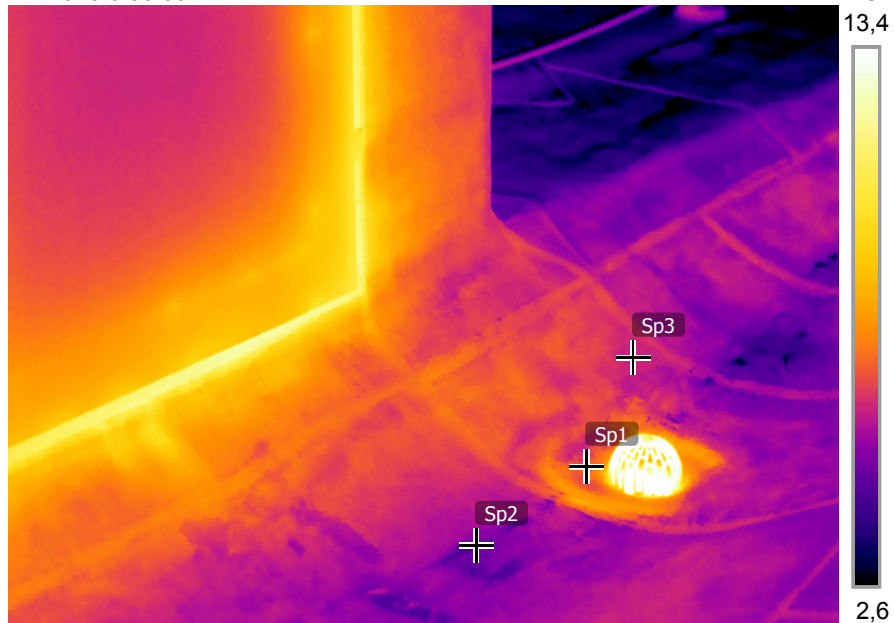
Parametry

Emisivita	0.95
Odr. tepl.	7 °C

Geolokace

Kompas	42° SV
--------	--------

2.2.2016 6:56:59



FLIR0499.jpg

FLIR T620

55906046

Snímek odvodnění ploché střechy, střešní vpust' s ochranným košem.

Měření °C

Sp1	2,1
Sp2	3,8
Sp3	4,5

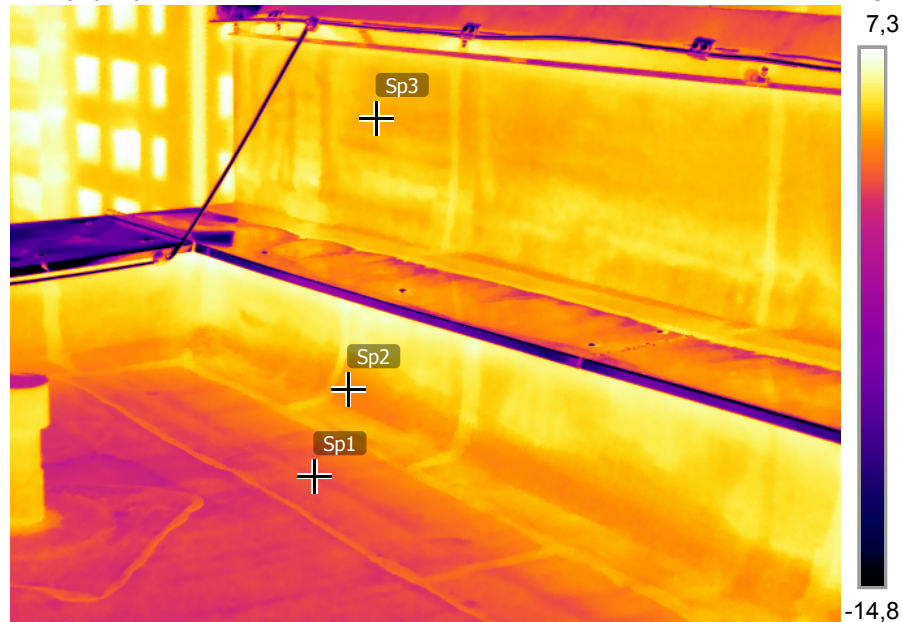
Parametry

Emisivita	0.95
Odr. tepl.	7 °C

Geolokace

Kompas	186° J
--------	--------

2.2.2016 7:02:14



FLIR0516.jpg

FLIR T620

55906046

Snímek ukazuje styk dvou atik řadové sekce.

Měření °C

Sp1	-0,1
-----	------

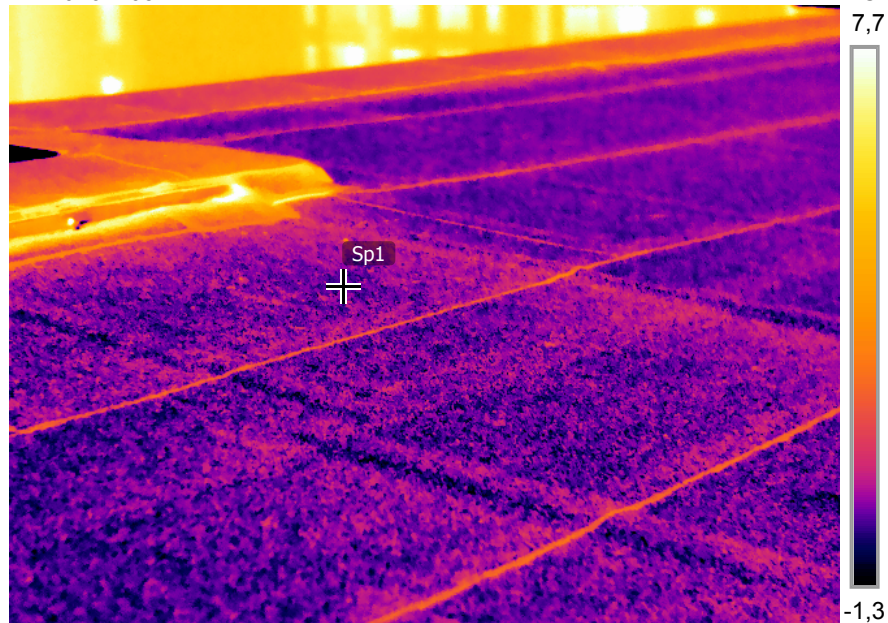
Parametry

Emisivita	0.95
Odr. tepl.	7 °C

Geolokace

Kompas	206° JZ
--------	---------

2.2.2016 7:03:21



FLIR0522.jpg

FLIR T620

55906046

Snímek sousední zateplené ploché střechy. Tepelná izolace je na vrchním panelu. Výrazné snížení výšky atiky.

Měření °C

Sp1	-0,5
Sp2	-0,9

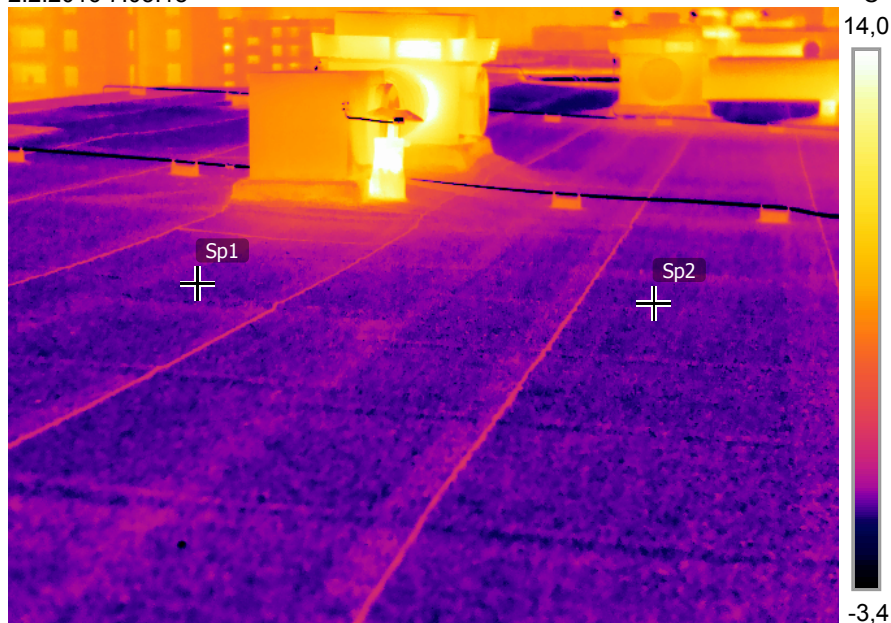
Parametry

Emisivita	0.95
Odr. tepl.	7 °C

Geolokace

Kompas	236° JZ
--------	---------

2.2.2016 7:05:18



FLIR0530.jpg

FLIR T620

55906046

Celkový pohled na zateplenou plochou střechu.

Zadavatel:

Západočeská univerzita v Plzni
Univerzitní 8,
306 14 Plzeň,
Česká republika

Místo měření:

Plzeň, Bolevec, okres Plzeň - město, Západočeský kraj

Měření provedla:

Bc. Jana Hořejší

Datum měření:

3. 2. 2016

Úvod:

Termokamera je nástroj pro mapování energetických ztrát budov. Kamera zaznamenává snímky s rozložením teplot. Měření identifikuje místa energetických ztrát bez použití jakýchkoliv destruktivních metod testování. Termokamera je spolehlivý nástroj pro bezdotykové měření teploty na povrchu měřených objektů.

Tato technologie dokáže identifikovat problémy včas tak, aby mohly být zdokumentovány a opraveny dříve, než se stanou závažnějšími a nákladnějšími na opravu.

Kontrola staveb za použití termokamery je rychlým a účinným způsobem monitorování jejich stavu.

Technická data termokamery:

Měření bylo provedeno přístrojem Termokamera FLIR model T620.

Kalibrační certifikát - seriové číslo: 55906046, místo: FLIR Systems AB Sweden, datum: 11. června 2014

Rozlišení IR detektoru je 640 x 480 bodů, 30 Hz. Zorný úhel objektivu 25° x 19°, zaostření od 0,25 m. Teplotní citlivost < 0,04 °C. Automatické nebo manuální zaostření obrazu. Rozsahy měřených teplot -40 °C až +650 °C. Přesnost ±2 °C nebo ±2 %. Nastavitelná emisivita 0,01 až 1,00 - použito 0,95.

Podmínky měření:

Měření jsem prováděla 3. 2. 2016 v 6 hodin ráno v Plzni, Bolevec v Západočeském kraji. Venkovní teplota se pohybovala okolo 4 °C. Zataženo.

Popis domů:

Jedná se o sídliště, postavené panelovou technologií - konstrukční systém PS 69 - západočeská varianta . Bodové a řadové sekce. Domy jsou nezateplené i zateplené.

Popis termogramů:

Termogramy zobrazují rozložení teplot na měřeném objektu. Čím je teplota vyšší, tím jsou místa na objektu světlejší a naopak, čím je místo chladnější, tím je barva tmavší. Stupnice vpravo na termogramu upřesňuje teplotní a barevné rozsahy každého termogramu.

Měření °C

Sp1	3,9
Sp2	5,6
Sp3	6,0

Parametry

Emisivita	0.95
Odr. tepl.	7 °C

Geolokace

Kompas	331° SZ
--------	---------

3.2.2016 6:50:54



FLIR0608.jpg

FLIR T620

55906046

3.2.2016 6:50:54



FLIR0608.jpg

FLIR T620

55906046

Snímek nezatepleného obvodového pláště. Světlá místa ve stycích panelů a soklové části.

Měření °C

Sp1	9,1
Sp2	5,1
Sp3	6,6

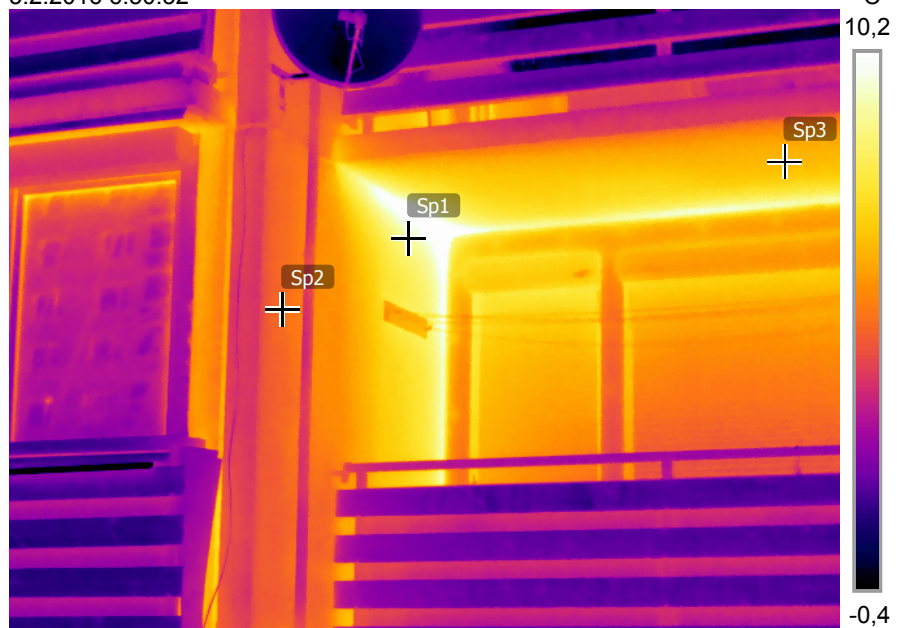
Parametry

Emisivita	0.95
Odr. tepl.	7 °C

Geolokace

Kompas	16° S
--------	-------

3.2.2016 6:50:32



FLIR0607.jpg

FLIR T620

55906046

3.2.2016 6:50:32



FLIR0607.jpg

FLIR T620

55906046

Pohled na zapuštěnou lodžii.

Měření °C

Sp1	5,9
Sp2	3,5
Sp3	4,0

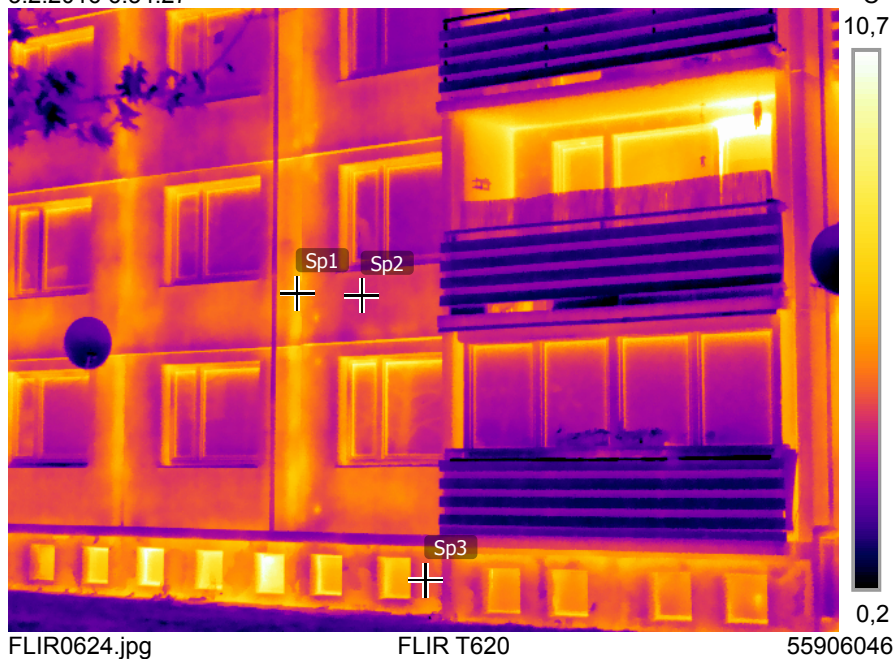
Parametry

Emisivita	0.95
Odr. tepl.	7 °C

Geolokace

Kompas	355° S
--------	--------

3.2.2016 6:54:27



3.2.2016 6:54:27



Pohled na polozapuštěnou lodžii. Otevřená a uzavřená lodžie.

Měření °C

Sp1	1,3
Sp2	3,9
Sp3	3,3

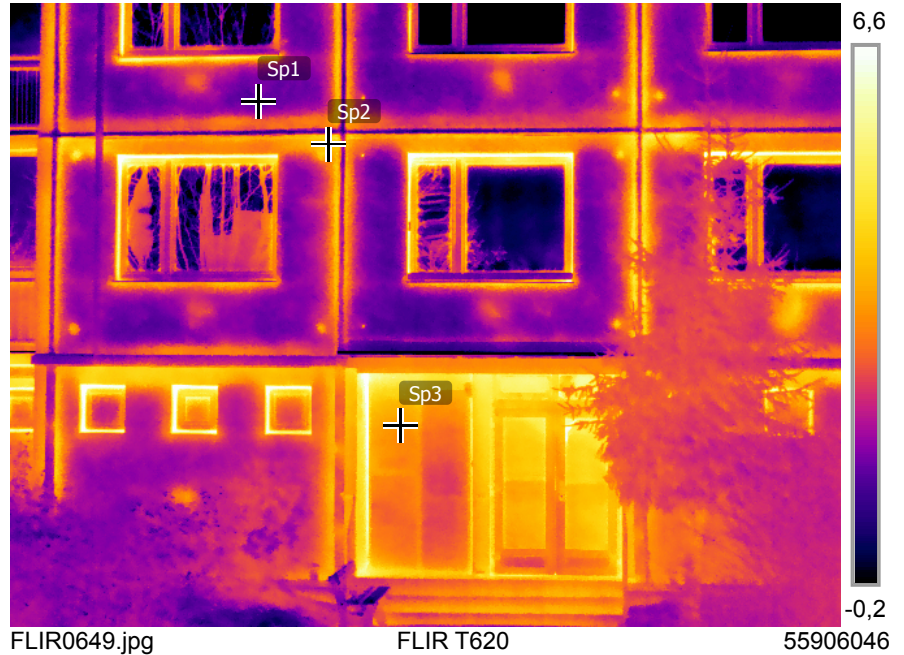
Parametry

Emisivita	0.95
Odr. tepl.	7 °C

Geolokace

Kompas	29° SV
--------	--------

3.2.2016 7:07:17



Pohled na vstup do objektu. Teplo unikající technickým podlažím.

Měření °C

Sp1	1,6
Sp2	3,5
Sp3	4,1
Sp4	2,0
Sp5	0,2

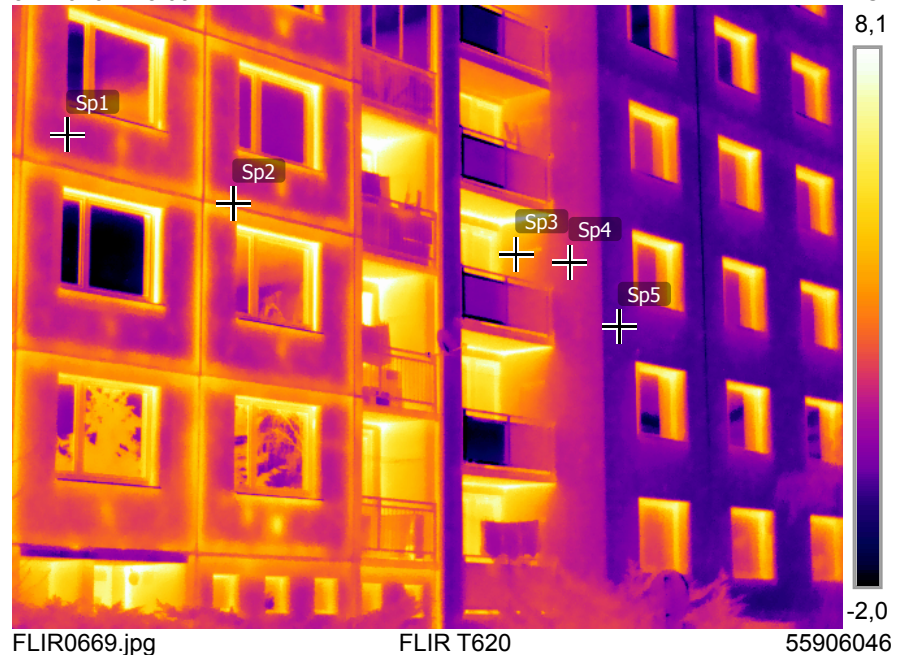
Parametry

Emisivita	0.95
Odr. tepl.	7 °C

Geolokace

Kompas	68° V
--------	-------

3.2.2016 7:13:09



Ukázka v levé části nezateplená a v pravé části zateplená řadová sekce.