

**ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE**

**FAKULTA
STAVEBNÍ**

**KATEDRA
TECHNOLOGIE STAVEB**



**DIPLOMOVÁ
PRÁCE**

Bc. BARBORA BŘINČILOVÁ

2020

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ
KATEDRA TECHNOLOGIE STAVEB

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Problematika realizace skladby šikmých
střech

JMÉNO STUDENTA: Bc. Barbora Břinčilová

STUDIJNÍ PROGRAM: Stavební inženýrství

STUDIJNÍ OBOR: Příprava, realizace
a provoz staveb

VEDOUcí PRÁCE: Ing. Michal Procházka Ph.D.

ROK: 2020

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Thákurova 7, 166 29 Praha 6



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: <u>Břinčilová</u>	Jméno: <u>Barbora</u>	Osobní číslo: <u>409712</u>
Zadávací katedra: <u>Technologie staveb</u>		
Studijní program: <u>Stavební inženýrství</u>		
Studijní obor: <u>Přirava, realizace a provoz staveb</u>		

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: <u>Problematika realizace skladby šikmých střech</u>	
Název diplomové práce anglicky: <u>The issue of realization a pitched roof composition</u>	
Pokyny pro vypracování: Vypracujte rešerši problematiky systému šikmých střech - zejména ve vztahu k dřevěným krovům. Při zpracování rešerše se zaměřte na zateplení konstrukce krovu. Proveďte porovnání systémů zateplení a vyberte vhodná řešení pro vybraný objekt. Navrhněte technologický postup vybraných systémů a vypracujte harmonogram postupu prací. Porovnejte získané harmonogramy prací ve vztahu k vybranému objektu. Diskutovat výsledky a doporučit další postup.	
Seznam doporučené literatury: ČSN EN 1995-1-2 (731701) Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí FAJKOŠ, A., NOVOTNÝ, M.: Střechy základní konstrukce. 1.vyd. Praha 2000: Grada Publishing. ISBN 80-247-0681-4 ČSN 73 0540 (730540) Tepelná ochrana budov.	
Jméno vedoucího diplomové práce: <u>Ing. Michal Procházka, Ph.D.</u>	
Datum zadání diplomové práce: <u>24.9.2019</u>	Termín odevzdání diplomové práce: <u>5.1.2020</u> <i>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</i>
_____	_____
Podpis vedoucího práce	Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

_____ Datum převzetí zadání _____ Podpis studenta(ky)

Prohlášení

Prohlašuji, že diplomovou práci na problematiku realizace skladby šikmých střech, jsem vypracovala samostatně. Veškeré použité informační zdroje jsem uvedla v seznamu použitých zdrojů.

V Praze dne 6. 1. 2020

.....
podpis studenta

Poděkování

Především bych zde chtěla poděkovat vedoucímu diplomové práce Ing. Michalu Procházkovi, Ph.D. za odborné vedení a pomoc při jejím zpracování a Ing. Lence Hanzalové, Ph.D. za odborné konzultace, cenné připomínky a pomoc s programem Teplo. A dále bych chtěla poděkovat své rodině za projevenou podporu, trpělivost v posledních měsících při psaní diplomové práce a po celou dobu mého studia.

Problematika realizace skladby šikmých střech

Anotace

Diplomová práce se zabývá problematikou realizace skladby šikmé střešní konstrukce. V části teoretická východiska pojednává o obecných požadavcích pro šikmé konstrukce. Jaké varianty a skladby střešního pláště se realizují a jaké druhy tepelné izolace se nejvíce používají. Vlastní výsledky se zabývají výběrem vhodné varianty střešní konstrukce pro vybraný objekt. Výběr se provádí podle součinitele prostupu tepla, časové náročnosti, technologických postupů realizace systému zateplení.

Klíčová slova

Střešní konstrukce

Střešní plášť

Teplená izolace

Prostup tepla

Annotation

The thesis deals with the issue of the implementation of the composition of oblique roof construction. In the theoretical basis section, it deals with general requirements for oblique structures. What variants and compositions of the roof casing are realized and what types of thermal insulation are the most used. Custom results are taken by selecting a suitable roof structure variant for the selected object. The selection is carried out according to the factor of heat penetration, time demands, technological procedures for the implementation of the insulation system.

Keywords

Roof construction

Roof cladding

Thermal insulation

Heat transf

OBSAH

1	ÚVOD	11
2	TEORETICKÁ VÝCHODISKA	12
2.1	Typologie a názvosloví	12
2.1.1	Nosné šikmé konstrukce	14
2.1.2	Materiálové řešení vrstvy šikmých střech	20
2.1.3	Dělení střešních pláštů	27
2.2	Skladby z hlediska umístění tepelné izolace	32
2.2.1	Střešní plášť bez tepelné izolace	32
2.2.2	Tepelná izolace mezi krokviemi	34
2.2.3	Tepelná izolace nad krokviemi	36
2.2.4	Tepelná izolace mezi a pod krokviemi	38
2.2.5	Tepelná izolace mezi a nad krokviemi	40
2.2.6	Šikmé zelené střechy	41
2.3	Druhy tepelné izolace	45
2.3.1	Minerální vláknité izolace	46
2.3.2	Tepelné izolace skelné	48
2.3.3	Izolace z přírodních materiálů	50
2.3.4	Deskové tepelné izolace PIR	53
2.3.5	Foukané izolace	56
2.4	Podmínky návrhu a realizace střešní konstrukce	58
2.4.1	Obecné podmínky pro návrh	59
2.4.2	Tepelně technické požadavky	64
2.5	Časová struktura a plánování	68
2.5.1	Časový graf	69
2.5.2	Časoprostorový graf	70
2.5.3	Síťové grafy	71
2.5.4	Softwary pro časové plánování	74
3	CÍLE	75
4	METODY	76
4.1	Zvolení zkoumaného objektu	76
4.2	Posouzení prostupu tepla	76
4.3	Časové plánování	79
4.4	Technologické postupy	82
5	VLASTNÍ VÝSLEDKY	83
5.1	Zvolený objekt	83
5.1.1	Varianta zateplení č.1	84
5.1.2	Varianta zateplení č. 2	86
5.1.3	Varianta zateplení č. 3	87
5.2	Prostup tepla střešního pláště	89
5.2.1	Posouzení varianty č. 1	91
5.2.2	Posouzení varianty č. 2	94
5.2.3	Posouzení varianty č. 3	97
5.2.4	Diskuze rozdílů	100

5.3	Časová struktura.....	101
5.3.1	Harmonogram varianty č. 1.....	103
5.3.2	Harmonogram varianty č. 2.....	103
5.3.3	Harmonogram varianty č. 3.....	103
5.3.4	Diskuze rozdílů.....	104
5.4	Technologický postup.....	104
5.4.1	Technologický postup varianty č. 1.....	106
5.4.2	Technologický postup varianty č. 2.....	110
5.4.3	Technologický postup varianty č. 3.....	113
5.4.4	Diskuze rozdílů.....	116
6	DOPORUČENÍ PRO DALŠÍ POSTUP	118
7	ZÁVĚR	119
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A ZDOJŮ	120
	SEZNAM OBRÁZKŮ	123
	SEZNAM TABULEK.....	124

1 ÚVOD

V průběhu svého studia jsem se setkala mnohokrát s řešením problému volby správné skladby střešní konstrukce. Zvolit správný návrh střešní konstrukce je problematické a důležité téma. Každá budova musí mít správné souvrství, aby mohla splňovat potřebné požadavky a správně fungovat. Nezbytnou součástí střešní konstrukce a hlavní částí je střešní plášť.

Ten chrání vnitřní prostředí před zimou a v létě před horkem. Základní funkcí střešního pláště je chránit budovu před klimatickými vlivy: deštěm, větrem a sněhem. Během návrhu střešní konstrukce se klade hlavní důraz na tepelněizolační požadavky. Kritéria a požadavky se zvětšují zvláště s přibývajícím přísností norem a nařízení vlády. Střešní konstrukce jako každá část konstrukce podléhá současným trendům především s tlakem na úsporu, jak finanční, tak tepelný komfort či ekologii.

K výběru tématu diplomové práce mě vedl návrh přístavby a rekonstrukce rodinného domu, který má být umístěn ve městě Čáslav. Samotný proces návrhu pro celý objekt je na začátku a projektovou dokumentaci v této době provádí ještě projektant ve spolupráci s architektem. Požadavek od investora je provést návrh rodinného domu tak, aby odpovídal jeho potřebám, ale zároveň byl moderní a nadčasový. Přístavěná část bude mít v přízemí hlavní obytnou část domu, podkroví bude využito jako skladovací prostor s možností do budoucna využít jako obytnou. Rekonstruovaná část domu je jednopatrová s plochou střechou. V této práci se budu zabývat tématem skladba šikmé střešní konstrukce a požadavky na ni.

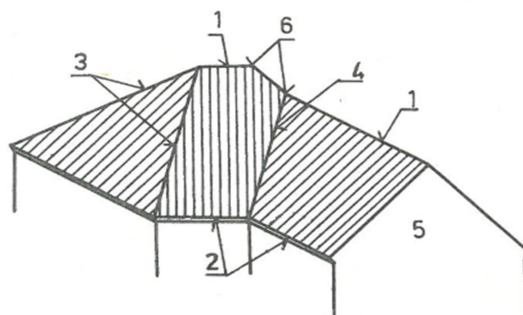
2 TEORETICKÁ VÝCHODISKA

Už od nepaměti člověk chtěl mít střechu nad hlavou nebo prostor kam se uchýlit v nepříznivém počasí. Začalo to nejdříve budováním jednoduchých příbytků, které měli jen střechu. Zpočátku střecha měla jen sklon na jednu stranu, pokrytá dřevem a listím. Lovci ovšem potřebovali stavení, které je bude chránit ze všech stran. Tak vzniklo teepee, které je pokryté kůží z ulovených zvířat. Jak se lidstvo vyvíjelo, tak i stavby byly čím dál vyspělejší. Začaly se objevovat svislé stěny a změnil se používaný materiál.

Střechou rozumíme část stavby, která brání objekt před vnějšími povětrnostními vlivy. Prostor v podkroví se dříve využíval na úschovu materiálu, předmětů nebo sušení prádla. Na vesnicích se v podkroví schraňovalo seno, které má dobré izolační vlastnosti. To svými vlastnostmi plnilo funkci jako tepelná izolace objektu. Díky vzniklému prostoru pod taškami byla vzduchová mezera, a to vytvářelo předchůdkyni dvouplášťové střechy. Jako pobytový prostor se podkroví začalo využívat až v 70. letech minulého století [7].

2.1 Typologie a názvosloví

Hlavní funkce střechy je chránit budovu před klimatickými vlivy. Tyto vlivy jsou déšť, sníh, vítr či slunce. Musí tedy splnit funkci ochrany před chladem nebo naopak ochrany před přílišným teplem. Pro vhodný návrh typu střešní konstrukce je důležité si uvědomit, že dobrá funkce střechy částečně ovlivňuje životnost celé budovy a estetický vzhled jak exteriéru, tak i interiéru. Každá střecha obsahuje nosnou konstrukcí a střešní krytinu. V této době musí obsahovat další vrstvy, především tepelněizolační vrstvu, vrstvu vzduchovou, vrstvu hydroizolační a v neposlední řadě vrstvu pohledovou. Základní prvky střechy jsou hřeben (1), okap (2), nároží (3), úžlabí (4) a sběžiště (6). Všechny tyto části jsou naznačeny na obrázku č. 1 [1,3].



Obrázek 1 Části střechy [1]

Části konstrukce střech dělíme [1]:

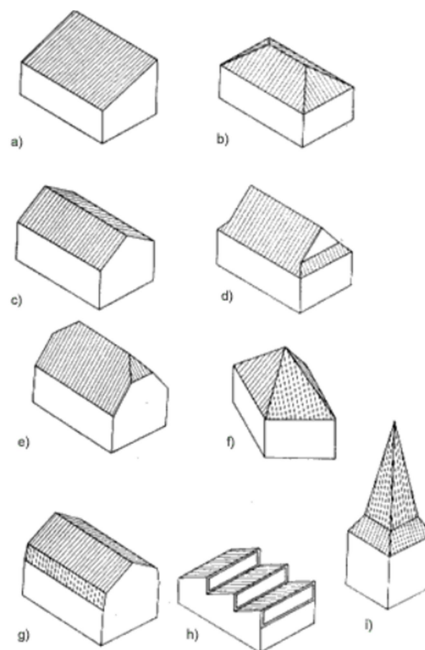
- Nosná konstrukce zastřešení: část střechy přenášející zatížení od jednoho či několika střešních pláštů, doplňkových konstrukcí a prvků do ostatních nosných částí budovy
- střešní plášť: část střechy tvořená nosnou vrstvou střešního pláště k níž jsou přiřazeny některé další vrstvy v závislosti na funkci pláště (např: hydroizolační, tepelněizolační, parotěsná, ochranná, pohledová, dilatační, separační, drenážní, filtrační)
- podhled střechy: finální část střechy, která je vidět ze strany interiéru

Konstrukci zastřešení podle sklonu dělíme [1]:

- ploché: do 5°
- Šikmé: $5^\circ - 45^\circ$
- Strmé: nad 45°

Dělení střech podle tvaru [1]:

- Pultová (a)
- Valbová (b)
- Sedlová (c)
- Polovalbová (d, e)
- Stanová (f)
- Mansardová (g)
- Pilová (h)
- Věžová (i)



Dělení střešní konstrukce podle typu [5]:

- Konstrukce s krovy
- Vazníkové a rámové konstrukce
- Prostorové příhradové a prutové konstrukce
- Skořepinové a lomenicové konstrukce
- Visuté lanové konstrukce
- Pneumatické konstrukce

Obrázek 2 Typy tvaru střechy [1]

Dělení střešního souvrství podle plošné hmotnosti [3]:

- Těžké: více než 100 kg/m^3
- Lehké: méně než 100 kg/m^3

Dělení skladby střešního pláště [5]:

- Jednoplášťové
- Dvouplášťové nebo více plášťové – odděleny vzduchovou mezerou

Dělení podle umístění tepelné izolace [3]:

- Bez tepelné izolace
- S tep. izolací mezi nosnými prvky
- S tep. izolací pod nosnými prvky
- S tep. izolací nad nosnými prvky
- S tep. izolací kombinací výše uvedených

2.1.1 Nosné šikmé konstrukce

V konstrukci šikmé střechy jsou nosné prvky nazývány krov. Krovem rozumíme každou samostatnou prostorovou konstrukci, jejímž úkolem je nést krytinu chránící stavbu proti přírodním vlivům okolního prostředí. V našem klimatickém pásmu byly krovy již od počátku součástí nejstarších lidských staveb. Postupným vývojem se krov stal jednou ze samostatných, ovšem naprosto nezbytných součástí mnohem složitějších staveb. Při jejich zhotovení se tradičně používalo především dřevo, jehož přirozené vlastnosti umožňují navrhovat trémové prostorové soustavy o velmi velkém rozpětí. Krovy umožňují zastřešit nepřeberné množství různých typů staveb od těch nejdrobnějších dočasných až po monumentální architekturu překonávající přirozená lidská měřítka. Účel krovu je přenášet zatížení od vlastní tíhy, skladby a užitného zatížení do svislých konstrukcí. Při volbě nosné konstrukce zastřešení má vliv několik aspektů. Nejvíce rozhodující vliv je uspořádání svislé konstrukce, tím je myšleno velikost rozpětí budovy, na kterou se střešní konstrukce bude zhotovovat. Dále při volbě nosné konstrukce řešíme sklon a tvar střechy. Krov přenáší

veškeré zatížení, a to je rozděleno na stálé zatížení např: vlastní hmotnost konstrukce krovu vrstvy od pohledu až po krytinu a nahodilé zatížení: větrem, sněhem, vodou, užité zatížení. Všechny druhy zatížení se dále přenášejí do svislé nosné části budovy. Výběr druhu krytiny, místní klimatické podmínky, charakter budovy, požární bezpečnost či architektonické požadavky jsou další z aspektů pro správné navrhnutí nosné konstrukce [1,2,3].

Konstrukce krovu i v této době se zhotovuje tradičním způsobem na stavbě. Tesaři na místě stavby upravují přesné délky jednotlivých prvků, vyřezávají spoje a postupně skládají celou konstrukci. Druhá používaná možnost je vyřezávání krovu speciálním strojem na základě naprosto přesné výrobní dokumentace. Na stavbu dorazí poté jednotlivé prvky nařezané, ohoblované, s přesnou délkou i se zhotovenými spoji konstrukce. Tato stavba krovu trvá většinou jeden až dva dny. Pro porozumění této kapitoly je dobré na začátek si vysvětlit často používané výrazy [3,5].

Vazby krovu se většinou střídají tzv. plná vazba a prázdná neboli jalová v poměrovém využití 1/3 nebo 1/2. Plná vazba je plně vyztužená vazba průřezy, kde např. u vaznicové konstrukce krovu je podepřena sloupky a ztužená kleštinami. Jalové vazby jsou bez jakýchkoliv podpěr [3].

Hambálek je charakteristický prvek v konstrukci. Vodorovný prvek spojující a přenášející zatížení krokví naproti sobě, zmenšující rozpětí krokví a zajišťuje příčné ztužení [3].

Vazný trám je vodorovný prvek umístěný ve spodní části krovu, nejvíce namáhaný prvek přenášející většinu účinků zatížení, hlavní konstrukční část v konstrukci krovu. Přenášející zatížení sloupků a vzpěr [3].

Krokev je většinou šikmý prvek nesoucí střešní latě, na nichž je upevněna krytina, nacházející se v každé konstrukci krovu. U vlašské střešní konstrukce jsou krokve usazené vodorovně tj. rovnoměrně s okapem. Namáhání na krokve je ohybové. Krokve u ostatních konstrukčních variant jsou v hřebenu spojeny čepem, střihem nebo úplným přeplátováním – pro tenké krokve. Vzdálenost uložení krokví se pohybuje od 0,8 do 1,2 m pro jakékoliv krytiny [3].

Vaznice je vodorovný prvek probíhající podélně krovem, podpírá krokev. Vaznice je namáhána ohybem. Je uložena po celé délce střechy od štítu ke štítu. Průřez vaznice je obdélníkový s rozměrem většinou 160/180 mm [3].

Pozednice mající obdélníkový průřez je uložena a ukotvená na obvodovém zdivu na plocho. Ukotvení se provádí do obvodového zdiva či ztužujících věnců, z důvodu zajištění krovu proti nárazům větru [3].

Sloupky jsou svislé prvky podporující vaznice krovu ve vzdálenosti plných vazem a přenášejí zatížení do vazných trámů. Uložení vaznice a vazných trámů se provádí většinou začepováním nebo zapuštěním [3].

Pásky jsou šikmé prvky, které fungují jako vzpěrky mezi vaznicemi a sloupky. Vyztužují krov podélně případně příčně a současně odlehčují vaznici. Pásek je namáhaný tlakem, ale i tahem [3].

Šikmé vzpěry jsou připevněny na sloupku a vazném trámu tesařským spojem, spolupůsobí se sloupky a přenáší zatížení do vazného trámu. Vyztužují krov příčně [3].

Kleštiny zajišťují vzájemné spojení krokví, sloupků a středních vaznic podle umístění. Vodorovný prvek, který se umísťuje dolů nebo nahoru či do vrcholu. Zavětrují – vyztužují plnou vazbu krovu v příčném směru a zachycují vodorovné složky šikmých tlaků krokví [3].

Rozpěra je vodorovný prvek s čtvercovým průřezem vložený mezi svislé sloupky v místě připojení šikmých vzpěr přenáší tlakovou sílu. Objevující se v konstrukce krovu, jestliže tvoří v plné vazbě součást dvojitého věšadla [3].

Ondřejovské kříže jsou dvojice šikmých prvků kolmé na sebe zajišťující podélné ztužení krovu – zavětrování celkové konstrukce [3].

Historie dřevěných krovů

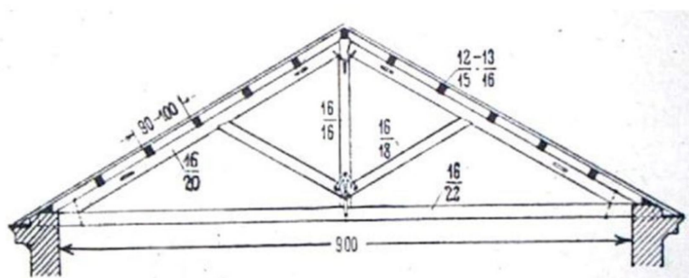
Dochované historické krovky jsou neodmyslitelnou součástí našeho hmotného kulturního dědictví. Dokládají vysokou úroveň tesařského řemesla, která v sobě odpradávná spojovala prostorovou geometrickou a konstrukční představivost s výtvarným citem a smyslem pro řemeslný detail. Postupné zdokonalování používaných krovových soustav a jejich konstrukčních detailů nám umožňuje historické krovky popisovat, typologicky klasifikovat, a dokonce přibližně časově určovat. Významným nástrojem při exaktním datování vzniku jednotlivých konstrukcí či jejich úprav je dendrochronologická metoda, která umožňuje přesně stanovit rok kácení kmenů použitých při stavbě. Nejstarší dochované krovky na našem území pocházejí ze 14. století. Jejich konstrukce, typologicky zvaná hambálková, byla tvořena pouze příčnými vazbami složenými z páru krokví, několika hambáleků a vazného trámu. Příčnou tuhost konstrukce zajišťovaly velké šikmé vzpěry v podobě tzv. Ondřejových křížů a patní vzpěry. Krovové konstrukce byly vytvářeny schématickým řazením těchto vazeb za sebou a podélné propojení zajišťovalo pouze laťování nesoucí střešní krytinu. Pozdní středověk 15. a 16. století přinesl spolu s dalším rozšiřováním a monumentalizací staveb nutnost jejich podélného provázání pomocí vložených vazeb a samostatných stolic. Jak se ukazuje posledním výzkumem, sloužily tyto stolice nejenom ke statickému podélnému provázání, ale z velké části i k samotné stavbě takových náročných konstrukcí. Jako hlavní konstrukční princip jsou tyto dvojrozměrné rámy v podobě stojatých stolic charakteristické pro renesanční krovky 16. a 17. století. V jednoduchých variantách, zejména u venkovských staveb je tento typ krovů používán až do sklonku 19. století [4].

Druhy krovových soustav pro šikmé střechy [4]:

- Vlašská
- Krovová
- Hambálková
- Vaznicová

Vlašská soustava

Známa zastaralá soustava, která se používá pro malé sklony střech a pro větší rozpětí. Původně pochází z Itálie. Dnes se již nevyužívá. Zatížení střechy zde nesou krokve vodorovné s okapem, nazývané vazničky usazené po vzdálenostech 1 m. Podporování vodorovných krokví plnými vazbami se stalo konstrukčním principem příhradových soustav. Převážně nesla plnou vazbu vřadla ve vzdálenosti plných vazeb 4-5 m [3].

**Obrázek 3 Vlašská soustava [36]****Krokvová soustava**

Krokvová soustava se řadí do krokvění soustavy prosté, protože v konstrukci krovu nejsou použity vaznice středové a vrcholové. Jedná se o nejjednodušší krov tvořen jen dvojicemi krokví, které se ve vrcholu vzájemně podpírají. V patě krovu jsou krokve připevněny buď k pozednici (řádné = ukotvení) anebo ke stropním trámům. Krokve jsou namáhány jak svojí tíhou, tak zatížením protější krokve. Používá se hlavně v případech, kdy je třeba maximálně využít podkroví nebo u velmi malých rozponů konstrukce, které nepřesahují rozpětí 7 m. U tohoto krovu je nutné zvolit dobré zavětrování konstrukce. Prostorové ztužení může být tvořeno např. bedněním z prken [3].

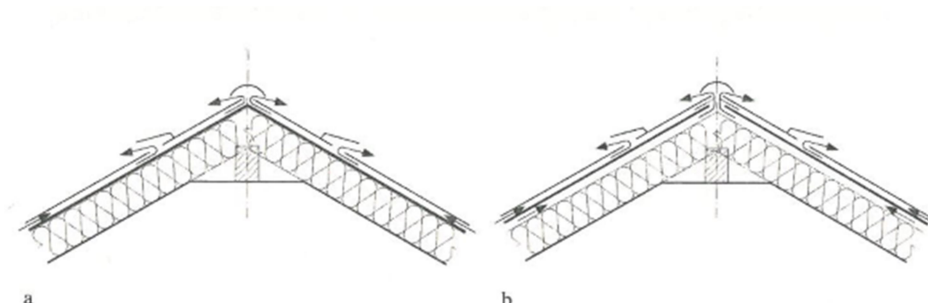
**Obrázek 4 Schéma krokvové soustavy [37]
a- s námětky; b- bez námětků**

2.1.2 Materiálové řešení vrstvy šikmých střech

Odvětrávaná vzduchová mezera

Vrstva, která se navrhuje pro střechy dvou či víceplášťové. Podle konstrukčního řešení střechy se navrhuje i počet vzduchových mezer. Dvouplášťové střechy se provádí s jednou vzduchovou mezerou a víceplášťové střechy se provádí s více než jednou vzduchovou mezerou. Tloušťku vzduchové vrstvy určuje výška kontralatí. Funkcí této vrstvy je zabránit kondenzaci vodní páry, snižování teploty v létě a v zimě srovnání teploty ve střešní krytině a odvod vlhkosti, která se dostala do střešního pláště [5].

Cirkulace vzduchu v mezeře je zajištěna rozdílnými teplotami v nižší a vyšší části střechy, tedy rozdílnými tlaky vzduchu a dále pak působením větru. Dále provětrávání vzduchové mezery je zapříčiněné napojením mezery na vnější prostředí. Přivádění vzduchu do mezery se provádí pomocí krytých otvorů nejčastěji náležitou mřížkou. Umístění těchto otvorů je v nejnižší části střechy u okapní hrany a mezera je provedena až do nejvyšší části střechy k hřebeni [2,3].



Obrázek 7 Schéma provětrávání šikmých střech [1]
a – jen nad pojistnou hydroizolací, b – pod a nad pojistnou hydroizolací

Funkce provětrávání střešního pláště[5]:

- Odvedení vlhkosti do vnějšího prostředí (vlhkost z vnějšího prostředí, která pronikla skrz střešní krytinu, dále vlhkost z vnitřního prostředí, která pronikla skrz vzduchotěsnící vrstvy a vlhkost obsažená například v syrovém mokřém dřevě použitém na stavbu)

- Snížení teploty pod střešní krytinou v teplých měsících, kdy může dojít k silnému přehřátí vnitřního prostředí
- Srovnávání teplot ve střešních krytinách, aby nedocházelo ke vzniku vnitřního napětí v materiálech a v zimních měsících docházelo k postupnému rovnoměrnému odtávání sněhu v celé ploše střechy
- Zabránění vzniku kondenzátu vodních par, které postoupí do střešního pláště z vnitřního prostředí

Nejvíce používanou variantou konstrukce šikmé střechy, kde se používá vzduchová mezera je střecha dvouplášťová. Umístění odvětrávané vzduchové mezery se nachází mezi nosnou konstrukcí a pojistnou hydroizolací. Volba pojistné hydroizolace musí být jedině z materiálu difuzně otevřené folie kontaktní na tepelnou izolaci nebo bednění. Odvětrávání vzduchové mezery se dimenzuje podle normy ČSN 731901 – Navrhování střech [2].

Nejmenší tloušťka větrané vzduchové mezery, určené pro odvod vodní páry je [5]:

- 60 mm – pro střechy se sklonem 5 °-25 °;
- 40 mm – pro střechy se sklonem vyšším než 25 °;

Při návrhu a realizaci je nutno dávat pozor na chyby. Proto je nutno dávat pozor, aby nedošlo k zakrytí přivádějících otvorů příliš hustou mřížkou; neřešení propojení polí odvětrávané mezery pod a nad střešními okny; nadměrné přimáčknutí vláknité tepelné izolace pod pojistnou hydroizolaci a tím zmenšení vzduchové mezery [5].

Parotěsnicí vrstva

Parotěsnicí vrstva též nazývaná parotěsná vrstva či parozábrana je nenahraditelnou vrstvou ve střešním plášti. Funkce parotěsné vrstvy je zamezení vzniku kondenzátu. Brání, aby v zimních měsících nedocházelo k průniku teplého vlhkého vzduchu z vnitřního prostředí do dalších vrstev střešního pláště. Vrstva tedy musí zamezit jakémukoli prostupu vzduchu z vnitřního prostředí do prostředí vnějšího. Realizace izolace musí být pod celým podhledem ve všech částech podkroví. Instalováním parozábrany by se měl vnitřní prostor vzduchotěsně uzavřít [2,5].

Vzduch vždy vykazuje určitou míru vlhkosti. Běžná hodnota vlhkosti vzduchu se pohybuje okolo 50 %. Musíme si ale uvědomit, že obýváním podkroví dochází k velkému zvýšení vlhkosti vzduchu. Koupelny a kuchyně jsou jedny s nejvyšší produkcí vlhkosti. Vyšší vlhkost je, ale i v ložnicích, neboť spící člověk během noci vyprodukuje velké množství vodní páry. Vlhkost se zvyšuje tím, že vytřeme mokřím hadrem podlahu, pokud zalijeme květiny nebo jestli se v místnosti nachází akvárium. Všechny tyto důvody vysvětlují, proč vlastně je důležité parotěsnou vrstvu do střešního pláště navrhovat. Při návrhu podobně jako u hydroizolační vrstvy se musí hlídat a výpočtově ověřit faktor difuzního odporu celé vrstvy a zohlednit difúzní propustnost spár. Pro použití parozábrany se vyrábějí různé speciální folie. Materiály parotěsných zábran jsou folie jednovrstvé nebo vícevrstvé. Nejrozšířenější je polyolefinová folie jednovrstvá s výztužnou mřížkou. Folie, které mají více vrstev jsou opatřeny z vnitřní strany hliníkovou reflexní vrstvou, která zlepšuje fyzikální vlastnosti folie. Například odráží sálavé teplo zpátky do vnitřního prostředí v zimních měsících. U této folie platí pravidlo, pokud je hodnota difuzní tloušťky vyšší, tím poskytuje folie lepší ochranu před prostupem vzduchu z interiéru. Parozábrana s reflexní vrstvou musí vždy směřovat do interiéru, jinak by folie neplnila své vlastnosti [5].

Umístění parotěsné vrstvy volíme vždy mezi tepelnou izolaci a podhledem krovu. Montuje se ve vodorovných i svislých pruzích, záleží pouze na rozhodnutí, který typ montáže je v dané části efektivnější. Parozábranu realizujeme třemi základními způsoby. První varianta je umístění parozábrany až na konstrukci nosného podhledu. Tento způsob parozábrany je rizikový a to proto, že každé připevnění předmětu do podhledu hmoždinkou nebo vruty folii poškodí. Proto tento způsob se spíše nevolí. Druhá varianta vkládání parozábrany mezi první a druhou vrstvu tepelné izolace. Při uložení tepelné izolace mezi kroky ze spodní strany krokvi se umístí parozábrana. Poté přes parozábranu se provede druhá spodní vrstva tepelné izolace. U druhé vrstvy tepelné izolace, ale musíme dodržovat podmínku poměru tloušťky tepelné izolace pod krokvemi a mezi krokvemi musí být poměr 1:3. Třetí a poslední umístění parotěsné zábrany je přímo pod tepelnou izolaci. Volba této varianty je vhodná při pozdější realizaci elektrického vedení. Při realizaci je nutno dávat pozor na nedokonalé utěsnění spojů, prostupů navazujících konstrukcí; napojení na svislé zdi; vhodnost lepicí pásky pro

lepené spoje nebo aby parozábrana s hliníkovou reflexní vrstvou nebyla uložena v přímém kontaktu s podhledem či tepelnou izolací bez vzduchové mezery [2,3,5].

Tepelněizolační vrstva

Primární funkce tepelněizolační vrstvy je chránit vnitřní prostředí před ztrátou teploty z vnitřního prostředí v zimním období a současně v letním období chrání proti přehřívání vnitřní strany vlivem vysokých teplot a slunečního záření z vnější strany. Při výběru druhu tepelné izolace si musíme uvědomit, v jakých místech střešního pláště se tepelná izolace bude nacházet. Při realizaci tepelně izolační vrstvy je dále důležité technické a řemeslné provedení práce, umístění v konstrukci, počet jednotlivých vrstev a pečlivost montáže. Druhům tepelné izolace, jejich vlastnostem a posouzení se věnuji detailněji v následujících kapitolách 2.3, 2.4.2 [2,5].

Nedílnou funkcí tepelně izolační vrstvy je zvukový útlum. Při výběru tepelné izolace musíme brát v potaz i podmínky akustické ochrany. Dále věnujeme pozornost vlastnosti odolnosti proti ohni. Tepelněizolační vrstva by měla být jednoznačně suchá, aby mohla plnit svoji funkci. V případě že by se do vrstvy dostala vlhkost nebo by byla zcela mokrá ztrácí postupně svoji účinnost. Tyto případy nechtěného průniku vody či zkondenzování ve střešním plášti je zapříčiněno nesprávnou montáží tepelné izolace, vzniku tepelných mostů či špatný návrh parotěsné vrstvy [2,3].

Pojistná hydroizolace

Pronikání vody a prachu v šikmých střešních pláštích brání hydroizolační vrstva. Je to tenká folie, jejíž hlavní úkol je chránit vrstvy střešního pláště od vlivů vnějšího prostředí, ale při tom propouští vodní páry z vnitřního prostředí. Též plní funkci bezpečnostní pro provádění skládané krytiny. U šikmých zateplených střešních plášťů se pojistná hydroizolace umísťuje přímo pod krytinu a vzduchová vrstva mezi ní a krytinou musí být účinně provětrávaná. Tím, že vrstva je umístěna pod střešní krytinou, musí odolávat rozdílným teplotám v zimě a v létě. Požadavky na hydroizolační vrstvy jsou správná ekvivalentní difuzní tloušťka; schopnost propouštění vodních par; odolnost proti světelnému záření; hydroizolační schopnost; chemická odolnost. Pokud prostor pod hydroizolací není provětráván volíme vrstvu

s nejmenším difúzním odporem. Toto řešení je z důvodu aby na spodním líci vrstvy nedocházelo ke kondenzaci vodní páry. Hydroizolační vrstva se umísťuje na bednění tepelně izolační vrstvy nebo se volně zavěšuje mezi krokve. Pokud navrhujeme šikmé střechy víceplášťové hydroizolace musí být vždy difuzně otevřené. Difuzně otevřené materiály považujeme za izolace s ekvivalentní difuzní tloušťkou d menší 0,3 m. Upevňování vrstvy se řeší hřebíky se širokou hlavou nebo sponkami s protikorozní úpravou. K napojování nebo ukončení se používají nekorodující plechy anebo lepicí pásy určené výrobcem materiálu [5,7].

Druhy hydroizolace jsou bezkontaktní, kontaktní s tepelnou izolací a kontaktní s větracím bedněním. Bezkontaktní pojistná hydroizolace nesmí ležet na žádném jiném materiálu a má z obou stran vzduchovou mezeru, proto tento typ použijeme u nezateplených střech nebo u tříplášťových střech. Materiál, ze kterého jsou bezkontaktní hydroizolace vyráběny je mikroperforovaný polyetylén. Jsou průsvitné nebo bílé s viditelnou výztužnou mřížkou. Kontaktní hydroizolace se používá na dvouplášťové střechy. Je vyrobena z neprůsvitného materiálu, silnější a pevnější na rozdíl od bezkontaktních. Pokládka pojistné hydroizolace se provádí souběžně s okapní hranou od okapu k hřebeni s dostatečným přesahem jednotlivých pásů. Pozor si musíme dát na správnost pokládky z důvodu funkce, pokud by se dala opačně tak by vrstva nefungovala. Folie je totiž propustná jen jedním směrem. Vlivem proudění vzduchu se folie chvěje a tím vybíráme větší plošnou hmotnost folie, která je položena na bednění než na tepelnou izolaci. Poškození folie může nastat, pokud na folii působí UV záření více jak 3 měsíce nebo zasažením impregnačního prostředku použitým na dřevo [7].

Krytina

Funkce střešní krytiny je ochránění vrstev střešního pláště proti vodě. Při zvolení materiálu vrstvy je vhodné uvědomit si umístění stavby, způsob využití podkroví, členitost střechy i barevné provedení. Zaručení funkce ovlivňuje mnoho faktorů. Nejdůležitější je zvolení vhodné krytiny na příslušný sklon střechy, dodržení technologického předpisu pokládání krytiny a vhodné připravení podkladu pro vybraný druh krytiny. V případě že si vyberete krytinu, která není vhodná pro vybraný sklon střechy nelze krytinu použít, protože by neplnila svojí funkci. Ve většině případů je u nás velmi rozšířená osvědčená krytina pro šikmé

střechy to je skládaná krytina. Skládaná krytina se skládá z prvků pokládaných podle technologického postupu vydaného výrobcem. Jednotlivých druhů využívaných v praxi je nepřeberné množství, nepoužívanější druhy si následně přiblížíme [2].

Keramická krytina

Keramické pálené tašky jsou vyráběny z keramické hlíny, tento materiál je přírodní a ekologický. Povrch pálené tašky se opatřuje na vnější straně barevnou glazurou nebo se nechává bez úpravy. Předností pálených tašek je dlouhá životnost, barevná stálost krytiny, snadno recyklovatelný materiál a významné akumulční vlastnosti součinitele prostupu tepla. Zápor této krytiny je vyšší hmotnost, která má značný vliv na délku realizace střechy. Rozeznání kvality této střešní tašky je možné poklepem, pokud zaklepete a je jasný zvuk jedná se kvalitní střep. V případě že se ozve dutý zvuk jedná se nekvalitní střep, který může mít porušenou strukturu nebo má vnitřní trhliny. Keramická krytina se dělí podle tvaru na obyčejné ploché; tvarované; vlnovky; prejzy a speciální. Výhodou této krytiny je velmi široká nabídka na trhu z hlediska nejrůznějších tvarů, velikostí a odstínů povrchové úpravy. Má jednoduchou pokládku a tím že výrobce vyrábí celé systémy pokládky není těžká pro členité střechy [5].

Betonová krytina

Betonová krytina patří mezi nejrozšířenější krytinu využívanou v České republice z důvodu dlouhé tradice. Podobně jako keramická krytina má vysokou životnost, je jednoduchá na pokládku a má vyšší hmotnost. Betonové tašky jsou vyráběny z portlandského cementu, písku, další různé pigmentů a vody. Různorodost tvarů této krytiny je stejná jako předchozí keramické krytina. Podklad pro krytiny tvoří nosné střešní latě o rozměrech 40/60 mm. Vzdálenost nosných střešních latí je určena typem, velikostí a systémem pokládání krytiny. Zavěšení tašky na latě je realizované díky výstupkům vyrobeným na spodní straně, nazývají se nosy. Podobně jako u keramické krytiny se musí u vyšších sklonů tašky zachytit. Zachycení je provedené speciálními drátěnými příponky, hřebíky nebo vruty. Sklon střechy 45 °- 60 ° vyžaduje kotvit každou třetí tašku a pokud máme střechu se sklonem vyšší jak 60 ° kotvíme každou tašku [3,5].

Vláknocementové šablony

Vláknocementové šablony se vyrábějí eternitu. Dnešní eternit neobsahuje azbest a ani jiné škodliviny oproti eternitu vyráběnému před 30 lety. Vyniká svojí variabilitou pro použití na střechy i fasády. Svoji oblíbenost tento materiál získal díky své nízké hmotnosti, dlouhodobé životnosti či vysoké funkčnosti. Skládaná krytina se zhotovuje z plošných rovných nebo vlnitých prvků, které se spojují přesahem. Jako každá skládaná krytina vyžaduje pod sebou pojistnou hydroizolační vrstvu. Vláknocementové šablony se vyrábějí maloplošné, maloplošné jednostranně vytvarované a velkoplošné. Způsobem zhotovení se dělí na druhy: čtvercovou šablonu s bočním zkosením rohů – český typ; obdélníkovou šablonu –anglický typ; čtvercovou – německý typ; bobrovka a dvojité ze čtvercových nebo obdélníkových šablon kladené rovnoběžně s okapem. Podklad pro tuto krytinu se používá nejčastěji laťování, bednění anebo v některých případech i vazničky. Výhodné je barevné provedení, které má široké spektrum a o barvě většinou rozhoduje architektonický výraz domu [3,5].

Plechové krytiny

Plechová lehká krytina se řadí mezi moderní a velmi oblíbenou variantu. Tento materiál je velmi lehký, oproti hmotnosti betonové krytiny je hmotnost až 10 krát nižší. Dodává se v pásech šířky zhruba 100 cm a délce podle zvolené potřeby investora. Krytina je vyrobena většinou z pozinkovaného plechu, který je na povrchu chráněn plastem z důvodu lepší odolnosti vůči klimatickým vlivům. Bezpečný sklon pro střechy plechové je dán výrobcem a pohybuje se cca 15 °-20 °. Plechové krytiny jsou také ve formě šablon, které se skládají obdobným způsobem jako vláknocementové šablony nebo profilované taškové tabule. Tyto tabule však mají jiný vhodný sklon střešní konstrukce. Vyrábějí se v podobě skládaných stěžních tašek, trapézového plechu anebo klasický falcovaný plech, který se používá nejčastěji pro zastřešení rodinných domů. Pro tyto střešní krytiny jsou od výrobce tvořeny ucelené systémy a doplněny originálním příslušenstvím umožňující bezchybné provedené vodotěsné vrstvy [2,3].

Ostatní krytiny

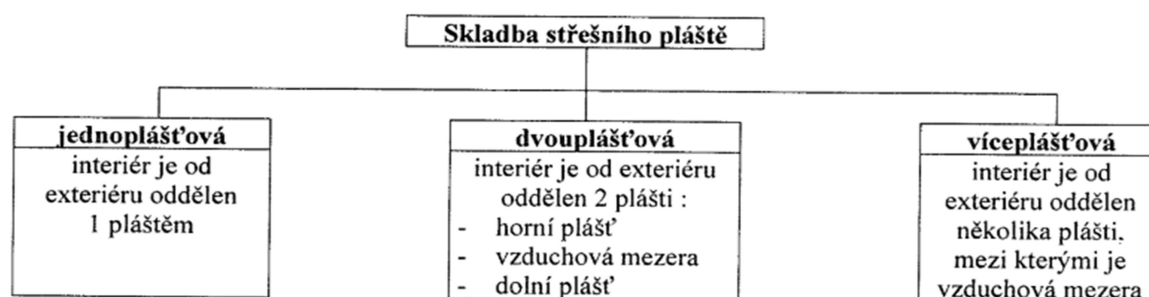
Do této podskupiny krytin patří slaměné a rákosové došky nebo dřevěné šindele. Tyto krytiny mají v Čechách dlouholetou tradici. Jedná se spíše o materiály, které se používaly dříve. I když mají výbornou tepelně izolační vlastnost a brání rychlému střídání teploty v interiéru, dnešním podmínkám návrhu nevyhovují a tato krytina se nepoužívá [5].

2.1.3 Dělení střešních pláštů

Souvrství střešního pláště musí být pokaždé navrženo správně. Během návrhu nestačí se zaměřit jen na charakteristiky materiálů (fyzikální nebo pevnostní). Pozornost věnujeme i vhodnému umístění jednotlivých vrstev. Další vlivy, které jsou třeba pro návrh zohlednit, je především zvolený sklon střechy, druh nosné konstrukce, mechanické namáhání, vlastnosti vrstev z hlediska tepelně-technického a hydroizolačního či parametry vnitřního a vnějšího prostředí. V případě, že skladbu šikmého pláště zvolíme špatně z hlediska vlhkostního režimu, střechu postihnou trvalé vady, které většinou nelze odstranit a následuje výměna celé konstrukce. Při návrhu střešního pláště je velice důležitá správná volba hydroizolačního systému. Volba vhodného hydroizolačního systému zahrnuje řešení celého systému s detaily nejen to po technické stránce, ale i po technologické [3].

Jednotlivé vrstvy střešního pláště zajišťují funkci hydroizolační, parotěsnou, vzduchovou, tepelně izolační, ochranou, pohledovou, separační, stabilizační a nosnou. V závislosti na uspořádání jednotlivých vrstev, na jejich poloze vzhledem k nosné konstrukci a na umístění vzduchových mezer a jejich napojení na vnější prostředí, rozlišujeme několik konstrukčních variant šikmých střešních pláštů [7].

a) Konstrukční varianty podle typu střešního pláště



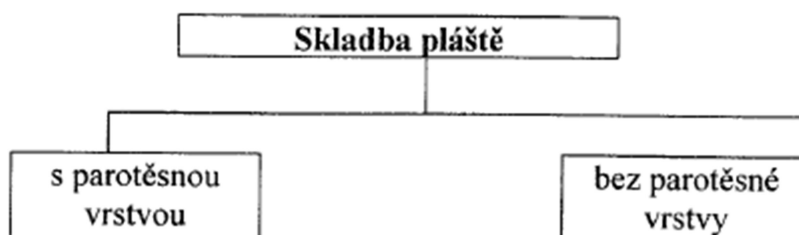
Obrázek 8 Rozdělení podle typu střešního pláště [7]

b) Konstrukční varianty podle napojení vzduchové vrstvy na exteriér



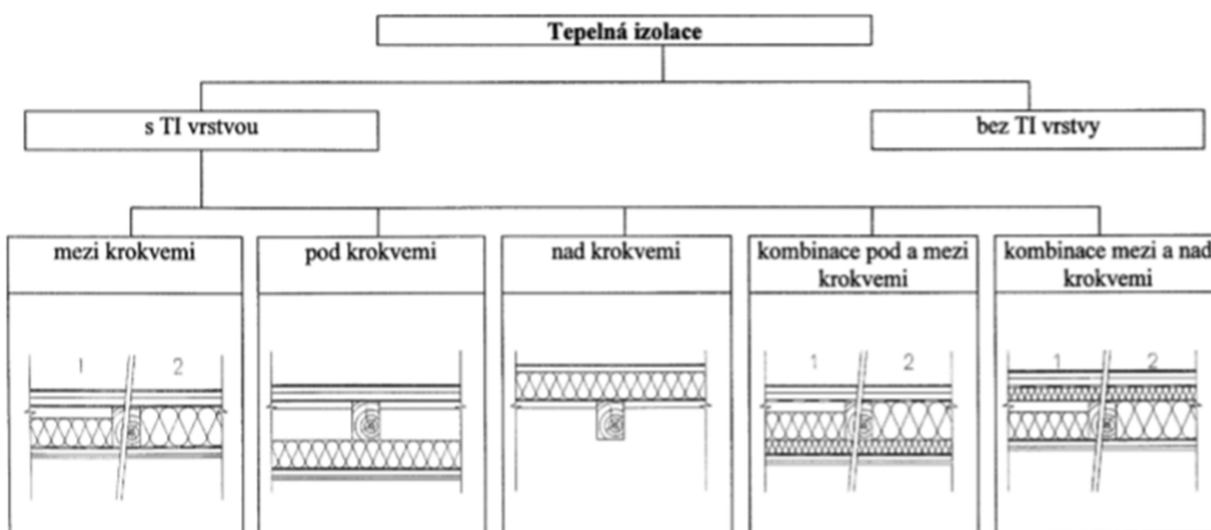
Obrázek 9 Rozdělení podle vzduchové vrstvy [7]

c) Konstrukční varianty podle parotěsné vrstvy



Obrázek 10 Rozdělení podle parotěsné vrstvy [7]

d) Konstrukční systém podle umístění tepelné izolace



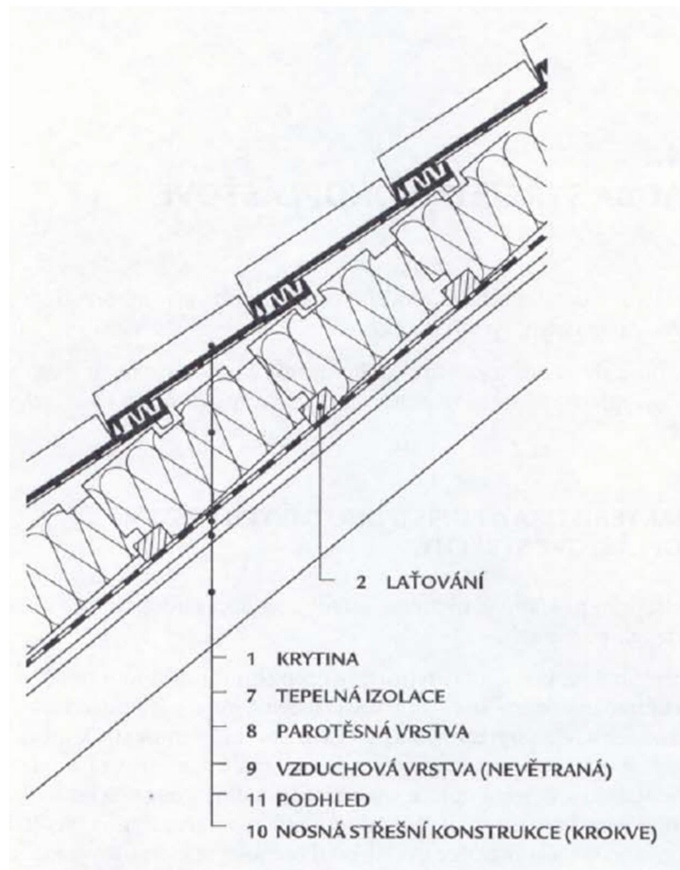
Obrázek 11 Rozdělení podle tepelné izolace [7]

Jednoplášťová střecha

Jednoplášťové střešní pláště pro podkroví jsou velice málo běžné. Charakteristické je pro tuto skladbu střešního pláště, že neobsahuje ve své skladbě odvětrávanou mezeru a jednotlivé vrstvy materiálu jsou kladeny kontaktně. Klade značné nároky na tepelněizolační materiál. Nejjednodušší jednoplášťová střecha je bez tepelné izolace. Dále mezi jednoplášťové střechy patří střecha se slámovými a rákosovými došky. Plní funkce hydroizolační vrstvy a tepelně izolační vrstvy. Použití této skladby, se provádělo dříve a v této době lze použít jen za přesně stanovených podmínek. Realizace jednoplášťové střechy patří mezi méně náročné a nároky pro tepelně izolační vrstvu jsou velmi vysoké. Tyto podmínky splní skladba střechy s tvarovanou tepelnou izolací bez provětrávané mezery pod krytinou nebo zelené střechy [2,3,8].

Vrstvy střechy [3] :

- Střešní plášť
- Skládaná krytina
- Tepelně izolační vrstva
- Nosná konstrukce tepelněizolační vrstvy
- Parotěsná vrstva
- Nosná střešní konstrukce



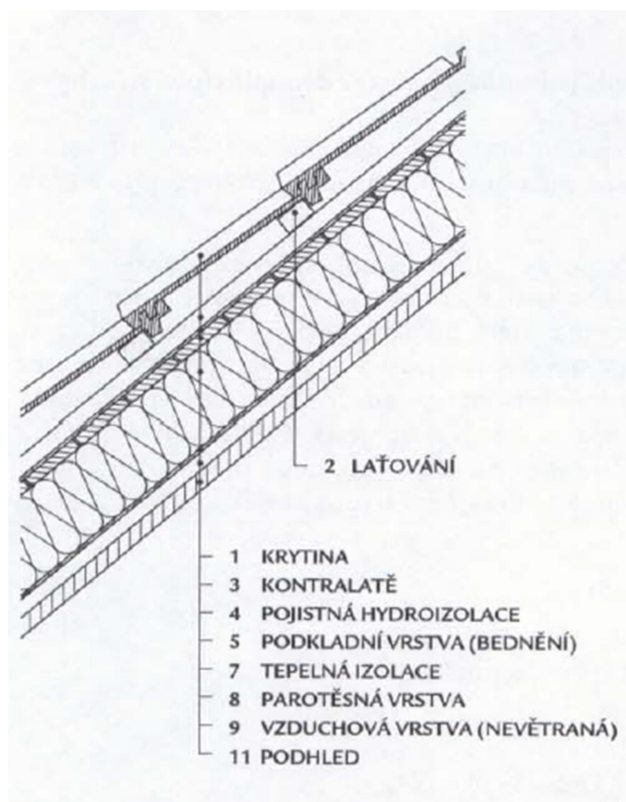
Obrázek 12 Skladba jednoplášťové střechy [7].

Dvouplášťová střecha

Střešní konstrukce s použitím dvouplášťové střechy patří mezi nejrozšířenější při budování podkrovního prostoru. Charakteristickým prvkem pro skladbu je, že obsahuje ve své skladbě jednu odvětrávanou vzduchovou mezeru rozdělující střešní plášť na dolní část – pod odvětrávanou mezerou a horní část – nad odvětrávanou mezerou. Umístění odvětrané mezery je mezi střešní krytinou a pojistnou hydroizolací. Tento typ střechy lze nazývat tzv. „teplou“ střechou. Vzduch z interiéru prochází skoro celým střešním pláštěm až na úroveň krytiny a poté je vnášen do exteriéru. Pro zateplení dvouplášťových střech je možné použít různé materiály. Výběr materiálu závisí na umístění tepelné izolace v konstrukci střešního pláště. Pro vkládání tepelné izolace mezi krokve se používá nejvíce tvárný materiál jako např: minerální vlna nebo konopná izolace. Naopak pro nadkrokevní tepelné izolace je vhodné zvolit materiál s vysokou pevností [2,3,8].

Vrstvy střechy [3]:

- Horní plášť
- Skládaná krytina
- Nosná vrstva horního pláště
- Odvětrávaná vzduchová vrstva
- Dolní plášť
- Pojistná hydroizolační vrstva
- Podkladová a stabilizační vrstva
- Tepelněizolační vrstva: umístěná dle konstrukční varianty
- Parotěsná vrstva
- Podkladová a stabilizační vrstva
- Podhledová vrstva
- Nosná střešní konstrukce – zabudovaná ve střešním plášti



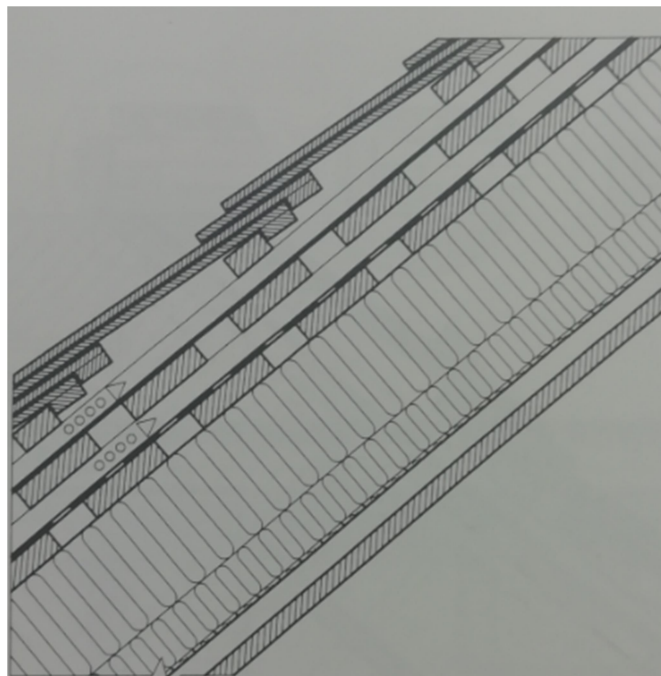
Obrázek 13 Skladba dvouplášťové střechy [7]

Tříplášťová střecha

Použití tříplášťových šikmých střech pro podkrovní prostor není příliš běžný z důvodu náročného řešení stavební fyziky. Používá se pro podkrovní prostor většinou, pouze pokud tepelná izolace je umístěna ve střešním plášti mezi i pod krokviemi. Použití systému s umístěním izolace nad krokviemi pro tříplášťové střechy není vhodné. Charakteristickým prvkem pro skladbu střešního pláště je, že obsahuje ve skladbě dvě odvětrávané vzduchové mezery rozdělující na dolní, střední a horní část pláště [3,5].

Vrstvy střechy [3]:

- Horní plášť
- Skládaná krytina
- Nosná vrstva horního pláště
- Větraná vzduchová vrstva
- Střední plášť
- Pojistná hydroizolační vrstva
- Nosná vrstva střešního pláště
- Větraná vzduchová vrstva
- Dolní plášť
- Podkladová a stabilizační vrstva
- Tepelněizolační vrstva
- Podkladová a stabilizační vrstva
- Parotěsná vrstva
- Podhledová vrstva
- Nosná střešní konstrukce-zabudovaná ve střešním plášti

**Obrázek 14** Skladba tříplášťové střechy [3]

2.2 Skladby z hlediska umístění tepelné izolace

Původně se střechy vůbec nezateplovaly, poté přišly na trh heraklitové nebo polystyrénové desky, které se přibíjely ze spodní části krokví. Vyžívalo se i zateplené mezi krokve, které se vysypávalo obilnými plevami. To mohlo být doplněno izolací ze skelné vaty. S přibývajícím nároky na zateplení střešního pláště se mění použitý materiál, ale i umístění tepelné izolace[5].

Dříve se nejvíce používalo umístění tepelné izolace mezi krokve. Vzhledem k vzrůstajícím požadavkům na tepelný odpor je varianta nedostačující. Tento způsob byl doplněn vložením další tepelné izolace umístěnou pod krokve. Používání této varianty v dnešní době je velmi rozšířené z důvodu známé a poměrně snadné realizace a eliminace tepelných mostů. Další možnost zateplení je vložení tepelné izolace mezi krokve a doplnění vrstvou tepelné izolace nad krokve. K této variantě se přikláníme, pokud chceme eliminovat tepelné mosty a zároveň nechceme snížit obytný prostor v podkroví. Nebo provádíme rekonstrukci staré střechy s mezikrokevním zateplením a nechceme zasahovat stavebními pracemi do podkroví. Hojně využívanou variantou zateplení v této době je řešení umístění tepelné izolace nad krokev. Zvolením místa uložení izolace nad krokev vznikne výhoda, že tloušťka vrstvy je konstantní zamezuje jakýmkoliv tepelným mostům. Jako řada novějších technologií má své podporovatele a odpůrce. Odpůrci argumentují kvůli větším namáháním na nosnou konstrukci oproti předchozím variantám [2].

2.2.1 Střešní plášť bez tepelné izolace

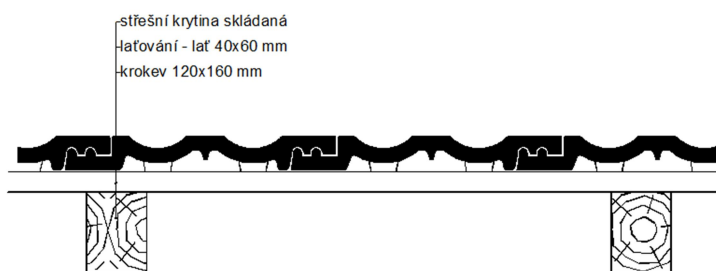
Z pohledu na skladbu pláště se tato technologie řadí mezi historické záležitosti. Nebo konstrukce zastřešení doplňkových prostorů například přístřešky pro auta, či jiné konstrukce nevyžadující precizní vodotěsnost a teplenou pohodu. Tento typ střešního pláště se řadí mezi nejjednodušší z hlediska realizace. S ohledem na ekonomickou stránku je skladba střechy velice levná. Při opominutí tepelné izolace a provedením pouze pomocí skládané krytiny vzniknou netěsnosti. Prostor nacházející se pod krytinou je částečně odvětráván označuje tuto skladbu jako „studená střecha“ [2].

Neodmyslitelnou částí jednoplášťových střech bez tepelné izolace jsou střešní konstrukce slámové nebo z rákosových došků. Je to krytina, která se používala v dřívějších dobách a dnes se k ní někteří vrací. Je to z důvodu toho, že tyto krytiny plní současně funkci skládané hydroizolační vrstvy i tepelného izolantu. Rozdíl mezi nimi je, že dvouplášťová střecha se realizuje z těchto vrstev střešního pláště: střešní krytina pod ní laťování prováděné z důvodu upevnění tašek; kontralatě, které tvoří vzduchovou mezeru. Dále pojistná hydroizolace, která se většinou z estetických, ale i tepelně izolačních důvodů připevňuje na celoplošné dřevěné bednění [3,5].

Klady těchto skladeb střešního pláště jsou rychlost realizace, nízké náklady a malá tloušťka střešního pláště. Zápor je jen jeden, ale to dost podstatný. Použitelnost skladby lze využít jen pro určité typy budov.

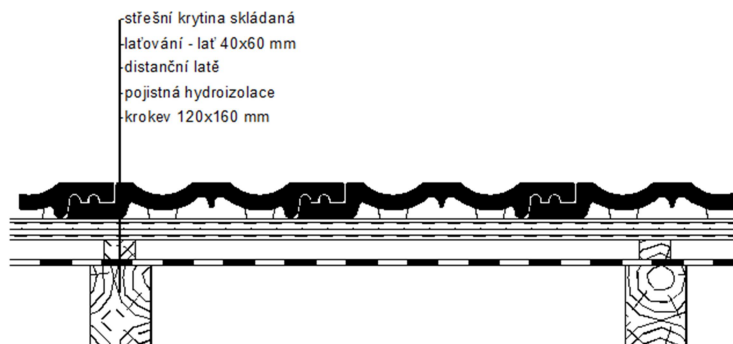
Druhy:

- Skladba bez tepelné izolace pouze s krytinou



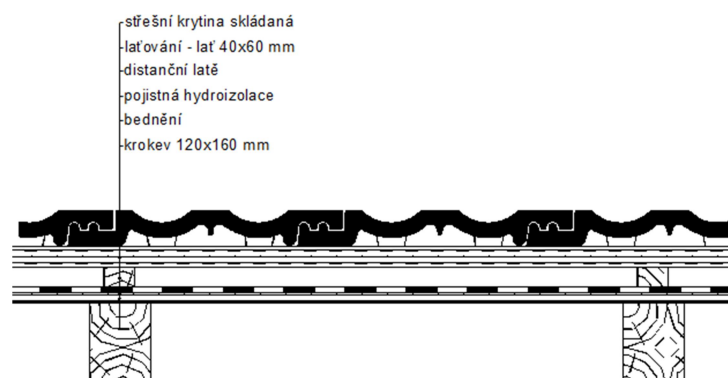
Obrázek 15 Příklad skladby bez tepelné izolace č. 1 [42]

- Skladba s umístěnou pojistnou hydroizolací volně nad krokvemi



Obrázek 16 Příklad skladby bez tepelné izolace č. 2 [42]

- Skladba s umístěnou pojistnou hydroizolací na bedněni



Obrázek 17 Příklad skladby bez tepelné izolace č. 3 [42]

2.2.2 Tepelná izolace mezi krokvemi

Charakteristikou této skladby je tepelná izolace uložená v prostoru mezi krokvemi, tedy v úrovni nosné konstrukce. Pokud se ve skladbě střešního pláště nachází tepelná izolace, musíme ve skladbě střešního pláště pod krytinou a nad tepelnou izolací vždy navrhovat pojistnou hydroizolaci. Pojistná hydroizolace musí splňovat malou hodnotu difuzního odporu. Pojistná hydroizolace zamezuje vnikání nechtěné vody do tepelné izolace, která pronikla skrz střešní krytinu nebo vznikla kondenzací. Provětrávání v této skladbě střešního pláště je zajištěno pomocí kontralatí. Z historického pohledu se setkáváme i s variantou, že tepelný izolant je snížen od horní hrany krokve. V tomto místě právě vzniká vzduchová mezera. S touto skladbou střešního pláště se setkáme pouze na již realizovaných střeších [2,3].

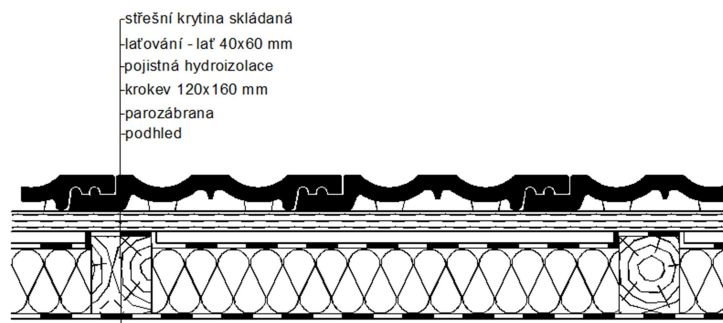
Během realizace a provozu zateplení podkroví se snažíme mít co nejméně tepelných ztrát bez kondenzace vodní páry pod střešní krytinou a tepelnou izolací. Těchto podmínek docílíme při vložení dostatečně vysoké tepelné izolace. I když dřevo je poměrně dobrý izolant oproti tepelně izolačním materiálům má horší vlastnosti. Vzhledem k horším vlastnostem dřeva a přerušení tepelně izolační vrstvy v místě krokvi vznikají tepelné mosty. Tato konstrukční varianta střešního pláště nevyhovuje dnešním tepelně technickým požadavkům normy, proto se od realizace tohoto systému zastřešení víceméně upouští [8].

Provedení zateplení mezi krokve se provádí z vnitřní strany střešního pláště, po realizování pojistné hydroizolace, vzduchové mezery a upevnění krytiny. Před vkládáním izolace mezi krokve se nejdříve zkontroluje těsnost pojistné hydroizolace – ukončení a možné prostupy skrz izolaci. Dále se tepelnou izolací zateplí případně vzniklá dutina u pozednice, kde je nejčastější vznik tepelného mostu. Šířka izolantu se volí jako odpovídající tloušťka krokve. Šířka pásu, který se vkládá mezi krokve odpovídá rozteči krokví s přírážkou 1-2 centimetry pro lepší udržení izolace. Pokud izolace vypadává lze si pomoci upevněním hřebíčku na krokve a provléknutím drátku mezi ně. Poté se provádí parotěsná vrstva a nosný systém, který drží zvolený záklop. Podhled se provádí ze dřeva anebo v této době spíše ze sádkartonových či sádrovláknitých desek [2,3].

Výhody jednoduchosti při realizaci a tím, že tepelný izolant nezmenšuje podkrovní prostor, převažují nad nevýhodami mezi, které patří jak již bylo zmíněno, vnikající tepelné mosty, které přispívají k tepelným ztrátám. A dále to, že maximální tloušťka tepelného izolantu je limitována výškou krokve.

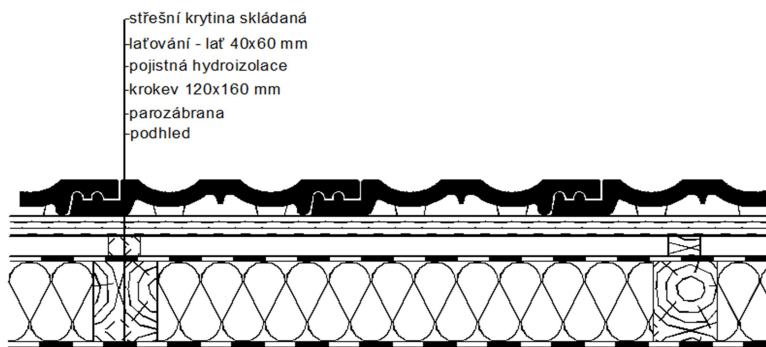
Druhy

- Dvouplášťová se sníženou tepelnou izolací



Obrázek 18 Příklad skladby se sníženou tepelnou izolací [42]

- Dvouplášťová klasická



Obrázek 19 Příklad skladby s tepelnou izolací [42]

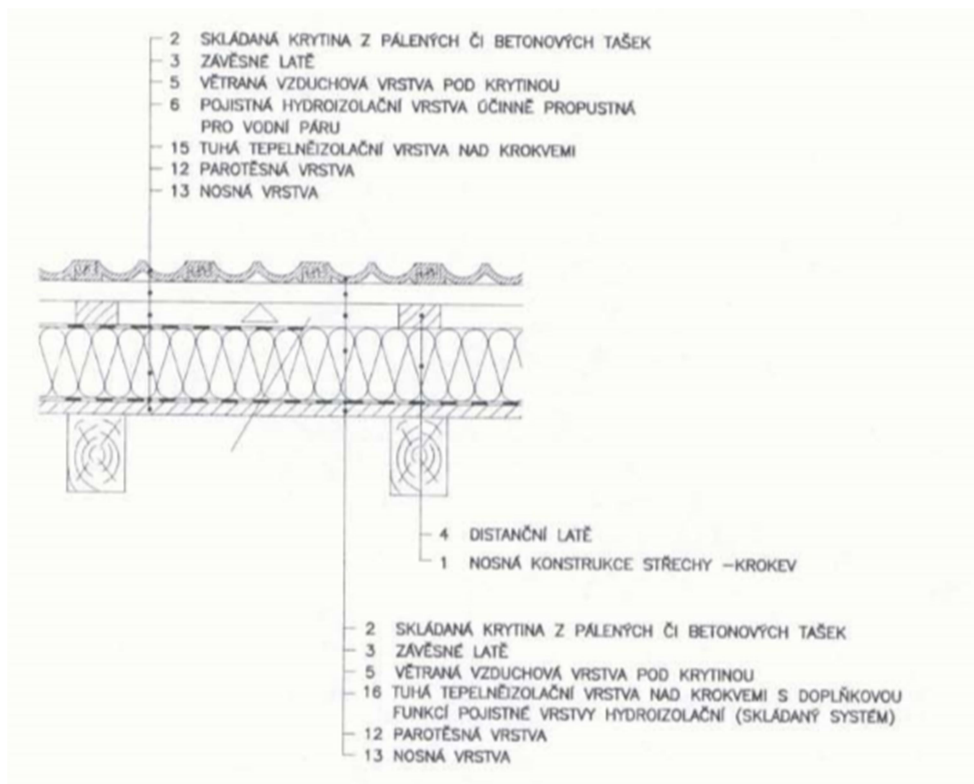
2.2.3 Tepelná izolace nad krokviemi

Tato skladba střešního pláště s umístěním tepelné izolace nad krokviemi je z hlediska tepelné techniky nejvýhodnější zateplením pro šikmé střechy. Tento systém zateplení se řadí mezi nejvíce využívaný v poslední době, jednak z důvodu, že nevznikají systémové tepelné mosty v důsledku umístění nosných prvků krovu pod tepelnou izolací. Další výhodou plyne z estetického hlediska. Umístěním tepelné izolace nad krokve se přiznává celá konstrukce krovu, což v této době je velice moderní v bytovém designu. Pro izolování tímto způsobem je nutné vybrat materiál, který má dostatečnou pevnost vůči mechanickému poškození. Materiálem vhodným pro toto zateplení jsou většinou desky z kamenné vlny, pěnového skla, polyuretanu (PUR) nebo polyisokyanurátu (PIR). Realizaci střešního pláště s nadkrokovním zateplením lze provádět jednovrstvou nebo dvouvrstvou [2,5].

Jednovrstvý střešní plášť se skládá z těchto vrstev: podhled, parozábrana, dřevěné laťování pro upevnění tepelné izolace, tepelná izolace, pojistná hydroizolace a krytina. Vhodná tepelná izolace pro tento systém je deska, která je tvarovaná z horní strany pro upevnění skládané těžké krytiny. Spojení těchto desek se provádí na spoj pero + drážka, zámky nebo ozuby. Dále na rozdíl od klasických tepelných izolací je deska opatřena drážkou, která odvádí případnou zkondenzovanou vodu do okapního žlabu. Pro zateplení dvouvrstvého střešního pláště se volí desky z kamenné vlny nebo PIR desky opatřené pojistnou hydroizolací a těsníci systémy prvky. Prováděním izolace z kamenné vlny vzniká jedna z nevýhod a to realizace celoplošného záklopu a dále připevnění pomocných nosných prvků. Jedná se o prvky z oceli nebo z kamenné vlny, přidělané na vrchní straně krokve. Tyto prvky dále drží přídatné dřevěné krokve provedené z důvodu pro uchycení pojistné hydroizolace a dalších potřebných vrstev pro klasické zastřešení. Zateplení se skládá z jedné vrstvy nebo ze dvou. V případě zateplení s dvěma vrstvami, první vrstva se umísťuje mezi drážky a druhá mezi pomocné krokve. Dále jako u každého klasického zastřešení se provádí pojistná hydroizolace, laťování kontralatěmi a střešní krytina. Při využití zateplení pomocí PIR desek se nám realizace zateplení o dost zkrátí. Jednak jsou desky opatřeny z vrchní strany pojistnou hydroizolací a za druhé některé systémy zateplení nevyžadují celoplošný záklop nebo i provádění parotěsné zábrany [2,3].

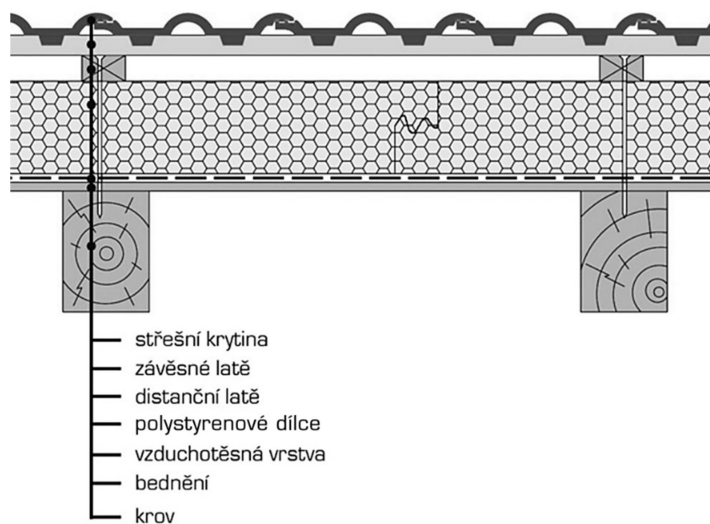
Druhy:

- Teplená izolace s kamennou vatou



Obrázek 20 Příklad skladby s teplenou izolací kamenná vata [7]

- Tepelná izolace s deskami PIR



Obrázek 21 Příklad skladby s deskami PIR [39]

2.2.4 Tepelná izolace mezi a pod krokviemi

Výběr toho systému je kombinací dvou zateplení, a to mezi krokviemi a pod krokviemi. Systém má velkou oblibu z důvodu zvyšování normových nároků na prostup tepla, ale i požadavku úspory energie.

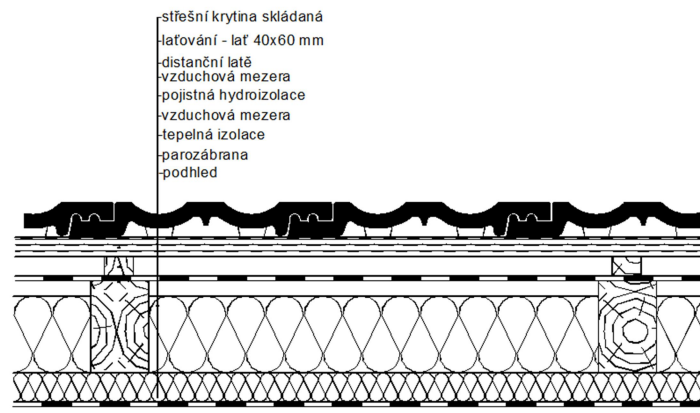
Zateplení tímto systémem se provádí z vnitřní strany střešního pláště. Proto nejdříve musíme kontrolovat, jestli pojistná hydroizolace je řádně připevněna a ukončena. Ukončení musí být provedeno tak, aby se voda odváděla mimo budovu. Napojení mezi sebou nebo prostupující prvek skrz izolaci eliminovat vnik vody do izolace. Tyto kroky provádíme při jakémkoliv systému zateplení. Poté se nesmí zapomenout vyplnit dutinu v prostoru u pozednice, kde vznikají nejčastěji tepelné mosty. Vkládání mezi krokové izolace se provádí stejně, jak je již zmíněno v kapitole č. 2.2.2. Po vložení tepelné izolace mezi krokve následuje aplikace nosných závěsů a roštu pro vytvoření podhledu a nápomocných k přichycení vložené tepelně izolační vrstvy pod krokve. Dále se vloží tepelná izolace pod krokve. Na řadu přijde realizace parotěsné zábrany, kde jsou dvě varianty. První z variant je realizace parozábrany, než se vloží tepelně izolační materiál pod krokve a druhá varianta je, že parozábrana se provádí až po vložení druhé vrstvy izolantu. Volba varianty je na rozhodnutí projektanta. Poté se už jen realizuje podhled z prken nebo v této době spíše ze sádrokartonových či sádrovláknitých desek [2,5].

Výhodné pro tuto skladbu střešního pláště je realizace zateplení z vnitřní strany podkroví. Na druhé straně se ale prostor v podkroví zmenší. Na diskuzi přichází odstranění tepelných mostů. Z jednoho úhlu pohledu se odstraní, protože je přidaná vrstva tepelné izolace, ale na druhou stranu nějaké tepelné mosty pořád jsou, protože krokev je umístěna na studené straně střechy [2,3].

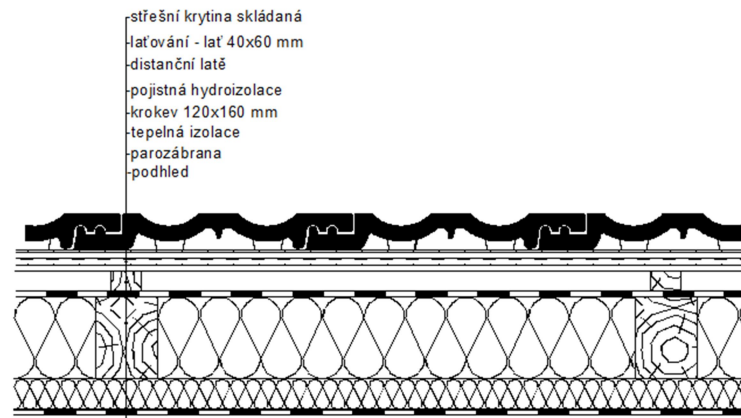
Zateplení pomocí tříplášťového střešního pláště lze provést jen pro tento způsob zateplení. Ve skladbě se nacházejí dvě vzduchové mezery, které jsou umístěné pod a nad pojistnou hydroizolací. Materiály vhodné pro zateplení tříplášťových střech se používají obdobné. Provádění této skladby střešního pláště je velice pracné a technologicky časově náročné, proto se dále touto skladbou nebudu zabírat [2].

Druhy:

- Dvouplášťová s umístěním parozábrany mezi tepelnou izolaci a pod izolací

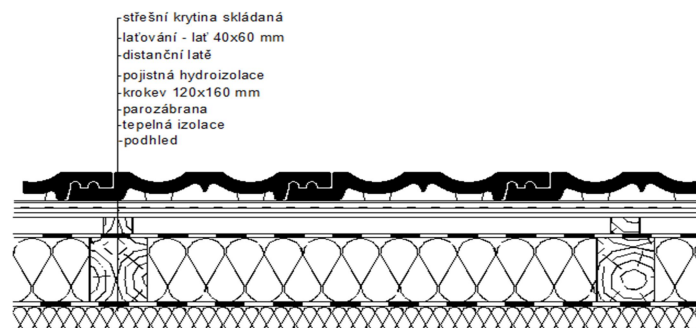


Obrázek 22 Příklad skladby umístění parozábrany pod tepelnou izolací [42]



Obrázek 23 Příklad skladby umístění parozábrany mezi tepelnou izolací [42]

- Tříplášťová



Obrázek 24 Příklad skladby tříplášťové střechy [42]

2.2.5 Tepelná izolace mezi a nad krokvy

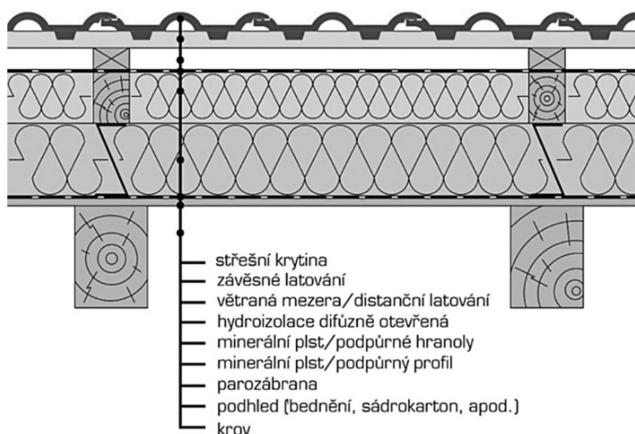
Skladba tohoto střešního pláště kombinuje zateplení s uložení tepelné izolace mezi krokvy a nad krokvy. Izolant se vkládá mezi krokve na celou výšku a nad kroky se výška izolantu většinou volí tak, aby součinitel prostupu tepla vyhověl normě. Tento způsob realizace tepelné izolace se hojně používá pro výstavbu nových objektů, ale i rekonstrukcí. Při rekonstrukci se doplňuje mezikrokevní zateplení přidáním nadkrokevního. Výhodné je, že při této realizaci se nemusí vůbec zasahovat do podkrovního prostoru a není nijak ovlivněn, protože nadkrokevní izolant se provádí z vnější strany střešního pláště. Systémy pro zateplení jsou z materiálu z minerální vaty, nebo kombinace minerální vata vložené mezi krokve a PUR desek umístěných nad kroky [2,7].

Provedení toho systému se skládá ze dvou částí jednak z hlediska, z jaké části se zateplení provádí a za druhé tento systém kombinuje dva systémy zateplení. Rozdíl oproti klasickému zateplení mezi krokvy pro jednodušší realizaci je vhodné provést záklop z dřevěných prken, pokud nechcete ve skladbě dřevěná prkna lze vybrat systém zateplení, který záklop nevyžaduje a celé zateplení se provádí z vnitřní strany střešního pláště. Po vytvoření záklopu se realizace zateplení rozdělí na nadkrokevní část provádějící se z vnější strany a mezikrokevní zateplení z vnitřní strany. Oba tyto způsoby jsou již zmíněné v kapitolách č. 2.2.2 a 2.2.3. [2].

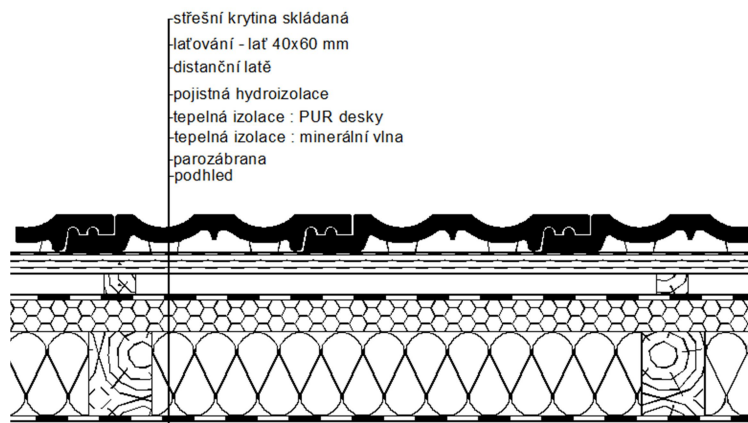
Výhodou provedení tohoto systému je, že eliminuje vzniklé tepelné mosty pomocí vrchní vrstvy a nezmenšuje vnitřní prostor podkroví. Na druhou stranu výsledná tloušťka střešního pláště je vyšší a realizace je složitější.

Druhy:

- Minerální vlna

**Obrázek 25 Příklad skladby s minerální vlnou**

- Kombinace minerální vlny a PUR desek



Obrázek 26 Příklad skladby s tepelnou izolací minerální vlna a PUR desky

2.2.6 Šikmé zelené střechy

Zelené střechy jsou pokryty vegetačním souvrstvím a vegetací na vrchní části střešního pláště, kde se navrhuje střešní krytina. Nejčastěji se navrhují v městských částech, kde s přibývajícím zastavěnou plochou chybí zezeň. Používání zelené střechy se bere jako trend posledních let, ale není tomu tak. Mezi lety 2018-2019 vzrostla výstavba zelených střech o čtvrtinu. Zelené střechy též nazývané vegetační střechy, navrhují se jak pro ploché, tak i šikmé střechy. Šikmé střechy vyžadují návrh extenzivního typu zelené střechy určený právě pro jejich sklon. Údaje z literatury označují funkci této zelené střechy jako ekologickou, estetickou a psychologickou. Dělení zelených střech je na intenzivní vhodnou pro ploché střechy a extenzivní vhodnou pro šikmé střechy [6].

Extenzivní zelená střecha

Extenzivní zelená střecha je osázena zelení podobnou jako v přírodě se substrátem a nevyžaduje umělé dodávky vody a živin. Tyto schopnosti mají rostliny suchomilné, tučnolisté a skalničky. To je způsobeno svojí schopností maximálně regulovat srážkovou vodu, tedy vyžaduje jen minimální péči. Péče o extenzivní zelenou střechu se provádí jednou až dvakrát do roka. Tento typ zelené střechy s malým množstvím zemního substrátu, který se provádí v síle 20 až 200 mm [3].



Obrázek 27 Extenzivní zelená střecha [40]

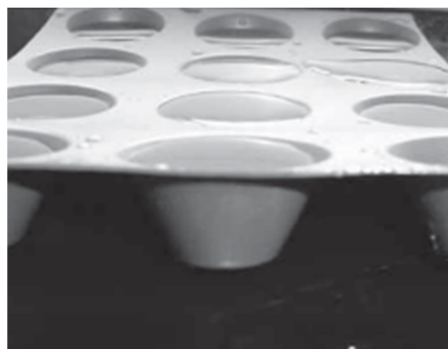
Rozvoj vegetace vyžaduje vytvořit vhodné podmínky pro spolehlivý a trvalý provoz zelené střechy. Proto je potřeba vhodný návrh skladby střešního pláště. Střešní plášť zelené střechy se rozděluje na souvrství střešního pláště a vegetačního souvrství. Části vegetačního pláště jsou následující. Vegetace, která tvoří pokryv zelené střechy. Vegetační vrstvu, která je základním prostředím pro kořenění a růst rostlin svým fyzikálním, chemickým a biologickým složením a vlastnostmi k tomu uzpůsobena. Filtrační vrstva zabraňující vyplavování drobných částic z vegetační vrstvy do vrstvy drenážní a trvale chrání drenážní vrstvu před zanesením. Hydroakumulační vrstva akumulující srážkovou vodu nebo závlahu vody pro potřeby rostlin. Dále drenážní vrstva umožňující dostatečně rychlý a efektivní odtok přebytečné vody k odvodňovacím zařízením. Separační vrstva odděluje sousední materiály nebo prvky, které se mohou vzájemně ovlivňovat. Kořenovzdornou vrstvu, která brání proti prorůstání kořenů, chrání hydroizolaci střechy před poškozením kořeny rostlin (použití jen výjimečně, pokud hydroizolace není odolná proti prorůstání). Dále vrstvy jako u každého střešního pláště (hydroizolační, tepelněizolační, parozábrana) a následuje nosná střešní konstrukce [6].

Souvrství v pořadí, které je vyjmenováno má orientační charakter. Některé vrstvy můžeme úplně vynechat a některé zas plní více funkcí najednou. Důležité je při návrhu střešního pláště zvolit hydroizolaci, která je odolná proti prorůstání nebo je ochráněná kořenovzdornou vrstvou. Při realizaci se na ni klade největší důraz, protože hydroizolace bude nesnadno přístupná k vizuální kontrole nebo opravě. Při nálezů netěsnosti izolace by to

znamenal, že se musí odstranit všechny vegetační vrstvy a budou velké náklady na opravu. Nedílnou součástí skladby šikmé zelené střechy jsou stabilizační prvky, které zabraňují sesuvu vegetace. Ukotveny jsou do nosné střešní konstrukce a uložení je rovnoběžně s okapem, tj. kolmo na sklon střechy. Vzdálenost příložených prahů se liší podle sklonu střechy [3,6].

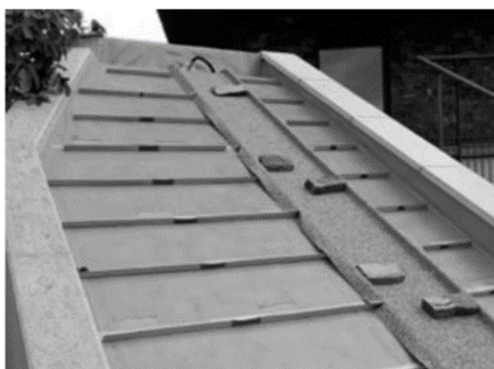


Obrázek 29 Drátěný drenážní systém s ochranou [6]



Obrázek 28 Nopová folie – pro zadržení vody [6]

Součástí skladby zelené střechy jsou stabilizační prvky. V případě, že sklon střechy je menší než 20° osová vzdálenost příložených prahů je 12 m. Pro sklon střechy od 20° - 25° se dodržuje osová vzdálenost příložených prahů 10 m. Pro střechy 25° - 30° osová vzdálenost příložených prahů je 8 m a pro střechy se sklonem nad 30° navrhujeme osovou vzdálenost 5 m [6].

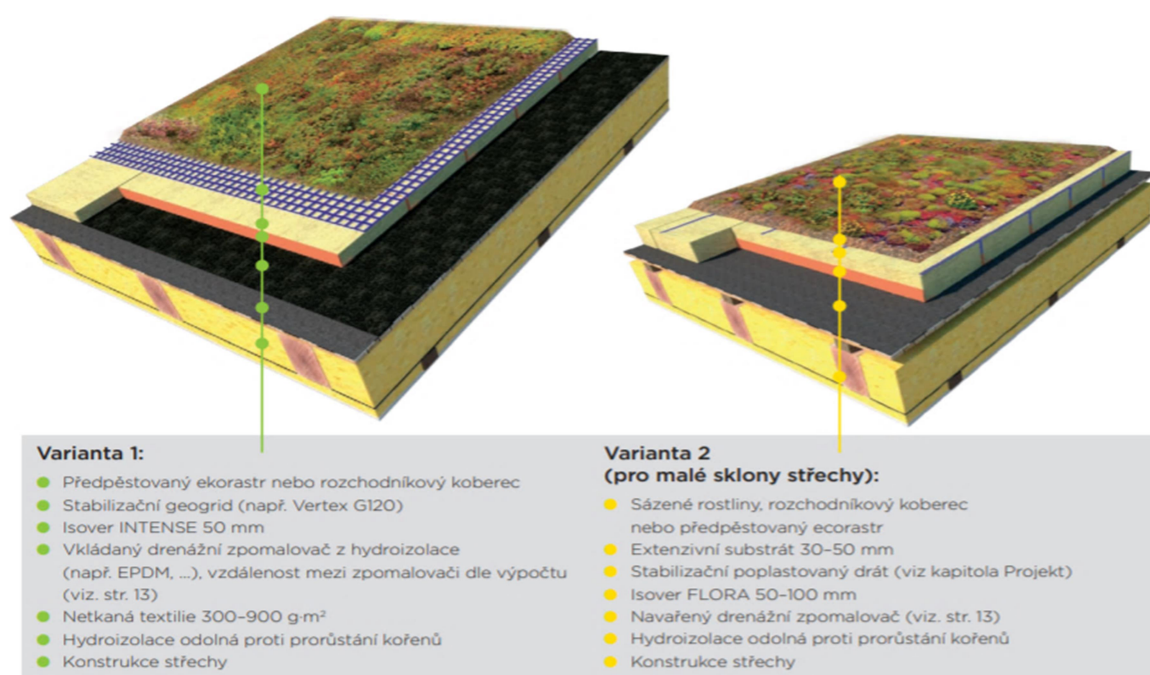


Obrázek 30 Stabilizační prahy [31]

Zelená střecha má docela velké množství výhod, ale i nevýhod. Mezi největší nevýhodu a dost zásadní faktor je zatížení vegetační vrstvy působící na nosnou střešní konstrukci.

Zatížení vegetačního souvrství pro extenzivní vegetaci se pohybuje v suchém stavu od 60 do 150 kg/m a v mokřém stavu od 150 do 200 kg/m [6].

Realizací zelené střechy se zpomaluje odtok dešťové vody, čímž se snižuje zatížení veřejné kanalizace. Částice prachu a nečistot ve vzduchu se filtrují a absorbují škodliviny. Další výhodou při zvolení skladby střešního pláště je, že zabraňuje přehřívání střech v letních měsících a tím víření prachu. Jsou pokládány za nehořlavé a estetické střechy. A ve městě, kde jsou velké zastavěné plochy to u člověka vyvolává pozitivní stav mysli a pocit uvolnění. Bohužel jako každá varianta i zelené střechy mají odvrácenou stranu a mezi ně patří dost známý fakt, že počáteční investice je vysoká. Velká váha množstvím substrátu působící na nosnou konstrukci. Pracnost při realizaci střechy, velmi špatný přístup k jednotlivým vrstvám střešního pláště v případě poruchy nebo vyžadující údržba vegetačního porostu se řadí mezi nevýhody [3,6].



Obrázek 31 Příklady skladby zelené střechy [31]

2.3 Druhy tepelné izolace

Zásadní vliv pro tepelné ztráty objektu má střešní plášť, přes který uniká odhadem asi čtvrtina tepla. Teplo v objektu přirozeně stoupá nahoru a není možné všechno teplo udržet v objektu. Proto je důležité při řešení střešního pláště navrhnout správnou skladbu a vybrat správný druh tepelné izolace. V následujících bodech se budeme věnovat možným variantám vhodným pro zateplení střešního pláště, jejich vlastnostem, postupu realizace, vhodnosti umístění v konstrukci střešního pláště, ale také zhodnocení kladů a záporů materiálu [5].

Tepelná izolace zajišťuje požadovaný teplotní stav vnitřního prostředí, brání nežádoucímu úniku tepla z objektů, popřípadě chrání stavební konstrukce před nepříznivým působením teploty. Při posuzování je důležité uvědomit si, co přesně tepelná izolace znamená, zajišťuje a jakou roli má ve střešním plášti. U tepelné izolace mají zvukově lepší izolační vlastnosti materiály měkké než tvrdé. Z pravidla souhrnné vlastnosti tepelné izolace rozhodují o materiálovém řešení a detailu střešního pláště, technologického postupu. Vhodnost tepelně izolačních materiálů vybíráme podle následujících vlastností: tepelná vodivost, faktor difúzního odporu, objemová hmotnosti, tvarová a objemová stálost, hořlavost a nezávadnost pro prostředí a člověka. [9]

Materiály pro tepelné izolace procházejí neustálým vývojem a s tím je spojeno i zvýšení nároků na tepelné požadavky pro střešní konstrukce. Ty vyplývají z normy ČSN 73 0540 Tepelná ochrana budov. Jak střešní konstrukce odolává rozdílným teplotám a vyhovuje platným normám zobrazí základní ukazatel a ten se nazývá součinitel prostupu tepla. Pro výpočet součinitele prostupu tepla hraje zásadní roli typ tepelné izolace a tloušťka, přičemž cílem každého výpočtu je nejnižší výsledné číslo. Součinitel prostupu tepla značený U , spočítáme znalostí hodnoty součinitel tepelné vodivosti λ ; tepelného odporu R ; skladby střešního pláště; jejich tloušťka; objemové hmotnosti; návrhové teploty vnitřního a vnějšího prostředí; návrhové vlhkosti vnitřního a vnějšího prostředí. Součinitel tepelné vodivosti pro každý materiál je rozdílný, ale podstatou je opět, že čím nižší tento součinitel je, tím lépe materiál izoluje [2,3].

2.3.1 Minerální vláknité izolace

Pro výrobu tohoto tepelně izolačního materiálu se používá čedič, dolomit, křemičitý písek či roztavené sklo, které se roztaví na tenká vlákna a z jejich spojování vzniká tuhá vata. Vlákna jsou vázána fenolformaldehydovou pryskyřicí – pojivem, které v horkém vzdušném proudu tuhne. Jako podpůrný tavící prostředek se využívá síran sodný. Izolace jsou k dostání v podobě desek nebo role. Typy vláknitých izolací se rozdělujeme podle množství potřebného materiálu. Tento parametr poté určuje tuhost izolace. Těžší desky jsou tužší a lehké jsou měkčí. Izolace z minerálních vláknitých materiálu kombinuje tepelné a akustické vlastnosti, propouštějící vodní páry. Další výbornou vlastností minerální vláknité izolace je, že jsou nehořlavé a odolné vůči škůdcům. Největším výrobcem tepelných izolací z minerálních vláken jsou společnosti Rockwool a Isover, nabízející širokou řadu produktů a systémů pro zateplení [2,5].

Vlastností skelného vlákna je, že tento výrobek je nehořlavý, difúzně otevřený, odolný vůči houbám a jiným škůdcům s vynikající tepelnou vodivostí. Přestože je vata poměrně tuhá práce s ní je velmi jednoduchá, při montáži vzniká prach, kvůli němuž je nutno používat respirátor a ochranné pomůcky. Umístění v konstrukci střešního pláště se používá jako izolace vkládána mezi krokve a pod krokve. Pruhy izolace řezáme pomocí speciálního nože pro řezání tepelné izolace. Velikost stanovuje vzdálenost mezi krokvemi s přidáním 2 centimetrů, z důvodu udržení tepelné izolace mezi krokvemi. Mezi krokve izolaci vkládejte opatrně bez zbytečného stlačování. Při přílišném stlačení tepelné izolace tloušťky 20 centimetrů na 14 centimetrů bude izolovat už jen jako izolace tloušťky 14 centimetrů. Desky svojí tuhou vlastností drží mezi krokvemi sami a nepotřebují dodatečně vyvazovat. Následná montáž desek pod krokve se provádí na rošt nesoucí sádrokartonový podhled nebo přímo do roštu mezi jeho profily. Tepelné izolace z minerálních vláken lze použít také jako izolace nad krokvemi. Pro použití nad krokvě při realizaci materiálu z minerálních vláken podmínka vytvoření plného záklopu nad krokvemi a umístění pomocných krokví na speciální ocelové držáky. [2,3,5].

Během montáže tepelné izolace musíme dávat pozor na následující uvedené příklady chyb a eliminovat je. Řezání krátkých desek, desky mezi krokvemi nedrží a také dochází k tepelnému mostu – průniku vzduchu z vnějšího prostředí pod tepelnou izolaci. Skládání ledabylých desek může vzniknout mezi jednotlivými deskami mezery, kde proudí vzduch z vnějšího prostředí. Nadměrné stlačení desky mezi krokve vedoucí k vyboulení pojistné hydroizolace do odvětrávané vzduchové mezery. Tím dojde ke snížení nebo úplnému zamezení její funkce [5].

Vlastnosti tepelné izolace z minerálních vláken [20]

- Součinitel tepelné vodivosti [$W/(m \cdot K)$]: 0,035-0,038
- Měrná tepelná kapacita [$J \cdot kg/K$]: 800
- Objemová hmotnost [kg/m^3]: 40
- Třída reakce ohně: A1
- Odolnost proti škůdcům a plísním: Ano

Výhody tepelné izolace z minerálních vláken

- Jednoduchá práce, kterou zvládne i laik
- Montáž v běžných podstřešních prostorách může provádět i jediný pracovník
- Desky jsou tvarově stálé a dají se velmi dobře a jednoduše nařezat do požadovaných tvarů a velikostí
- Silnější desky dobře drží mezi krokvemi bez nutnosti vyvazování
- Dokonalý protipožární izolant
- Nižší pořizovací cena
- Jednoduchý transport jednotlivých balíků

Nevýhody tepelné izolace z minerálních vláken

- Musí se dát pozor na velikost deformace materiálu, jinak ztrácí částečně svůj objem, ale i funkci
- Vznikají poměrně malé zbytky, použít je naštěstí lze na řešení různých detailů, nicméně pracovník to musí mít na paměti
- Při větším ohnutí desek dojde většinou k jejich zlomení

- Při nechtěném vniknutí vody do minerální vaty, izolace tuto vlhkost absorbuje a začne se chovat jako houba a začne zvětšovat mnohonásobně svoji hmotnost

2.3.2 Tepelné izolace skelné

Tepelné izolace vyrobené ze skelných vláken jsou nejčastěji používaný izolační materiál stejně jako tepelná izolace z minerálních vláken. Struktura materiálu se opět jako u minerálních skládá z velmi tenkých navzájem propojených vláken do souvislé vlny. Výroba izolace spočívá v roztavení křemičitého písku, vápence a sody. Následujícím rozpojováním na vlákna a spojení pryskyřicí. V porovnání vlastností skelné a minerální izolace v podstatě mají i nemají identické vlastnosti. Tepelná izolace ze skelného vlákna je nehořlavá, difúzně otevřená, odolná vůči houbám a škůdcům s výbornou tepelnou vodivostí. Dodávaná jsou v podobě rolí zřídka jako desky. Role jsou o velikosti na šířku 1,2 m s délkou navinuté vaty v rozmezí 3,9 metrů podle výrobce a tloušťky materiálu. Rozdělení druhu skelné izolace se liší tuhostí a tvarovou stálostí, kdy levné izolace většinou jsou jemné a mívají tendenci po určité době slehnout a špatně drží svůj tvar. Výrobci tohoto tepelněizolačního materiálu je celá řada. Nejznámější a největší výrobci jsou firmy Isover, Knauf insulation a Ursa. Nabídka na trhu je široká a ve stavebninách najít i jiné výrobce, ale tyto firmy mají dlouholeté zkušenosti a díky tomu i kvalitnější výrobky. Skelná vlna má mnohem nižší hmotnost a je tvárnější oproti minerální vlně. Montáž s tímto typem izolace je jednoduchá, ale pro realizaci jsou potřeba minimálně dva pracovníci. Po rozbalení role je tepelná izolace velmi zmačknutá a vyžaduje krátký čas, aby zvětšila svůj požadovaný objem a tloušťku. Pro potřebnou velikost tepelné izolace mezi krokve používáme speciální nůž na řezání tepelného izolantu. Oproti minerální vlně se skelná vata po vkládání mezi krokve musí vyvázat, protože její konzistence není tolik tuhá. Vyvázání se provádí měkkým drátem. Tento typ izolace se využívá nejčastěji pro zateplení střešní konstrukce mezi krokvemi a pod krokvemi [2,3,5].

Během realizace tepelné izolace ze skelných vláken je důležité věnovat důraz na správný montážní postup, aby nedocházelo k chybám. Platí pravidlo raději více než méně. Každou mezeru musíme utěsnit většími kusy izolace. Pokud bychom vatu instalovali podle naměřených vzdáleností krokví mohl by do konstrukce vniknout vzduch z vnějšího prostředí

a střešní plášť nebude fungovat, jak má. Při zatlačení tepelné izolace mezi krokve se musí zvolit správný tlak vyvolaný na izolaci, jinak by došlo k vyboulení pojistné hydroizolace směrem do odvětrávané mezery, která by poté přestala fungovat předepsaným způsobem. V neposlední řadě rozhodně se nevlačuje větší tloušťka tepelné izolace, než je předepsaná. Bylo by to zbytečné mrhání izolací a střešní konstrukci by to nijak nepomohlo [2,5,8].

Vlastnosti tepelné izolace z minerálních vláken [20]

- Součinitel tepelné vodivosti $[W/(m \cdot K)]$: 0,035-0,03
- Měrná tepelná kapacita $[J \cdot kg/K]$:
- Objemová hmotnost $[kg/m^3]$:
- Třída reakce ohně: A1
- Odolnost proti škůdcům a plísním: Ano

Výhody tepelné izolace ze skelných vláken

- Jednoduchá montáž
- Možnost většího stlačení
- Flexibilita materiálu
- Velikost a hmotnost balíku izolantu v hodná pro transport jedním pracovníkem
- Pružná a ohebná (ohnutí o 180° neničí vatu)
- Po rozbalení balíku máme k dispozici jediný poměrně velký díl, ze kterého odřezáváme požadované rozměry. Díky tomu se vyhneme zbytečnému prořezu a nevznikají zbytky
- Nízká pořizovací cena

Nevýhody tepelných izolací ze skelných vláken

- Poměrně tvarově nestálá
- Potřeba minimálně dvou pracovníků
- Mezi krokvemi se musí vyvazovat
- Při nechtěném zatékání je schopna pojmout velké množství vody

2.3.3 Izolace z přírodních materiálů

Tepelná izolace z přírodních materiálů zažívá velký rozkvět a rozšíření, odůvodněné je to z aspektu hypoalergenní vlastnosti nebo tím, že tento materiál se řadí do ekologické skupiny. Dále během realizace střešního pláště s tímto izolantem nejsou potřeba žádné ochranné pomůcky. Suroviny pro výrobu přírodních izolací jsou technické konopí, juta, ovčí vlna, ale i džínovina.

Tepelní izolace z ovčí vlny

Tepelné izolace z ovčí vlny se řadí mezi nejstarší přírodní izolace, prověřené tisíce let. Výroba izolace má zastoupení u nás v republice, ale většina izolací je ze zahraničí a s tím je spojená i vyšší cena izolace. Rozšířenost tohoto tepelného izolantu není nijak velká, použití se vyskytuje spíše u ekologicky zaměřených investorů. Ovčí vlna se získává ostříháním chovných ovcí. Po ostříhání následuje vybrání všech nečistot. Ovčí vlnu můžeme ponechat ve formě provazců, které se hodí jako výplňový tepelný materiál anebo všítim do tkané rohože. Po všíti do rohože se izolace použije pro izolaci střešní konstrukce, lehké konstrukce či jako izolace pro plovoucí podlahu. Použití je velice všestranné. Dále se ovčí vlnou izolují fasády, spáry sрубů a roubenek nebo včelí úly. Někteří výrobci uvádí, že izolace z ovčí vlny lze označit jako prostorový filtr či čističku vzduchu, neboť dokáže pohlcovat a efektivně odbourávat škodliviny z interiéru. Montáž izolace se provádí vkládáním napřímo mezi krokve a dále se vyvazuje, pro správnou stabilizaci a udržení materiálu na svém místě. Výhodné u izolace z ovčí vlny je to, že pokud se izolace stlačí více než je vhodné po odlehčení se vrátí do původního stavu. Je vhodná pro jakýkoliv systém zateplení. Ze svého přírodního původu tepelné izolaci hrozí napadení biologickým a řadí se mezi lehce hořlavé materiály. Z tohoto důvodu někteří výrobci impregnují vodním sklem nebo borovou solí, lze tento problém vyřešit i jiným způsobem tím že tepelnou izolaci oddělíme deskami nehořlavého sádkartonu. Pro skladbu střešního pláště s tepelnou izolací z ovčí vlny nastává další odlišnost, a to že se nepoužívá klasická parozábrana. Nepropustný materiál, který by mohl utěsnit a tím zabránit izolaci svoji přirozenou funkci dýchat a regulovat vlhkost nepoužijeme.

Parozábranu, kterou použijeme během montáže je dřevovláknitá deska nebo papírová parobrzda [21,22].



Obrázek 32 Realizace zateplení z ovčí vlny [21]



Obrázek 33 Teplená izolace - ovčí vlna [21]

Vlastnosti tepelné izolace z ovčí vlny [20]

- Součinitel tepelné vodivosti [W/(m. K)]: 0,040
- Měrná tepelná kapacita [J. kg/K]: 800
- Objemová hmotnost [kg/m³]: 15-35
- Třída reakce ohně: C
- Odolnost proti škůdcům a plísním: Ano

Výhody tepelné izolace z ovčí vlny

- Ekologický a zdravotně nezávadný materiál
- Obnovitelný a přírodní materiál
- Samozhášivý výrobek
- Velmi dobrá manipulace s izolačním materiálem

Nevýhody tepelné izolace z ovčí vlny

- Cenově dražší než klasické izolace
- Nejsou odolné proti škůdcům a plísním – musí se opatřovat ochranným prostředkem
- Není odolná proti tlaku
- Musí se používat s izolací jen papírové parozábrany

Konopná izolace

Mezi nejvíce rozšířené izolace z přírodních materiálů patří právě konopné izolace. Vyrobené z technického konopí se spárováním celé rostliny. Vlákno se musí ošetřit sodou pro zlepšení svých vlastností proti požáru a ochranu proti plísním a hnilobě. Poté se smíchají konopná vlákna s BiKo-polyesterovým podpurným vláknem. Smíchaná směs se navrství podle tloušťky na rohože nebo role do termofixačních pecí, poté vzniká izolační materiál. Tloušťka se pohybuje v rozmezí 20-80 cm. Konopí se považuje za stavební materiál budoucnosti, to velice podporuje rozšířený ekologický pohled a smýšlení společnosti. Která jednak řeší ochranu proti úniku tepla z budovy, ale také z jakého materiálu se izolát vyrobil, jaký původ surovina má a jak velká ekologická zátěž při výrobě vznikla. Poslední aspekt se v dřívější době rozhodně neřešil. Vlastnosti má podobné jako ovčí vlna, ale výhodou konopných izolací že se jedná o rychle obnovitelnou surovinu, nepotřebující náročnou péči například jako u chovu ovcí. Výrobky z technického konopí se mohou svým původem nazývat zelená náhrada, která je plnohodnotnou náhražkou běžně používaných izolací. Použití k odizolování ve střešním plášti se používá v jakékoli uložení izolantu v úrovni krokví (nadkrokevní, mezikrokevní, podkrokevní). Tepelná izolace je dostupná v deskách nebo rolích. Postup při montáži je shodný jako u izolace z minerálních vláken [23].

**Obrázek 34 Konopná izolace [23]**

Vlastnosti tepelné izolace z konopných vláken [20]

- Součinitel tepelné vodivosti [$W/(m \cdot K)$]: 0,039-0,040
- Měrná tepelná kapacita [$J \cdot kg/K$]: 2300
- Objemová hmotnost [kg/m^3]: 30-40
- Třída reakce ohně: E
- Odolnost proti škůdcům a plísním: Ano

Výhody tepelné izolace z konopných vláken

- Ekologický a zdravotně nezávadný materiál
- Obnovitelný a přírodní materiál
- Vysoká objemová hmotnost
- Rozměrová stabilita a nesléhavost

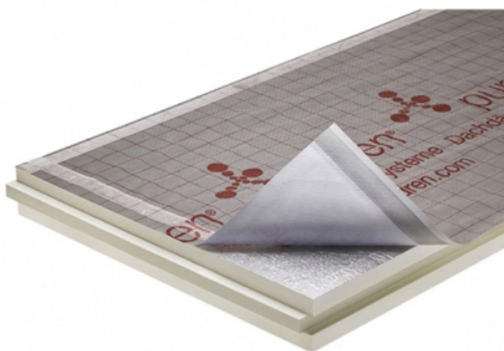
Nevýhody tepelné izolace z konopných vláken

- Cenově dražší než klasické izolace
- Materiál je velmi dobře hořlavý a musí se řešit nehořlavým podhledem

2.3.4 Deskové tepelné izolace PIR

Tepelně izolační materiál, který se v posledních letech začal hojně používat. Použití zapříčinilo vhodnost a oblíbenost systému zateplení v úrovni nad krokvi. Materiál, ze kterého se desky vyrábí se nazývá polyisokyanurát zkrácené označení pro tento materiál je PIR. Polyisokyanurat je velmi tvrdá pórovitá hmota, připomínající na vzhled klasický polyuretan (PUR) využívaný dříve hojně, ale není tomu tak. Jedná se o dost odlišný materiál, který má vyšší pevnost a uzavřenou strukturu. Vykazuje velice nízké součinitele tepelné vodivosti oproti jiným materiálům. Z tohoto důvodu stačí o třetinu nižší tloušťka izolantu oproti ostatním druhům tepelných izolací. Desky se vyrábí v různých rozměrech deskového formátu, nejrozšířenější je velikost 1800x1200 mm. Tloušťka je různá podle výrobců, ale pohybuje se v rozmezí 50-200 mm. Výhodou tohoto systému je spojení na pero a drážku po obvodu pro výborné napojení navzájem dvě desky vedle sebe. Dále velmi výhodné je, že PIR desky jsou opatřeny z vrchní strany difuzně otevřenou či uzavřenou folií se samolepicími pásky pro

zajištění těsného spoje. V případě, že se rozhodneme rekonstruovat s použitím tohoto tepelného izolantu k doplnění již stávající tepelné izolace nacházející se mezi krokvemi, vybíráme si desky opatřené ze spodní strany s hliníkovou folií a vrchní stranou s folií difuzně otevřenou [2,5].



Obrázek 35 PIR deska [41]

Montáž tepelně izolačních desek je složitější ve srovnání s montáží ostatních tepelných izolací, tato nevýhoda je vyvážena rychlostí a efektností montáže. Při montáži se nevyžaduje provedení podkladní konstrukce z důvodu velké pevnosti desek. Pokládka se provádí směrem od okapní k hřebenové hraně. Na konci krokvi se umístí hranol s výškou shodnou s tepelnou izolací a vedle něho se umístí první řada desek. Ukotvení izolačních desek provedeme přivrtáním do krokvi, pomocí vrtů skrz připevněné kontralatě. Délku vrtu určuje výška tepelné izolace, ale minimální zavrtání vrtu v krokvi musí být v hloubce 80 mm, zašroubovaném pod úhlem 60°. Vkládání další řady desek se provádí, aby byl zajištěn posun a nevznikaly spáry po celé délce střechy. V nároží, úžlabí či hřebenu se desky zařiznou podle toho, jak vyšly a spáru mezi nimi vyplníme polyuretanovou montážní pěnou. Následně spoje přelepíme originálním samolepícím pásem. Montování střešních oken nebo realizace vikýřů se v tomto tepelně izolačním systému provádí velmi snadno. I když tepelné desky jsou opatřeny ze spodní strany hliníkovou folií, která má plnit funkci parotěsnicí vrstvy je vhodnější pro lepší utěsnění a funkci střešního pláště vložit parotěsnicí vrstvu [5,23].

Velký zájem o tento materiál s těmito vlastnostmi a výhodami způsobil rostoucí počet výrobců, kteří nabízejí tento produkt. Nejznámější a nejdéle nabízející výrobce je firma Bauder a Isover další z výrobců je Wienerberger, který představil v listopadu nový tepelněizolační deskový systém nazvaný Tondach iRoof. Nově přestavený produkt nabízí tři

systémy skladby tepelně izolačních desek. Desky jsou opatřeny z obou stran difuzně otevřeným roumem nebo hliníkovou folií podle druhu desky. Použití tohoto systému lze využít při rekonstrukci jako doplnění stávající izolace mezi krokvemi nebo pro novostavby. V technických listech se dozvíme, že tento izolant představuje plnoplošnou tepelnou izolaci bez tepelných a akustických mostů. Dále garanci výborných tepelně izolačních vlastností v každém ročním období a hlavně v létě tepelnou pohodu v podkrovním prostoru.



Obrázek 36 Realizace zateplení [41]

Vlastnosti tepelné izolace desek PIR [20]

- Součinitel tepelné vodivosti [$W/(m \cdot K)$]: 0,035-0,038
- Měrná tepelná kapacita [$J \cdot kg/K$]: 800
- Objemová hmotnost [kg/m^3]: 40
- Třída reakce ohně: A1
- Odolnost proti škůdcům a plísním: Ano

Výhody tepelné izolace PIR

- Nejdokonalejší systém zateplení podkrovního prostoru bez rizika vzniku tepelných mostů
- Možnost zvětšení vnitřního prostoru
- Realizace tepelně izolační vrstvy z PIR desek je zároveň hotová vrstva pojistné hydroizolace, která tvoří horní povrch desek
- Montáž je časově efektivnější a rychlejší

- Výrobci nabízejí řadu typů s různými úpravami včetně integrovaných střešních latí
- Spojení desek je řešeno na pero a drážku, která eliminuje možnosti vzniku tepelného mostu
- Desky jsou samonosné z tvrdého a tvarově stálého materiálu
- Izolace je naprosto nenasákavá
- Desky PIR mají vysokou odolnost v tlaku a jsou schopny přenést vysoké zatížení, proto se může zvolit jakákoliv střešní krytina
- Materiál izolace nemá agresivní účinky při styku s pokožkou

Nevýhody tepelné izolace PIR

- Montáž je složitá a musí ji provádět odborná realizační firma
- Desky se vyrábějí jako velké dílce, proto jsou prostorově náročné na dopravu a manipulaci po stavbě
- Desky jsou naprosto neohebné
- Řezání desek se provádí ruční pilou což oproti řezání minerální či skelné vaty je rychlejší
- Vyšší pořizovací cena

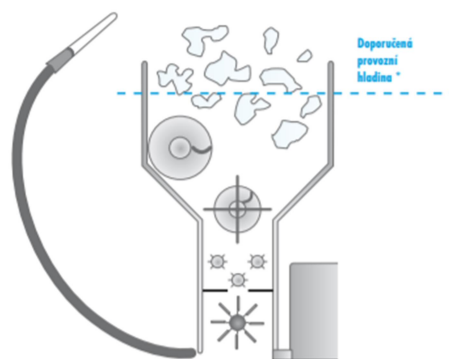
2.3.5 Foukané izolace

Zateplení foukanou izolací se využívá pro odizolování stropů podlah, ale i střešních konstrukcí. Izolace foukaná je velmi oblíbená varianta zateplení pro starší objekty. Lze použít už i pro novostavbu. Foukaná izolace se nazývá z důvodu toho, že její aplikace se provádí strojem pohánějí vzduchem vložené balíky izolace vedené potrubím až na místo aplikace. Lze tuto izolaci nazvat dutinovou nebo výplňovou. Tento způsob izolování má mnoho výhod, ale jako většina produktů není foukaná izolace bez nevýhod. Nejčastěji se lze setkat s typem foukané izolace vyráběné z materiálu celulózy, tj. rozvláčný novinový papír s přísadami proti hoření; minerální vlákna, tj. nejčastěji vlákna z hornin čediče, polystyrén nebo dřevovláknitý materiál. Tato technologie umožňuje dokonalou izolaci beze spár i v nepřístupných místech a nevznikají žádné odřezy či odpad. Pozitivum foukané izolace je, že se dostane na nepřístupná místa oproti klasickým izolacím z minerálních vláken v roli. Aplikace izolace je velmi

jednoduchá. K místu, které chceme izolovat se nemusí donést balíky izolace, přeprava izolace se provádí trubicí. Mezi nevýhody patří, že izolace vykazuje určitý poměr sesedání. Z tohoto důvodu je vhodné, aby aplikaci realizovala speciální firma, která má proškolený personál. Sesedání lze omezit, pokud aplikace je provedena podle pokynů od výrobce vhodně zvolená objemová hmotnost. Pro realizaci foukané izolace musí mít pracovníci ochranné pomůcky, i když se v této době jedná o ekologicky nezávadný materiál. Než začne samotné zateplování musí být na stavbě provedena příprava. Nejdříve se zajistí veškeré potřebné vybavení a materiál pro dosažení správné kvality zateplení. Připraví se izolační materiál v balících, foukací zařízení, vybavení pro přístup – žebříky apod., zařízení pro kontrolu kvality, běžné nářadí, ochranné pracovní prostředky. Všechny tyto věci se připraví poté, co byl objekt zkontrolován technikem, jestli lze foukanou izolaci pro daný objekt použít. Pro izolování je nutné mít realizovaný záklop jak z vnější tak i vnitřní strany, provedenou pojistnou hydroizolaci, latě a kontralatě. Následně se přivede hadice, která musí mít tvar husího krku. Poté jeden z pracovníků naplní zásobník stroje balíkem izolace a druhý provádí na střeše izolování. Hustota minerální vlny je ovlivněna mnoha faktory jako například nastavení foukacího stroje, velikostí a délkou a tvarem hadice, tloušťkou izolace nebo umístěním izolace. Stroj má být nastaven tak, aby výsledná hustota nafoukané vlny se pohybovala v rozmezí 12-13,5 kg/m³ [25].



Obrázek 38 Realizace foukané izolace [39]



Obrázek 37 Schéma izolačního stroje [25]

Vlastnosti tepelné izolace celulóza foukaná [20]

- Součinitel tepelné vodivosti [$W/(m \cdot K)$]: 0,035-0,039
- Měrná tepelná kapacita [$J \cdot kg/K$]: 1007
- Objemová hmotnost [kg/m^3]: 40
- Třída reakce ohně: C
- Odolnost proti škůdcům a plísním: Ano

Výhody foukané izolace

- Precizní vyplnění všech detailů stavby
- Instalace bez odřezků a zbytků
- Libovolná tloušťka v rozmezí 4-60 cm
- Balíky s izolací se musí nosit do podkrovní
- Jednoduchá a rychlá aplikace
- Při nepříznivém počasí je tepelná izolace ochráněná a nezničí se

Nevýhody foukané izolace

- Aplikaci musí provádět odborná realizační firma
- Izolační materiál, který má určitý poměr sesedání
- Musí se používat ochranné prostředky
- Musí se provádět kontrola kvality
- Velká komplikace, pokud se objekt po letech bude rekonstruovat

2.4 Podmínky návrhu a realizace střešní konstrukce

Základním předpisem je vyhláška č. 268/2009 Sb. – *Vyhláška o technických požadavcích na stavby*. Pomůckou pro navrhování střech je norma ČSN 73 1901 *Navrhování střech – základní ustanovení*. Závazné tepelně technické požadavky jsou uvedeny v ČSN 73 0540 *Tepelná ochrana budov část 2 funkční požadavky*; závazné požadavky z hlediska požární bezpečnosti jsou v řadě ČSN 73 0810. V neposlední řadě jsou důležité i předpisy výrobců materiálů a systémů. Předpisy výrobců mohou obsahovat požadavky na zabudování, jejichž dodržení je nezbytné pro uplatnění záruk [8].

Než se budeme řídit všemi vypsány normami, vyhláškami a předpisy či technologickými postupy je důležité si uvědomit, jaké obecné vlivy na návrh střešního pláště působí. Při navrhování střešního pláště musí probíhat současně návrh konstrukční části a výběru materiálu. Během návrhu vznikne střet požadavků a možností. Finální návrh představuje takové řešení, při kterém respektujeme všechny obecné požadavky na návrh střešního pláště: technické, funkční, technicko-fyzikální, technologické, požární, estetické, ekonomické i ekologické [3].

2.4.1 Obecné podmínky pro návrh

Střešní konstrukce patří mezi nejsložitější konstrukce budovy, na kterou jsou kladeny přísné požadavky a podmínky při návrhu. Během navrhování je cílem vytvořit v prostorech podkroví adekvátní kvalitu vnitřního prostředí během životnosti budovy a vyhovující podmínky podle nároků uživatelů budovy. Pro zabezpečení optimálního návrhu se řídíme následujícím rozdělením podmínek [8]:

- Vnější obecné podmínky návrhu [3]
 - I. Umístění stavby: vlhkost a teplota vzduchu vnějšího prostředí; sluneční záření; zatížení větrem; zatížení deštěm, sněhem a námrazou; zatížení seismická
 - II. Akustické vlivy: hluk, vibrace a chvění okolního prostředí
 - III. Chemické vlivy
 - IV. Ostatní vlivy
- Vnitřní obecné podmínky návrhu
 - I. Podmínky na požární bezpečnost
 - II. Stavebně fyzikální požadavky

Poloha umístění stavby a nadmořská výška má významný vliv na návrh střešní konstrukce. Určuje skladbu střešního pláště s ohledem na nosnou konstrukci tak i na materiálové řešení. Vnější vlivy působící na střešní plášť vypsané v níže uvedeném přehledu si detailněji přiblížíme na následujících stranách.

Teplota a vlhkost

Vlhkost a teplota vnějšího vzduchu okolí budovy se řadí mezi hlavní faktor ovlivňující tepelně vlhkostní návrh střešní skladby konstrukce. Zejména z hlediska ochrany tepla, kondenzace vodní páry, průvzdušnosti a ovlivňování teplot vnitřního vzduchu uvnitř budovy. Během zaměření na tuto problematiku analyzujeme poměry zimního a letního období, vliv kolísání teploty nebo vlhkosti během dne a noci. Hodnoty vlhkosti a teploty vzduchu pro externí prostředí pro dané místo stavby a tepelně technické požadavky na obvodový plášť nalezneme normě ČSN 73 0540. Pro návrh je důležité si uvědomit, jaké jsou přesné teploty exteriéru v letním a zimním období, to úzce souvisí s objemovou změnou materiálu a možné destrukce [3,8].

Sluneční záření

Jedním z kroků pro návrh střešní konstrukce je ochrana před slunečním zářením. Vliv slunečního záření se skládá z více složek, ale nejnebezpečnější vliv je ultrafialové záření, které je nebezpečné nejen pro člověka, ale i pro materiál a způsobuje jeho degradaci. Těmto klimatickým vlivům nejvíce odolávají krytiny, případně povlakové hydroizolace, kdy vyžadujeme požadovanou odolnost vůči slunečnímu záření. Pro návrh správné krytiny odolné proti ultrafialovému záření je uvedeno v normě ČSN 73 1901. Dále musíme věnovat pozornost dilatačním spárám z důvodu tepelné roztažnosti materiálu nebo na chemické korozi a stárnutí materiálu [2].

Zatížení deštěm

Zatížení konstrukce střechy vlastní hmotností dešťových srážek je možno považovat za zanedbatelné, pokud nedojde k ucpání odvodňovacích vtoků. Mezi další vlivy na konstrukci střechy patří jeho přímé mechanické působení – kroupy a chemické působení – tzv. kyselý déšť. Množství srážkové vody lze vypočítat na základě intenzity deště dle statistických údajů meteorologických ústavů a půdorysné velikosti střechy. Při návrhu odvodnění je dále důležité množství dopadající vody a velikostí střešní plochy, počtem a průměrem odvodňovacích prvků. Podrobnější řešení výpočtu odvodňovacích prvků nalezneme v normě ČSN 73 3610 [8].

Zatížení větrem

Mezi další vlivy působící na střešní konstrukci je vítr, jeho statické posouzení na působení vůči střešní konstrukci vychází z normy ČSN EN 1991–1-4: Eurokód 1. Vliv větru se zvyšuje úměrně s výškou budovy, dále s ohledem na tvar a hmotnost střešní konstrukce. Při návrhu šikmé střešní konstrukce můžeme považovat působení větru jako statické namáhání, které působí kolmo na povrch konstrukce; sání působící směrem od povrchu krytiny nebo dynamické zatížení způsobené rozkmitáním konstrukce. Okrajové části střech – u okapů, hřebenová část se uvažuje s vyšším namáháním větru [15].

Zatížení sněhem

Zatížení sněhem je další klimatický vliv působící u střešní konstrukce. Oblasti zatížení sněhem pro části České republiky jsou uvedené v mapě sněhových oblastí uvedené ČSN EN 1991-1-3. Sněhové oblasti se dělí na 8 sněhových částí s odpovídajícími charakteristickými hodnotami sněhového zatížení od 0,7 kN/m (sněhová oblast I) do 4 kN/m (sněhová oblast VII) půdorysné plochy na střechu. Pro celkový výsledek zatížení sněhem statického návrhu ovlivňuje tvar a sklon střechy. U kterých se zvažujeme varianty tvorby závějí nebo zadržování sněhu na střeše. V důsledku fyzikálních přeměn sněhu na vodu, může být střešní konstrukce namáhána i hydrostatickým tlakem [8].

Akustické vlivy

Hluk má svým působením pro člověka nepříjemné, rušivé i škodlivé účinky. Důsledky trvalého hluku mohou být zdravotní, psychické, ale i hospodářské. Vnější vlivy působící na budovy jsou zdroje z blízkého okolí například letiště, krupobití nebo ventilátory přidělané na samotné střešní konstrukci. Ochrana proti hluku pro budovy patří mezi základní hygienické požadavky uvedené v nařízení vlády č. 272/2011 část třetí – *Nařízení vlády o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací*. Dále jsou řešeny v normě ČSN 73 0532 *Akustika – Ochrana hluku v budovách a posuzování akustických vlastností stavebních výrobků* [2,8]

Během návrhu střešní konstrukce rozlišujeme kročejový zvuk, který se šíří ve stavební konstrukci nebo materiálu a vzdušný zvuk, který je způsobený šířením kmitání vzduchových

vrstev. Vzduchotěsnost je podmínkou pro správné navrhnutí neprůzvučné konstrukce. Kročejová neprůzvučnost vyjadřuje schopnost stavebních prvků omezit přenos zvuku mezi místnostmi. Vzniká chůzí osob, pádem předmětu na podlahu. Pro výpočet k eliminaci používáme normalizovaný zdroj kročejového zvuku. Požadavky na vzduchovou neprůzvučnost mezi místnostmi v budovách jsou stanoveny na základě charakteru oddělení místností a v závislosti na směru přenosu zvuku. Proto v praxi je vhodné rozlišovat druhy pohledů pohlcujících zvuk a upravujících lepší akustické podmínky v místnosti. Podhledy zajišťující omezení přenosu zvuku mezi dvěma místnostmi v budově nebo interiéru a exteriéru. Vlastnosti kročejové a vzduchové neprůzvučnosti materiálu v konstrukci se zlepšují s navýšením její tloušťky a použitím materiálu s vyšší objemovou hmotností [7].

Chemické vlivy

Chemické vlivy na střešní konstrukci se vyskytují běžně v ovzduší, na které mají negativní vliv přímí či nepřímí. Plynné, kapalné i pevné částice způsobí různorodé druhy a stupně degradace organických materiálů – pryže, plastů nebo kovů. Podstatnou roli při reakci na povrchovou vrstvu má spolupůsobení vlivu jako je například ozón, UV záření či fotochemické oxidanty [2].

Ostatní vlivy

Objekty po celé České republice je nutno chránit a opatřovat prvky chránícími před účinky blesku. Nejvyšší částí objektu je střešní konstrukce, která musí být chráněna podle vyhlášky 268/2008 o technických požadavcích na stavby. Ochrana před bleskem musí mít vhodné jímací zařízení s uzemněním. Jímací zařízení na střešním plášti je většinou kombinace jímacích tyčí a mřížové soustavy vedené po obvodové stěně k uzemnění ve spodní části konstrukce [7].

Podmínky na požární bezpečnost

Požadavky požární bezpečnosti u střešní konstrukce zvažují kritéria požární odolnosti, požárně technické vlastnosti konstrukce a používaných hmot. Požární odolnost je vyjádření odolnosti konstrukce odolávat požáru v minutách. Rozmezí mezi 15-80 minutami uvedeno

podle ČSN 73 0802 a ČSN 73 0804 a další normy. Počet minut, jak dlouho odolává materiál závisí na únosnosti a stabilitě, celistvosti, dosažené teploty na neohřívané straně konstrukce a z hlediska hustoty tepelného toku z neohřívané strany konstrukce.

Hodnocení požárně technických vlastností střešní konstrukce je podstatné s ohledem na šíření požáru a odkapávání hmot z podhledů. Při hodnocení se zahrnují všechny vrstvy pláště z důvodu společného spolupůsobení jednotlivých vrstev [8].

Stavebně fyzikální požadavky

Svislý obvodový plášť i střešní konstrukce jsou obalové konstrukce objektu, které musí být navrženy a provedeny tak, aby zabezpečovaly stavebně fyzikální požadavky. Tyto požadavky tepelně technické funkce střechy; vnitřní povrchová teplota konstrukce a teplotní faktor; součinitel prostupu tepla; množství zkondenzované vodní páry uvnitř konstrukce. Těmto faktorům se budu věnovat detailněji v kapitole 2.4.2 tepelně technické požadavky.

Dále se řeší kritéria a požadavky denního světla. Ty hodnotíme podle činitele denní osvětlenosti značený D . Hlediskem při posuzování jsou rovnoměrnost osvětlení, rozložení světelného toku, rozložení jasu ploch v zorném poli, výskyt oslnění a zraková pohoda pro uživatele místnosti. Všechny tyto požadavky činitelů stanovuje norma ČSN 73 0580-1: *Denní osvětlení budov – základní požadavky*. Tyto kritéria a požadavky lze brát v potaz, pokud střešní konstrukce obsahuje osvětlovací otvor – střešní okno nebo světlík. Poté řešíme horní či kombinovaný osvětlovací systém, který požaduje minimální průměrné hodnoty činitele denní osvětlenosti značen D_m . Poměr prošlého světelného toku k světelnému toku dopadajícímu je definice dalšího součinitele, který patří mezi požadavky na denní světlo se nazývá součinitel prostupu tepla. Hodnoty tohoto součinitele se pohybují v intervalu od nuly do jedné, kdy jejich rozmezí ovlivňuje materiál zasklení, neprůsvitnost otvoru nebo jeho znečištění. Při výběru zasklení střešního okna je třeba nezaměňovat součinitele prostupu světla ve směru kolmém na zasklení s hodnotou energetické propustnosti. V prvním případě jde o prostup viditelného záření, v případě druhém se jedná o prostup infračerveného záření. Nejvíce náročný je návrh denního osvětlení dosáhnout zrakové pohody uvnitř prostoru budovy při rozmanitých venkovních podmínkách. Návrh musí respektovat, jestli je slunečno

či zataženo, jasná nebo polojasná obloha. Tento požadavek se reguluje instalací pohyblivých stínících zařízení v interiéru nebo exteriéru [7].

2.4.2 Tepelně technické požadavky

Střešní konstrukce, resp. střešní plášť má značný vliv na tepelné ztráty objektu. Šíření tepla konstrukcí vedením omezuje tepelněizolační vrstva, šíření tepla konstrukcí prouděním omezuje vzduchotěsnící vrstva, šíření tepla sáláním lze omezit na reflexní a emisními vlastnostmi povrchů střešních plášťů a vrstev ve skladbě střechy a to i povrchů vrstev orientovaných směrem do skladby střechy [19].

Pro zamezení úniku tepla je podstatné dodržení tepelně technických požadavků, správný návrh střešního pláště a skladbu jednotlivých vrstev, které lze posoudit podle jasně specifikovaných stavebních norem. Posouzení lze provést pro určité součinitele podle vybraných vzorečků v normě anebo zvolit komplexní posouzení vycházející také z normy ale vykonané pomocí softwaru. Následující řádky se věnují tepelným požadavkům ze stavební normy pro tepelnou ochranu budov a dále softwaru, který se používá jako komplexní posouzení pro každou konstrukci. Tepelně technické posouzení ovlivňuje mnoho kritérií jednak hodnota izolačního materiálu součinitele tepelné vodivosti, součinitele prostupu tepla vyjadřující schopnost izolačního materiálu vést teplo a v neposlední řadě nasákavost izolačního materiálu. Požadavky pro střešní konstrukce jsou uvedeny v normě ČSN 730540 část 1-4: *Tepelná ochrana budov*. Uvedeno s výpočty a potřebnými veličinami pro výpočet. Všechny uvedené charakteristické požadavky a výpočty v normě jsou vztaženy pro půdní prostor, který se využívá jako obytné místnosti. Návrh střešní konstrukce zohledňuje požadavky na šíření tepla, vzduchu či vlhkosti. Mezi charakteristické ukazatele se řadí součinitel prostupu tepla a nejnižší vnitřní povrchová teplota. Dále množství zkondenzované vodní páry a roční bilance zkondenzované vodní páry [3,9].

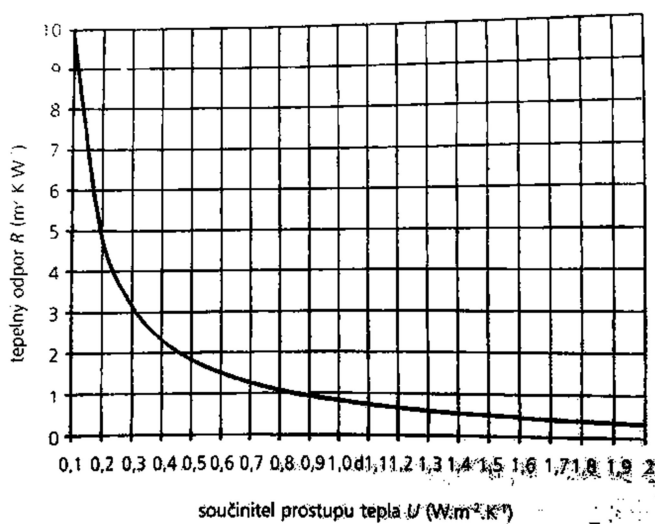
Součinitel prostupu tepla

Součinitel vyplývající z již zmíněné normy ČSN 73 0540-2, který charakterizuje tepelněizolační vlastnosti konstrukce. Hodnotí celkovou výměnu tepla v ustáleném stavu mezi dvěma

prostředími, které jsou odděleny jakoukoliv konstrukcí v našem případě se jedná o střešní konstrukci. Součinitel prostupu tepla značený U zahrnuje vliv teplených mostů, jako jsou například vliv prostupujících hmoždinek nebo kotev, které jsou součástí konstrukcí. Pro celou konstrukci střešního pláště a v nich případné vzduchové vrstvy hodnotí vlastnosti šíření tepla prostupem. Tento součinitel nahradil dříve používanou veličinu tepelný odpor značená R_T .

Proto se v praxi setkáváme se záměnou těchto veličin. Vztah mezi těmito veličinami je zobrazen na obrázku č. 40. Pro porozumění lze vyjádřit hodnotu matematicky

$$U = \frac{1}{R_T} \quad [9,15].$$



Obrázek 39 Vztah tepleného odporu na součinitel prostupu tepla [14]

typ střechy	součinitel prostupu tepla ve $W / (m^2 \cdot K)$		
	požadovaná hodnota $U_{N,20}$	doporučená hodnota $U_{REC,20}$	doporučená hodnota pro pasivní domy $U_{PAS,20}$
Šikmá střecha	0,24	0,16	0,15 - 0,10
Strmá nad 45°	0,3	0,2	0,18-0,12

Tabulka 1 Požadavky na součinitele prostupu tepla

Požadavek pro součinitele prostupu tepla je, že součinitel prostupu tepla střešní konstrukce musí být menší než požadovaný součinitel prostupu tepla. Dále vyplývá z tabulky č. 1. podmínka, že součinitel prostupu tepla pro střešní konstrukce se musí pohybovat v rozmezí požadované a doporučené hodnoty. Doporučené hodnoty jsou čísla na straně tepelné bezpečnosti a požadované hodnoty jsou čísla na straně minima, které se vždy musí splnit [9].

Nejnižší vnitřní povrchová teplota

Určuje ji součinitel nazývaný teplotní faktor vnitřního povrchu značen f_{Rsi} . Posouzení nejnižší vnitřní povrchové teploty se provádí za účelem omezení výskytu kondenzace vodní páry na vnitřní straně konstrukcí. Pokud se stane, že vnitřní povrchová teplota klesne pod teplotu rosného bodu vnitřního vzduchu, začíná kondenzovat voda na vnitřním povrchu. Dále v případě vzniku kondenzátu vodní páry v interiéru se vyskytnou plísně, které přispívají k zhoršení kvality vnitřních podmínek. Během zimního období při normových podmínkách musí relativní vlhkost vnitřního vzduchu vykazovat odpovídající teplotní faktor vnitřního povrchu a vyhovět podmínky. Kde požadovaná hodnota nejnižšího teplotního faktoru vnitřního povrchu musí být menší než nejnižší vnitřní povrchová teplota. Celý postup výpočtu je sepsán v normě ČSN 73 0540 [2].

Zkondenzování vodní páry

Zkondenzování vodní páry, která je součástí vzduchu v konstrukci je zapříčiněna rozdílnými parciálními tlaky vzduchu na protilehlých stranách konstrukce. Pokud nastanou příznivé podmínky dochází k přeměnění vodní páry na kapalinu tzv. kondenzace. Vznik kondenzace vodní páry má negativní vliv a ovlivňuje mechanicky i fyzicky materiál, ve kterém vznikla, případně funkci střešní konstrukce. *Ohrožením požadované funkce je obvykle podstatný zkrácení předpokládané životnosti střešní konstrukce, snížení vnitřní povrchové teploty konstrukce vedoucí ke vzniku plísni, objemových změn a výrazně zvýšení hmotnosti konstrukce mimo rámeček rezerv statického výpočtu, zvýšení hmotnostní vlhkosti materiálu na úroveň způsobující degradaci* [9]. Z těchto důvodů norma ČSN 73 0540 hledí na faktory, aby nedošlo ke kondenzaci. Pokud by kondenzace vznikla, v jak velkém množství vzniká, v jakých

místech a zda kondenzát má možnost během roku se vypařit. V případě výskytu kondenzace ve střešním plášti, která by ohrozila požadované funkce je vhodné navrhnout jinou skladbu střechy. Měla by tedy platit podmínka, že množství zkondenzované vodní páry v konstrukci se rovná nula. V případě, že uvnitř střešního pláště vznikne kondenzace vodní páry, která neohrozí její funkce, musí roční množství zkondenzované vodní páry v konstrukci být menší než limitní množství zkondenzované vodní páry v konstrukci podle ČSN 73 0540-2. Limitní množství zkondenzované vodní páry je 3 % plošné hmotnosti materiálu v případě je-li objemová hmotnost větší než 100 kg/m^3 [2,9].

Roční bilance zkondenzované vodní páry

Během tohoto posuzování kondenzace vodní páry je připuštěno omezené množství kondenzace vodní páry. Na konci roku, ale nesmí zůstat žádné množství kondenzátu, které by narušovalo konstrukci a zvětšovalo v ní vlhkost. Podmínka z toho vyplývající je, že roční množství zkondenzované vodní páry v konstrukci musí být menší nebo rovno než roční množství vypařitelné vodní páry z konstrukce [2].

Posouzení pomocí softwaru Teplo

Tepelně technický posudek lze provést výpočtem pomocí vzorců a podmínek sepsaných v normě ČSN 73 0540 anebo k tomu použít výpočtový software. Software Teplo, slouží pro základní výpočet tepelně technických parametrů pro stavební konstrukce. Výpočty a hodnocení stavebních konstrukcí provádí v souladu s evropskými EN ISO 6946, EN ISO 13788; českými a slovenskými normami ČSN/STN 73 0540. Pomocí softwaru Teplo lze vypočítat tepelný odpor, součinitel prostupu tepla a vnitřní povrchová teplota, tepelní faktor, teplotní útlum, pokles dotykové teploty podlahové konstrukce. Zjistit oblast kondenzace vodní páry v konstrukci. Vypočítat roční bilance zkondenzované a vypařené vodní páry včetně povrchové kondenzace nebo hodnotit podlahové konstrukce. Program vytvořil a aktualizuje doc. Dr. Ing. Zbyněk Svoboda v roce 2000, který je vyučující na naší škole, pro Katedru pozemní stavby. Výpočet je možné řešit konstrukce o počtu maximálně patnácti vrstev s libovolnými okrajovými podmínkami [16].

2.5 Časová struktura a plánování

Při realizaci každého stavebního díla je nutné si naplánovat, v jakém časovém horizontu se vykoná. Proto je potřebné znát základy časového plánování, jaké metody se pro plánování používají a jak časový plán zobrazit. Časová struktura zahrnuje časový postup a průběh všech procesů ohodnocených časově mezi sebou a potřebu zdrojů v čase. Tvorba časových plánů dává zjednodušeně odpověď na otázky: co, jak, kdo, kdy a za kolik [10].

Při sestavení plánu je velice nutné plánovat tak podrobně, jak vyžaduje rozsah a složitost projektu. Dále je velmi důležité, zda jsou dostupné přesné podrobnosti a informace o projektu. Pro jakého účastníka projektu je časový plán zpravován, jestli pro investora nebo dodavatele. A v neposlední řadě je zásadní, k jakému účelu je plán vytvořený, pro finanční řízení projektu či operativní řízení stavby nebo jiný účel. Plán, který se vytvoří, je součástí celé výstavby objektu a základní fáze jsou brány z tzv. plánovacího cyklu, který se skládá z těchto částí [10,11]:

- Vytvoření plánu: zjištění všech pracovních činností potřebných při realizaci, promyšlení jejich návaznosti, přiřazení zdrojů potřebných pro jejich vykonání.
- Implementace a realizace plánovaných prací: naplánování činností, aby se prováděly podle plánu, a plánů se předají pracovníkům, kteří budou činnost realizovat.
- Kontroly a implementace a realizace: Kontrolování, zda je vše provedeno v čas, na správném místě, v požadované kvalitě. V případě zjištění nějaké změny, ihned se musí udělat zápis a nastává náprava zjištěné změny či chyby.
- Řízení změn: činnost provádějící, pokud nastanou nějaké změny. Může nastat změna, která je vyžadována investorem nebo změna vyvolaná úpravou projektové dokumentace, která je zapříčena nedodržením plánu.

Při plánování z časového hlediska se dělí na dlouhodobý, střednědobý a krátkodobý. Dlouhodobý plán, který se může nazývat strategický plán se nezaobírá podrobnými detaily, věnuje se celému období projektu. Střednědobý plán se stejně jako dlouhodobý plán věnuje agregovaným činnostem. Dále dílčím etapám plánovaným na období půlroku nebo roku. Krátkodobý plán zachycuje krátké období v časové dotaci většinou měsíc, výjimečně

maximálně čtvrt rok. Než se zaměříme na druhy časového plánování je nutné uvést ještě jaké jsou potřebné informace a domluvené podmínky pro sestavení časového plánu. Pro realizaci každého stavebního díla je potřebné mít dostupnost zdrojů, aby pracovníci měli dostatek potřebného materiálu. Určenou posloupnost a návaznost vypsanych činností. Domluvený dostatečný počet pracovníků a upřesnění v jakých dnech přesně budou pracovat. V neposlední řadě to nejdůležitější, přesně určené termíny dokončení jednotlivých prací a dokončení celého projektu. Nejjednodušším dokladem o časovém průběhu činností je termínová listina. Termínová listina zobrazuje seznam činností a termín, kdy se provedou. Toto zobrazení zahájení a dokončení činnosti se používá pro stavby malého rozsahu [10,11].

2.5.1 Časový graf

Časová struktura se může zobrazit například v časových grafech tzv. harmonogramu (bar chart). Nejpoužívanější prostředek zobrazující průběh činností v čase. Popisuje velikost délky jednotlivých stavebních etap. Harmonogram je součástí smlouvy o dílo, proto lze podle něho kontrolovat provedení práce, případně jestli se práce nezpožďuje.

Harmonogramy rozdělujeme podle zobrazení na Ganttův diagram zobrazující návaznost činností a harmonogram zdrojů zobrazující přiřazení zdroje úkolu v čase. Ganttův diagram znázorňuje naplánované posloupné činnosti v závislosti na čase. Ve sloupci horizontálně orientovaném je znázorněna časová dotace pro danou činnost (dny, týdny, měsíce, roky). Kolmo na to v řádcích se znázorňuje pracovní činnost výstavby posloupně seřazené podle technologie určené části výstavby. Tento způsob zobrazení realizace projektu také využívá program Microsoft Project [10,11].

Č. obj.	Název objektu	Dod.	M.j.	Objem	Náklady (tis. Kč)	Prac.	Časový průběh												Poznámka				
							2009																
							1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12					
01	Příprava území	PS3			138	6		138															
02	Kanalizace	PS3	bm	220	359	5		80	279														
03	Vodovod	PS3	bm	220	440	5			220	220													
04	Plynovod	PP	bm	65	145					145													
05	Elektrozvody	EZ	bm	286	138						138												
06	Slaboproud	EZ	bm	420	168																168		
07	Veřejné osvětlení	PS3			150	4															80		
08	Komunikace a chod.	IPS	m2	1224	815									120	695								
09	Sadové úpravy	A1	m2	2445	432																150	282	
10	Trafostanice-stav.č.	PS3			276	9																	
11	Trafostanice- technol.č.	EZ			453																		
12	Bytový objekt A	PS3	m3	4171	20859	22																	
13	Přípojky objektu A	PS3	bm	4,2	27	8																	
14	Bytový objekt B	PS3	m3	3859	19295	22																	
15	Přípojky objektu B	PS3	bm	4,5	29	8																	
Celkem (tis. Kč)																							
Počet pracovníků																							
								218	499	1767	5566	7734	9497	8726	6928	2789							
								11	10	35	52	53	44	48	44	26							

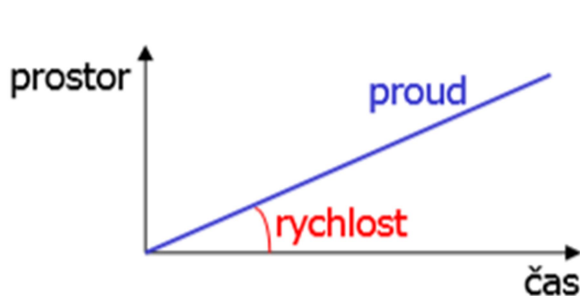
Obrázek 40 Příklad harmonogramu [26]

Další typ harmonogramu je harmonogram zdrojů, zobrazující přiřazení zdrojům úkoly v časovém období. Využití tohoto harmonogramu je pro operativní řízení. Kde musí být vypsán přesný seznam čt a hlavních zdrojů a zařízení potřebných a pro každý zdroj, je specifikována konkrétní činnost na určitý den nebo jinou časovou jednotku [10,11].

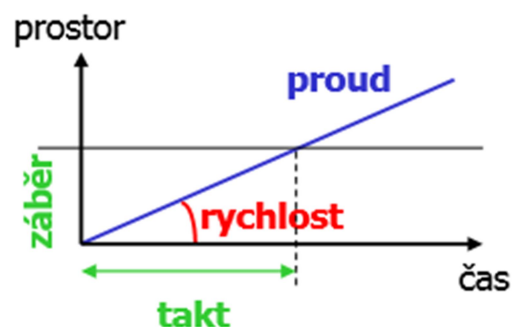
2.5.2 Časoprostorový graf

Společně s prostorovou strukturou je časová struktura zobrazena v tzv. časoprostorovým grafem nebo cyklogramem. Činnosti se vykreslují v čase a prostoru. Vodorovná osa je zobrazení časové dotace činnosti, svislá osa je prostorová, ve kterém se činnosti provádějí. Průběh činností se vykresluje pomocí úseček a podle sklonu lze vyčíst, jak rychle činnost probíhá. **Časoprostorový graf** (Space-time diagram) je vhodný pro zobrazení liniových staveb. V těchto grafech jsou nejčastěji znázorněny etapové procesy nebo procesy stupně rozestavěnosti. Tento druh časového plánování je vhodný pro plánování na taktické úrovni pro agregované činnosti [10,11].

Cyklogram (Line of balance) je zobrazení v grafu opakované práce na opakujících se záběrech, které jsou považovány za sériové. Na úsečce se vyjadřuje postup činností po záběrech v čase. Vynesením osy vodorovné označíme časovou jednotku, osa svislá označuje prostorové jednotky. *Cílem je, aby lhůta jednotlivých činností na celé sérii záběrů byla přibližně stejná, tak aby pracovní čety plynule přecházely ze záběru na záběr a nedocházelo k jejich křížení [11].* Nejideálnější je, pokud všechny úsečky jsou rovnoběžné a tím je zobrazeno, že všechny činnosti probíhají stejným tempem [10].

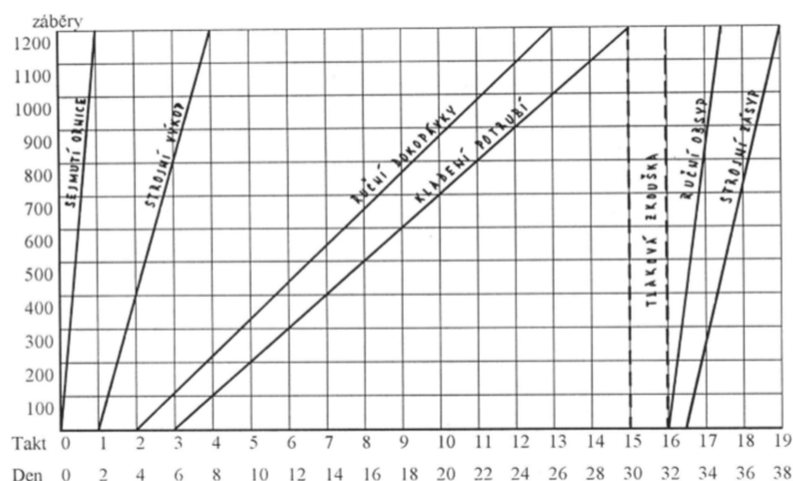


Obrázek 42 Časoprostorový graf [26]



Obrázek 41 Cyklogram [26]

Pro správné porozumění grafu je důležité znát názvy, které se objevili v ukázce jednoduchého cyklogramu. Proud znamená prováděnou činnost, záběr je část prostoru, takt je doba provedení jedné činnosti na 1 záběr a rychlost je vyjádřena pod úhlem šikmé čáry. Informace, které cyklogram může předat je například: plynulost prací, která je zobrazena nepřerušovanou čarou činnosti. Rychlost postupu prací zobrazenou podle úhlu, strmá čára je rychlý postup prací, plochá naopak pomalý postup prací. Zobrazení je velmi zřetelné a mohou se díky tomu vzájemně skloubit činnosti. Nevýhodou tohoto zobrazení je neměnnost, činnosti jsou pevně dané a není patrné jaká činnosti je rozhodující pro splnění celkové lhůty výstavby. Aktualizace v časoprostorovém grafu je velmi složitá [10].

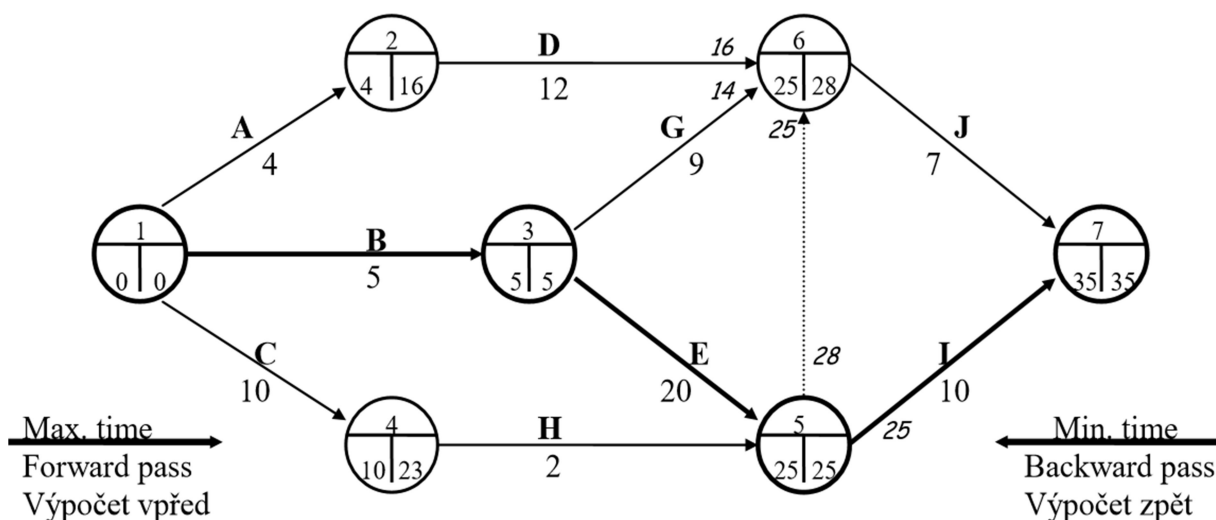
**Obrázek 43 Liniový cyklogram [10]**

2.5.3 Síťové grafy

Mezi síťové grafy patří rozsáhlé množství plánovacích metod, které se využívají pro plánování projektů a řízení všech staveb. Síťové grafy patří mezi efektivní a univerzální nástroj pro určení analýzy časové, zdrojové a nákladové. Rozdělují se na druhy stochastické, které se využívají pro stanovení doby trvání činnosti pravděpodobnost a deterministické. Ve stavebnictví se stochastické metody nepoužívají, proto dále se budeme věnovat jen významu metody deterministický. Ty stanovují dobu trvání matematickým výpočtem. Druhy deterministických metod jsou hranově a uzlově definovaný síťové grafy [10,11].

Hranově definovaný síťový graf

Nejpoužívanější a nejjednodušší síťový graf lze považovat hranově definovaný (Aktivity on the arrow). V grafu jsou jednotlivé činnosti zobrazeny pomocí orientovaných šipek a uzlů, které znázorňují začátek a konec činnosti. Graf zobrazující model konkrétní stavby je sestaven tak, že hrany v grafu představují činnosti, uzly dobu trvání jednotlivé činnosti. Činnosti zobrazené v grafu jsou reálné, fiktivní a distanční činnosti. Spojitosti a návaznost jsou primárně znázorněny reálné činnosti uzly mezi vazby začátek a konec činnosti bez časové prodlevy. Reálná činnost zobrazuje konkrétní činnost a je ohodnocena časem i zdrojem. Znázorňujeme plnou čarou. Dále v grafu je možné vyjádřit fiktivní činnost, vystihující logickou návaznost. Tato činnost se zobrazí šipkou s dobou trvání nula. Distanční činnosti sdělují závislosti mezi uzly a činnosti – odstupy nebo předstih. Nároky u této činnosti jsou na čase nikoli na zdroji a zobrazuje se čerchovaně. Výpočet kritické cesty u síťového grafu je snadné. Zobrazení kritické cesty je tam kde je nejdelší celková doba trvání, která určí, kdy lze nejdříve dokončit výstavbu. Finální doba výstavby se získá při součtu jednotlivých činností, které jsou zobrazeny na kritické cestě. Zobrazení a výpočet hranově definovaného grafu je zobrazeno na následujícím obrázku [10,11].

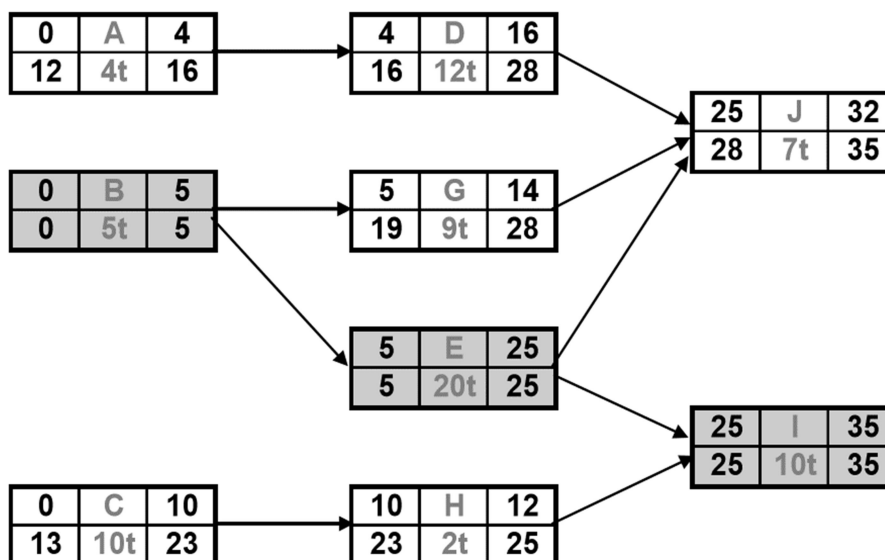


Obrázek 44 Síťový graf – hranový [26]

Uzlově definovaný síťový graf (aktivity on the node)

Tento graf podobně jako hranově definovaný síťový graf zobrazuje činnosti a vazby mezi nimi. Činnosti jsou zobrazeny pomocí uzlů a závislost mezi nimi orientovanými hranami. Rozdíl mezi jednotlivými grafy je zobrazení, a to že uzlový síťový graf rozlišuje následující čtyři druhy vazby [11]:

- Vazba KZ (konec-začátek) – jak z názvu je vidno definuje, že následující činnost lze vykonat po skončení všech činností, které ji předcházejí. Během použití pro celý projekt je jednoznačně daná kritická cesta.
- Vazba ZZ (začátek-začátek) – vyjadřuje vztah mezi vazbami předcházející a následující, takže činnost předcházející začíná nejpozději při začátku činnosti následující.
- Vazba KK (konec-konec) – tato vazba je obdobná jako předchozí akorát s tím rozdílem, že předcházející činnost musí skončit nejpozději při ukončení činnosti následující.
- Vazba ZK (začátek-konec) – vyjadřující vztah následně: činnost následující musí skončit, aby mohla činnost předcházející začít.



Obrázek 45 Síťový graf – uzlový [26]

2.5.4 Softwary pro časové plánování

Microsoft Project

Microsoft Project je program, který slouží obecně pro plánování a řízení projektu, sledování termínů, přiřazování zdrojů a sledování jejich využití či zjišťování aktuálního stavu vybraného projektu. Sleduje projekt z časového a finančního hlediska a díky provázanosti lze organizovat zdroje. Microsoft Project je program vytvořený firmou Microsoft, která jako první představila v roce 1984 software pro využití na projektové plánování. V současnosti se tento program využívá pro projektové plánování nejčastěji. Dostupný software vydává několik dostupných zpoplatněných verzí. Nejnovější verze je Microsoft Project 2016. Jednotlivé verze tohoto programu se liší svým výkonem a uživatelským rozhraním tak i pořizovací cenou [13].

Contec

Program s automatizovaným systémem, ve kterém lze vytvářet výrobní proces realizace stavby či další části investičního projektu. Tvoří zároveň ocenění, časový postup, potřeby zdrojů a klíčové podmínky pro řízení kvality stavební produkce. Program pro své fungování propojuje metodiku stavebně technologického projektování se síťovým grafem. Vytvořený model pro kvalitní a rychlé zpracování dokumentů pro předvýrobu, výrobu i provoz staveb či nabídek používá technologický normál, operativní a finanční plán, harmonogramy, časoprostorové grafy, rozpočty nebo zkušební plány. Prostředí programu umožňuje snadnou aktualizaci podle skutečného průběhu stavby, dokončené práce a jejího stupně. V programu je možné zadat specifická data, která vyplynou z technologického a organizačního postupu výstavby či výkazu výměr. Základ pro pracování softwaru je využití stavebně technologického síťového grafu, který pomocí algoritmu vypočítá začátky a konce procesů stavby a k nim přiřazuje další údaje jako například lidské nebo materiálové zdroje. Tvorba časových plánů patří mezi základní funkce programu CONTEC. Harmonogramy jsou vytvořeny, podle již zmíněných síťových grafů a zobrazeny v podobě grafu v řádcích. V případě výskytu nějaké nepředvídatelné situace časové plány mají již v sobě zahrnutou rezervu. V programu lze prostorovou i časovou strukturu výstavby zobrazit pomocí časoprostorových grafů [12].

3 CÍLE

A. Komplexní posouzení skladby střešního pláště v závislosti na součiniteli prostupu tepla a bilance kondenzované vodní páry

Provést posouzení pro tři varianty skladby střešního pláště vybrané podle provedené rešerše a vhodné pro vybraný objekt. Posoudit v závislosti na součiniteli prostupu tepla a bilanci kondenzované vodní páry. Součinitel prostupu tepla musí vyhovět požadavkům normy ČSN 73 0540. Podle zmíněné normy dále zkontrolovat, jestli vznikne kondenzace vodní páry. Provést diskuzi výsledných podkladů a zvolit, která varianta je vhodná pro vybraný objekt.

B. Vypracování harmonogram realizace střešního pláště

Pro vybrané tři varianty skladby střešního pláště vypracovat harmonogramy vzniklých prací podle skladby. Harmonogram vypracovat v programu Project a dotace množství normohodin určit pomocí programu Buidpower S. Provést diskuzi výsledných podkladů a zvolit, která varianta je vhodná pro vybraný objekt.

C. Technologický postup prací při realizaci střešního pláště

Vypracovat pro vybrané tři skladby střešního pláště technologický postup prací a s tím spojené podmínky na pracovišti a ochrana při práci. Provést diskuzi výsledných podkladů a zvolit, která varianta je vhodná pro vybraný objekt.

4 METODY

4.1 Zvolení zkoumaného objektu

Pro výběr vhodného objektu je nutné si definovat, jak objekt má vypadat a jaké náležitosti splňovat. Vybraný objekt musí mít šikmou střechu a nosnou konstrukci provedenou pomocí krovu. Například nemocnici nebo administrativní budovu nejsou vhodné pro výběr z důvodu toho, že tyto objekty se zastřešují plochou střechou. Šikmé střechy jsou doménou rodinných domů typu klasický nebo bungalov případně garáže. Garáž je nepřípustná, protože její velikost je malá a pro tento objekt se neřeší tepelně technické posouzení. Rodinný dům typu bungalov také není vhodný, protože nemá strop. Všechny materiály pro odizolování se zavěsí pod vazníky. Typický krov se realizuje pro rodinné domy vícepodlažní. To znamená, že vhodný objekt bude rodinný dům střední velikosti.

4.2 Posouzení prostupu tepla

Pro posouzení střešní konstrukce s ohledem na tepelně technické požadavky použiji program Teplo 2017 EDU dále zmiňovaný zkráceně Teplo. Tento program zajistí přesné zhodnocení součinitele prostupu tepla, bilanci zkondenzované a vypařené vodní páry pro vybrané tři skladby střešních plášťů. Poté provedu diskuzi výsledků podle tepelně technických požadavků, který střešní plášť je nejvhodnější.

Hodnocení požadavků střešní konstrukce v programu Teplo použiji výpočtové metody z normy ČSN 73 0540 a ČSN EN ISO 6946.

Součinitel prostupu tepla

Hodnotí skladbu konstrukce podle její skladby a tepelněizolačních vlastností pro části nebo celé konstrukce. Součinitel vyjadřuje, kolik tepla unikne skrz konstrukci o velikosti plochy

1 m² při rozdílu teplot vnitřního a venkovního prostředí. Součinitel prostupu tepla musí splnit podmínku: (kdy relativní návrhová vlhkost vnitřního vzduchu je $\phi_1 \leq 60\%$) [9].

$$U \leq U_N$$

Kde je [9]:

U součinitel prostupu tepla dané konstrukce, ve W/(m². K)

U_N Požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla, ve W/(m². K)

typ střechy	součinitel prostupu tepla ve W/ (m ² . K)		
	požadovaná hodnota U _{N,20}	doporučená hodnota U _{REC,20}	doporučená hodnota pro pasivní domy U _{PAS,20}
Šikmá střecha	0,24	0,16	0,15 - 0,10
Strmá nad 45°	0,3	0,2	0,18- 0,12

Tabulka 2 Součinitele prostupu tepla

Požadovaná hodnota U_N se stanoví pro budovy s převažující návrhovou vnitřní teplotou 18-22 °C podle tabulky č. 2.

Nejnižší vnitřní povrchová teplota

Posouzení nejnižší vnitřní povrchové teploty se provádí za účelem omezení výskytu kondenzace vodní páry na vnitřní straně konstrukcí. A dále v případě vzniku kondenzátu vodní páry v interiéru se dále vyskytnou plísní, které přispívají k zhoršení vnitřních podmínek. Během zimního období při normových podmínkách musí relativní vlhkost vnitřního vzduchu vykazovat odpovídající teplotní faktor vnitřního povrchu a vyhovět podmínkám kde [9]:

$$f_{Rsi} \leq f_{Rsi,N} [-]$$

$f_{Rsi,N}$ je požadovaná hodnota nejnižšího teplotního faktoru vnitřního povrchu, stanovená ze vztahu [9]:

$$f_{Rsi,N} = f_{Rsi,cr}$$

$f_{Rsi,cr}$ je kritický teplotní faktor vnitřního povrchu stanovený podle vztahu [9]:

$$f_{Rsi,cr} = 1 - \frac{237,3 + 2,1 * \theta_{ai}}{\theta_{ai} - \theta_{ex}} * \frac{1}{1,1 - 17,269 / \ln(\varphi_{i,r} / \varphi_{si,cr})}$$

Kde je [9]:

θ_{ai} návrhová teplota vnitřního vzduchu dle ČSN 73 0540-2, [°C]

θ_{ex} návrhová teplota prostředí přilehlého k vnější straně konstrukce v zimním období dle ČSN 73 0540-2, [°C]

$\varphi_{i,r}$ relativní vlhkost vnitřního vzduchu pro stanovení požadavku na nejnižší vnitřní povrchovou teplotu konstrukce v [%], která se určuje podle ČSN 73 0540-2, odstavec 5.1.4

$\varphi_{si,cr}$ kritická vnitřní povrchová vlhkost dle ČSN 73 0540-2, odstavec 5.1.4, důležité je pro tuto hodnotu, že nesmí překročit hodnotu pro všechny stavební konstrukce $\varphi_{si,cr} = 80\%$ a okna $\varphi_{si,cr} = 100\%$ [9].

Zkondenzování vodní páry

Kondenzace vodní páry vzniká při rozdílných parciálních tlacích. V případě výskytu kondenzace ve střešním plášti, která by ohrozila požadované funkce je vhodné navrhnout jinou skladbu střechy. Pro vyhovění posudku se musí splnit podmínka [9]:

$$M_C \leq M_{C,N}$$

Kde je [9]:

M_C množství zkondenzované vodní páry v konstrukci [$kg / (m^2 * a)$]

$M_{C,N}$ limitní množství zkondenzované vodní páry v konstrukci dle ČSN 73 0540-2 hodnota je $0,50 \text{ kg}/(\text{m}^2 * \text{a})$

Limitní množství zkondenzované vodní páry je 5 % plošné hmotnosti materiálu v případě je-li objemová hmotnost větší než $100 \text{ kg}/\text{m}^3$. Pro materiál s objemovou hmotností menší než $100 \text{ kg}/\text{m}^3$ je $M_{C,N} = 10 \%$ jeho plošné hmotnosti [9].

Roční bilance zkondenzované vodní páry

Toto posouzení připouští omezené množství kondenzace vodní páry. Na konci roku nesmí zůstat žádné množství kondenzátu, které by narušovalo konstrukci a zvětšovalo v ní vlhkost.

Pro tuto podmínku platí vztah [9]:

$$M_C \leq M_{ev}$$

Kde je [9]:

M_C roční množství zkondenzované vodní páry v konstrukci [$\text{kg}/(\text{m}^2 * \text{a})$],

M_{ev} roční množství vypařitelné vodní páry z konstrukce [$\text{kg}/(\text{m}^2 * \text{a})$].

V případě navržení konstrukce s větranou vzduchovou mezerou se dále musí ověřit průběh relativní vlhkosti vzduchu proudícího v mezeře a musí splňovat podmínku: $\varphi_{cv} < 90 \%$ [9].

4.3 Časové plánování

Pro vybrání vhodného střešního pláště je důležité, jak dlouho celá realizace bude trvat. Posouzení se provádí podle časové struktury. Časová struktura je doba realizace, kterou posoudím pomocí programu Microsoft Project 2013. V tohoto programu vypracuji harmonogram pro vybrané tři varianty střešních pláštů. Struktura a počet činností bude odpovídat pro jednotlivé systémy zateplení střešního pláště. Všechny činnosti v harmonogramu budou navzájem plně propojeny. Časové ohodnocení doby trvání činností provede již zmiňovaný program. Následně porovnáím jejich výsledný celkový čas realizace.

Program Microsoft Project se řadí mezi nejvíce používaný software pro projektové plánování od společnosti Microsoft. Software pro odhad budoucí doby trvání činností, úkolů nebo celého projektu používá metodu PERT a pro grafické znázornění metodu Grantův diagram.

Metoda PERT

Jedná se o metodu deterministickou pro odhad trvání činností. Metoda k jednotlivým činnostem přistupuje jako náhodné proměnné, které mají rozloženou pravděpodobnost. V praxi se proměnné nazývají provozní podmínky, které jsou řazené například podle důležitosti. Odhady dílčích činností se vyjadřují podle třech časových charakteristik [17,18]:

- Optimistický odhad uvažuje nejkratší doby trvání činností
- Reálný odhad uvažuje přesně očekávanou dobu trvání činností.
- Pesimistický odhad tento odhad předpokládá nejdelší doby trvání činností

Provádění odhadu metodou bere v úvahu vlivy, které lze zařadit mezi náhodné jevy. Tyto jevy jsou například vliv počasí při práci venku, vliv organizace práce, vliv pracovní morálky či výkonost pracovní čety a v neposlední řadě, jestli se nestane nějaká porucha, která brání v pokračování dalších činností.

Princip výpočtu doby trvání jednotlivé činnosti [17]:

$$Tv = \frac{To \times váha\ 1 + Toč \times váha\ 2 + Tp \times váha\ 3}{váha\ 1 + váha\ 2 + váha\ 3}$$

Princip výpočtu pro celý projekt [17]:

$$Tvp = \left(\frac{To \times váha\ 1 + Toč \times váha\ 2 + Tp \times váha\ 3}{váha\ 1 + váha\ 2 + váha\ 3} \right) + \left(\frac{To \times váha\ 1 + Toč \times váha\ 2 + Tp \times váha\ 3}{váha\ 1 + váha\ 2 + váha\ 3} \right) + \left(\frac{To \times váha\ 1 + Toč \times váha\ 2 + Tp \times váha\ 3}{váha\ 1 + váha\ 2 + váha\ 3} \right) + \dots$$

Kde je [17]:

Tv = vypočítaná doba trvání úkolu metodou PERT

To = optimistický časový odhad doby trvání úkolu

Toč = reálně očekávaný odhad doby trvání úkolu

Tp = pesimistický časový odhad doby trvání úkolu

Tpv = vypočítaná doba celého projektu metodou PERT

To1, To2, Ton = první, druhé a n-té zadání optimistického časového odhadu

Toč1, Toč2, Točn = první, druhé a n-té zadání reálně očekávaného časového odhadu

Tp1, Tp2, Tp3 = první, druhé a n-té zadání pesimistického časového odhadu

Váha 1 = váha pro optimistický časový odhad

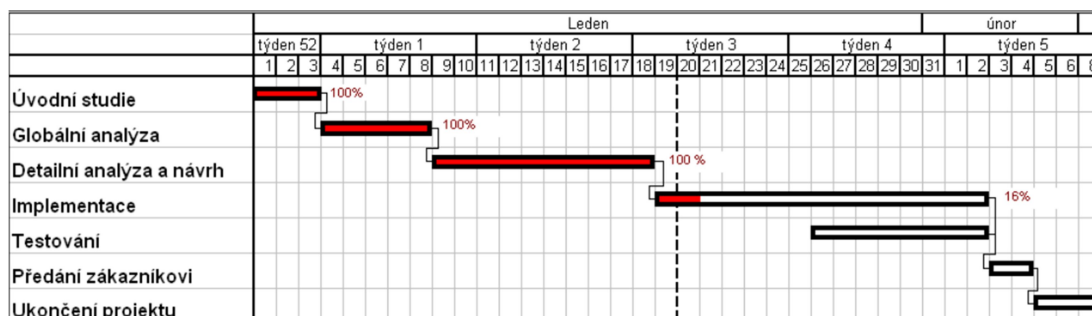
Váha 2 = váha pro reálně očekávaný časový odhad

Váha 3 = váha pro pesimistický časový odhad

Součet vah musí mít hodnotu 6. Tato hodnota se rozdělí mezi váhy pro jednotlivé časové odhady podle pravděpodobného vývoje projektu. Pokud předpokládáme, že projekt se bude vyvíjet podle reálné doby trvání činností, volí se váha 2 vyšší hodnotou. Program Microsoft Project jako výchozí váhu reálného časového odhadu volí hodnotu 4 a pravděpodobnost optimistická a pesimistická má stejnou váhu, což znamená, že hodnota váhy 1 a 3= 1. Jestliže je předpoklad, že doba trvání potrvá nejspíše podle reálného odhadu času, ale může se stát nějaká závada, která přispěje k prodloužení realizační doby. Pesimistický odhad je tedy větší než optimistický, lze hodnotu vah rozdělit následovně: váha 1=1, váha 2=3, váha 3=2. Odhad zvolení pravděpodobnosti, jak se projekt bude odvíjet jestli, optimisticky, pesimisticky nebo reálně vychází ze zkušeností z praxe a subjektivního odhadu [17,18].

Ganttův diagram

Metoda pro grafické zobrazení naplánovaných činností v čase. Ganttův diagram je graf zobrazující harmonogram prací v časovém období kdy se budou provádět. Horizontálně zobrazuje čas. Délky období se zobrazují podle odpovídající podrobnosti – hodiny, dny měsíce či roky. V řádcích se zobrazují dílčí činnosti v logickém pořadí, jak jsou naplánované a budou práce probíhat. Délka trvání je vztažena podle časového období odpovídající k jednotlivým činnostem [27].



Obrázek 46 Příklad Ganttova diagramu [28]

4.4 Technologické postupy

Ve stavebnictví se setkáváme s pojmem technologický postup, ale přesné znění a vyložení podle zákona nikde zmíněno není. V praxi se technologický postup zaobírá širší vazbou na staveništi (například oplocení stavby, dopravu materiálu, rozvod sítí a další), ale pracovní postup se zaměřuje na konkrétní práci. Ze zákona č.309/2006 sb. vyplývá povinnost zaměstnavatele zabývat se organizováním práce a stanovit pracovní postupy s dodržováním bezpečnosti práce na pracovišti. Při zpracování plánu BOZP pro stavbu se může teoreticky jednat o osnovu pro vypracování technologického postupu. Další podporou pro vytvoření správného technologického postupu jsou technologické předpisy od výrobce a v neposlední řadě NV č.326/2005 Sb. V tomto nařízení je příloha zabývající se na problematiku práce ve výškách.

V kapitole technologického postupu vypracuji pro tři vybrané konstrukční varianty střešního pláště:

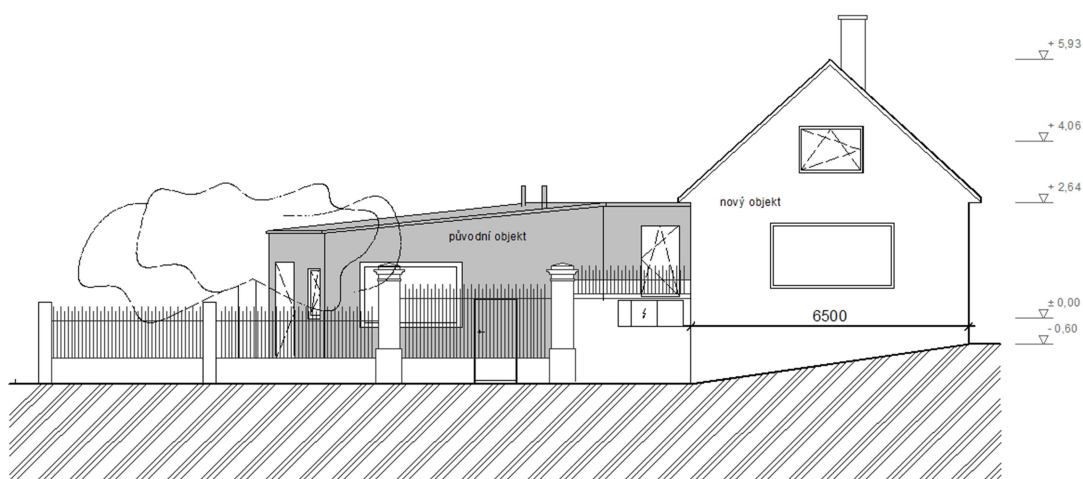
- Výpis opatření k zajištění bezpečnosti pracovníků na pracovišti
- Výpis použitých strojů a pracovních pomůcek
- Pracovní postup pro danou variantu střešního pláště

Tyto body vypracuji pro každou variantu střešního pláště. Následně budu zmiňovat jaké výhody a nevýhody při realizaci střešního pláště nastávají. Na co si dát pozor kvůli vzniku tepelných mostů nebo jiných chyb spojených s prováděním.

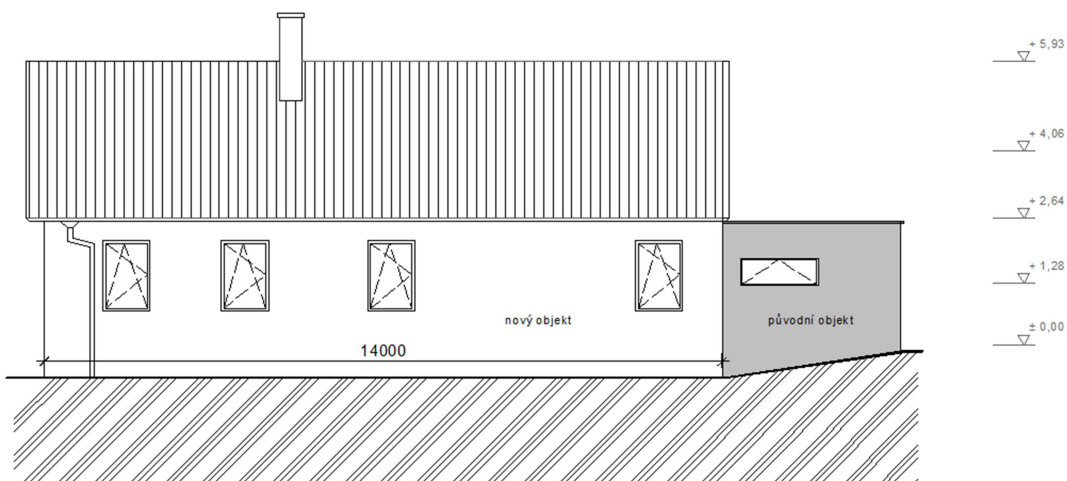
5 VLASTNÍ VÝSLEDKY

5.1 Zvolený objekt

Vybraný objekt se bude nacházet ve městě Čáslavi. Na vybraném pozemku již stojí původní objekt, který se bude rekonstruovat a dále se provede výstavba nové části rodinného domu. Jedná se o dvoupodlažní dům, který bude částečně podsklepený. Objekt se zastřeší šikmou větranou a zateplenou střechou s keramickou krytinou. Konstrukční systém střechy bude klasický vaznicový systém. Obvodové zdi se použijí od firmy Porotherm tloušťky 50 cm. Na fasádu bude použita minerální tepelněizolační perlitová omítka také od firmy Porotherm v bílé barvě. Plastová okna jsou zasklená trojsklem s rámem odstínu antracit.



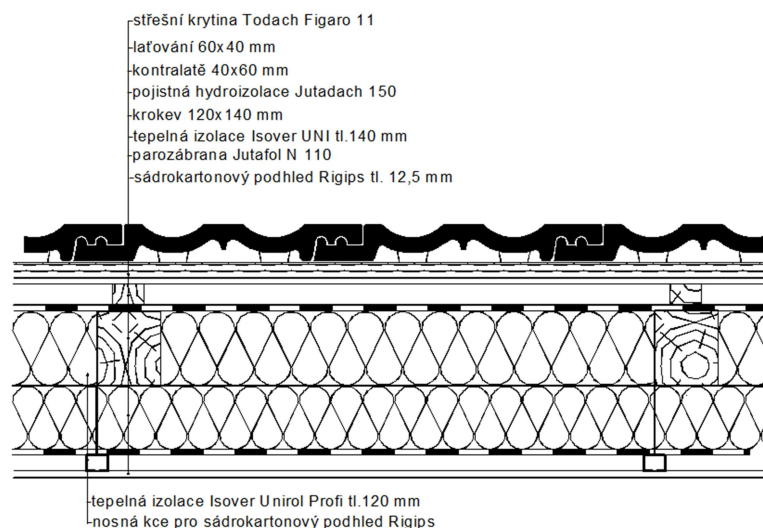
Obrázek 48 Zvolený objekt pohled ze strany SV [43]



Obrázek 47 Zvolený objekt pohled ze strany SZ [43]

5.1.1 Varianta zateplení č.1

První systém zateplení je zvolen s umístěním tepelné izolace umístěnou v prostoru mezi krokviemi a pod krokviemi. Tento systém zateplení se řadí mezi nejvíce rozšířený způsob zateplení. Materiál zvolené tepelné izolace je skelná vlna od firmy Isover.



Obrázek 49 Skladba konstrukce varianty č. 1 [44]

Střešní krytina je zvolena skládaná keramická krytina od firmy Tondach Figaro 11. Je velkoformátová střešní krytina, která má snadnou pokládku. Střešní krytina se pokládá na latě rozměru 60x40 mm a kontralatě o velikosti 40x60 mm. Všechny dřevěné prvky se musí ošetřit proti dřevokazným škůdcům, plísním a houbám.

K zabránění vniknutí vody z vnějšího prostředí je zvolena pojistná hydroizolace Jutadach 2AP s plošnou hmotností 150 g/m^2 . Jedná se o třívrstvou pojistnou hydroizolační membránu, která je plně recyklovatelná, má integrovaný samolepící okraj pro rychlou větrotěsnou pokládku. Její použití je vhodné pro šikmé střešní systémy jako kontaktní podstřešní difuzní membrána. Lze použít v bedněných střeších přímo na bednění i v nebedněných střeších přímo na tepelnou izolaci. Izolace má velmi dobrou vodotěsnost a díky extrémní paropropustnosti umožňuje dobré odvětrávání a udržuje střešní konstrukci suchou. Nepodléhá hnilobě, plísním ani škůdcům a je zdravotně nezávadná [29].

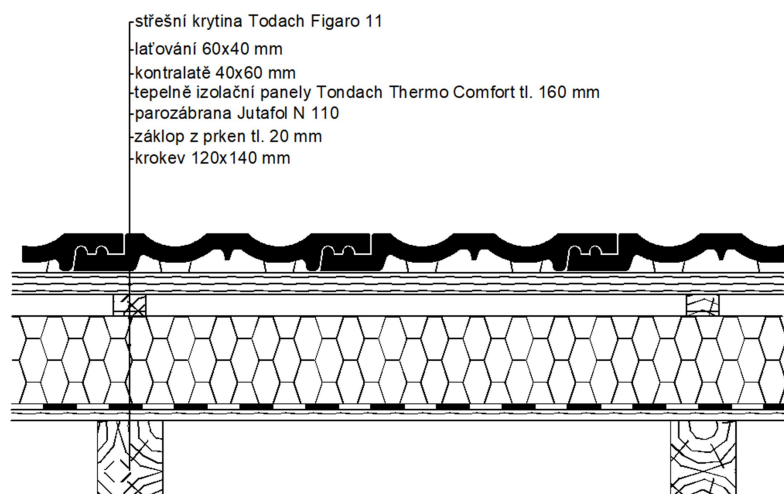
V prostoru mezi krokviemi se nachází tepelná izolace Isover Unirol Profi v tloušťce 140 mm a pod krokviemi tepelná izolace Isover Uni v tloušťce 120 mm. Skelná izolace v rolích Isover Uni a Unirol Profi, má vynikající tepelněizolační vlastnosti, jedná se o vylepšenou variantu materiálu Isover UNIROL Plus. Tento materiál je vhodný pro zateplení šikmých střech (aplikace mezi a pod krokviemi). Izolace je balena v pásu stočeného v roli o maximálním průměru 40 cm a délky 1200 mm. Jedna role váží max. 13 kg, dodává se kompresně stlačená a po rozbalení nabývá během několika minut na svou původní tloušťku. V požadované tloušťce splní v konstrukci tato izolace veškeré požadavky norem. Izolace je zdravotně nezávadná [31].

Pro zabránění propuštění páry z vnitřního prostředí do tepelné izolace je zvolena parozábrana Jutafol N s plošnou hmotností 110 g/m^2 . Je to vícevrstvá polyolefinová parozábrana zpevněná perlinkovou mřížkou. Vyrábí se v čiré barvě. Jutafol N zabraňuje pronikání vodních par z vnitřního prostoru objektu do tepelných izolací, lze jej použít v šikmých i plochých střechách nebo ve svislých konstrukcích stěn. Používá se v kombinaci s podstřešní difúzní fólií z vnější strany tepelné izolace. Přes difúzní podstřešní fólii může tak být odvedeno více vodních par, než kolik jich může skrz parozábranu do tepelné izolace proniknout, zamezí se tak tvorbě spontánní kondenzace uvnitř tepelné izolace a její funkčnost zůstane plně zachována [30].

Podhled se provede ze sádrokartonové desky od firmy Rigips. Sádrokartonová deska je zvolená protipožární v tloušťce 12,5 mm šířky 1250 mm a délky 2000 a 2600 mm. Nosná konstrukce z pozinkovaných profilů připevněná na krokve [32].

5.1.2 Varianta zateplení č. 2

Druhý systém zateplení je s umístěním izolačních panelů nad krokev. Tento systém zateplení tvoří celistvou izolační vrstvu, která eliminuje tepelné mosty. Tepelně izolační panely jsou PIR desky od firmy Tondach.



Obrázek 50 Skladba konstrukce varianty č. 2 [44]

Střešní krytina je zvolená skládaná keramická krytina od firmy Tondach Figaro 11. Je velkoformátová střešní krytina, která má snadnou pokládku. Střešní krytina se pokládá na latě rozměru 60x40 mm a kontralatě o velikosti 40x60 mm. Všechny dřevěné prvky se musí ošetřit proti dřevokazným škůdcům, plísním a houbám.

Tepelně izolační desky jsou z PIR pěny typ Tondach Thermo Comfort. Opatřené z obou stran difuzně otevřeným rounem, díky kterému se nemusí realizovat pojistná hydroizolační vrstva a na vrchní straně má difuzní folii. Tyto desky jsou totiž opatřeny na konci samolepicími okraji, které umožňují provedení těsných spojů mezi deskami. Spojení desek navzájem se provádí pomocí zámků na pera a drážky. Díky nízké hmotnosti panelů je snadná manipulace [24].

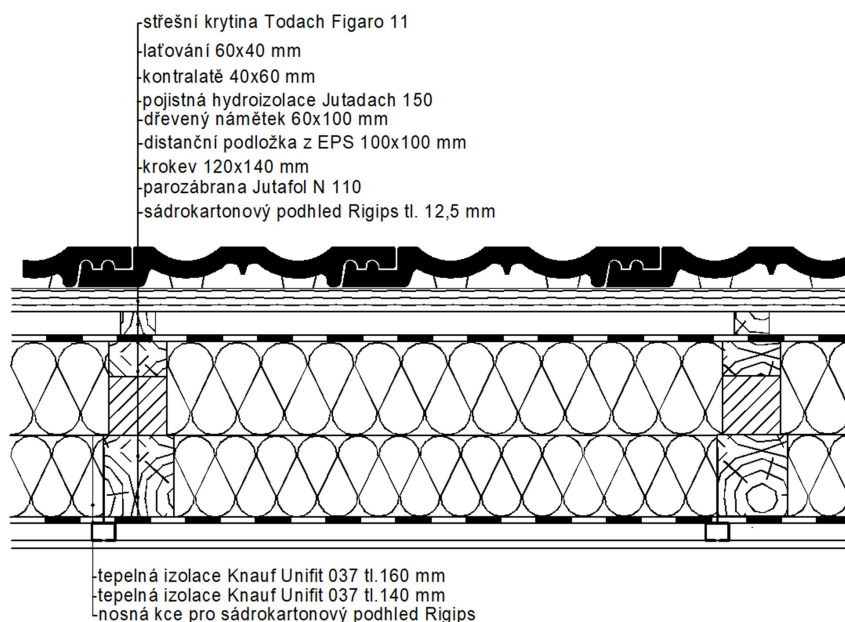
Pro zabránění propuštění páry z vnitřního prostředí do tepelné izolace je zvolena parozábrana Jutafol N s plošnou hmotností 110 g/m^2 . Je to vícevrstvá polyolefinová

parozábrana zpevněná perlinkovou mřížkou. Vyrábí se v čiré barvě. Jutafol N zabraňuje pronikání vodních par z vnitřního prostoru objektu do tepelných izolací, lze jej použít v šikmých i plochých střeších nebo u svislých konstrukcí stěn. Používá se v kombinaci s podstřešní difúzní fólií z vnější strany tepelné izolace. Přes difúzní podstřešní fólii může tak být odvedeno více vodních par, než kolik jich může skrz parozábranu do tepelné izolace proniknout, zamezí se tak tvorbě spontánní kondenzace uvnitř tepelné izolace a její funkčnost zůstane plně zachována [29].

Základ se provede pomocí dřevěných prken o tloušťce 20 mm, které budou ošetřeny přípravkem proti dřevokazným škůdcům, plísním a houbám.

5.1.3 Varianta zateplení č. 3

Volba střešního pláště pro třetí variantu je kombinace dvou systémů zateplení, kdy izolace se provede mezi krokve a nad krokve. Tepelně izolační materiál pro tento střešní plášť je ze skelné vlny od firmy Knauf.



Obrázek 51 Skladba konstrukce varianty č. 3 [44]

Střešní krytina je zvolena skládaná keramická krytina od firmy Tondach Figaro 11. Je velkoformátová střešní krytina, která má snadnou pokládku. Střešní krytina se pokládá na latě rozměru 60x40 mm a kontralate o velikosti 40x60 mm. Všechny dřevěné prvky se musí ošetřit proti dřevokazným škůdcům, plísním a houbám.

Pro zabránění vniknutí vody z vnějšího prostředí je zvolena pojistná hydroizolace Jutadach 2AP s plošnou hmotností 150 g/m^2 . Jedná se o třívrstvou pojistnou hydroizolační membránu, která je plně recyklovatelná, má integrovaný samolepící okraj pro rychlou větrotěsnou pokládku. Její použití je vhodné pro šikmé střešní systémy jako kontaktní podstřešní difuzní membrána. Lze použít v bedněných střeších přímo na bednění i v nebedněných střeších přímo na tepelnou izolaci. Izolace má velmi dobrou vodotěsnost a díky extrémní paropropustnosti umožňuje dobré odvětrávání a udržuje střešní konstrukci suchou. Nepodléhá hnilobě, plísním ani škůdcům a je zdravotně nezávadná [29].

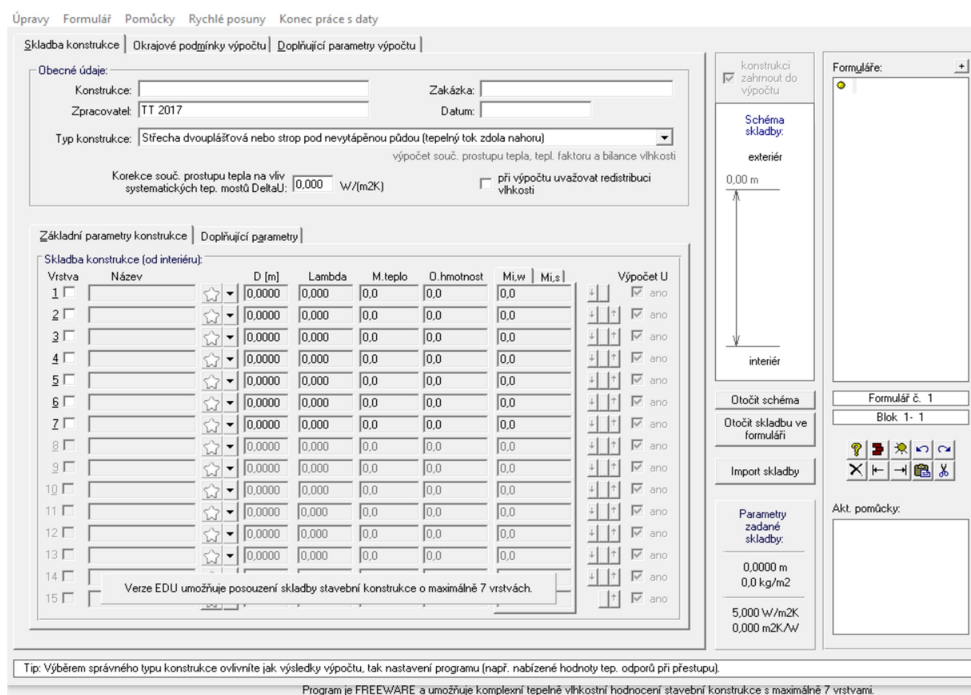
Tepelná izolace je od firmy Knauf Unifit 037 v tloušťce 140 mm umístěnou mezi krokviemi a nad krokviemi v tloušťce 160 mm. Izolace ze sklených minerálních vláken má vynikající tepelněizolační vlastnosti. Tento materiál je vhodný pro zateplení šikmých střeš. Izolace je balena v pásu stočeného v roli a dodává se kompresně stlačená, po rozbalení nabývá během několika minut na svou původní tloušťku. V požadované tloušťce splní v konstrukci tato izolace veškeré požadavky norem. Izolace je zdravotně nezávadná [33].

Podhled se provede ze sádrokartonové desky od firmy Rigips. Sádrokartonová deska je zvolená protipožární v tloušťce 12,5 mm šířky 1250 mm a délky 2000 a 2600 mm. Nosná konstrukce z pozinkovaných profilů připevněná na krokve [32].

5.2 Prostup tepla střešního pláště

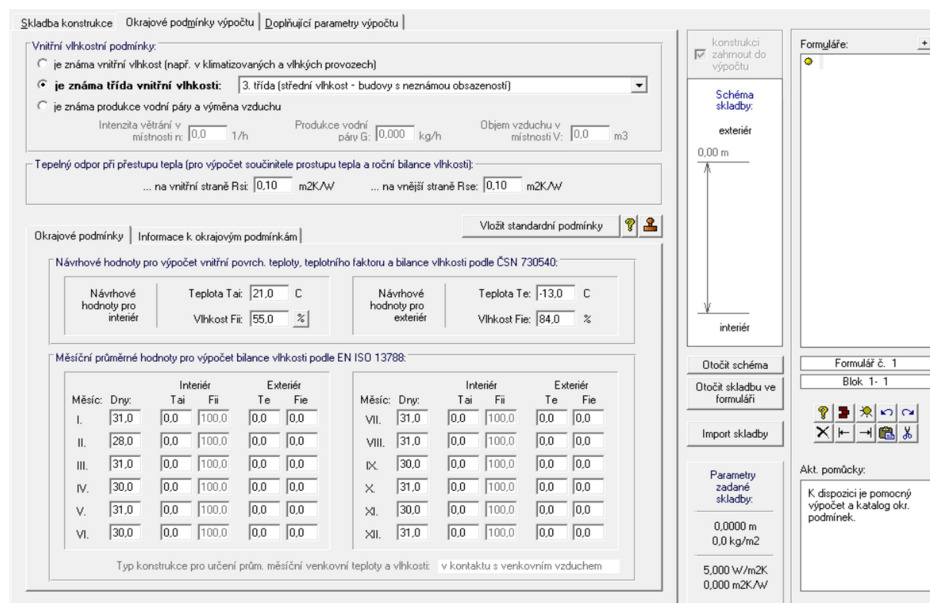
Výběr vhodného střešního pláště se provede pomocí programu Teplo. Program přesně zahrne vliv tepelných mostů, které se nachází v konstrukci. Výpočty se provádí v souladu se všemi příslušnými normami.

První krok provedený v programu Teplo je zadání vstupních dat. Volba, jakou skladbu konstrukce bude program hodnotit. V záložce základní parametry konstrukce se zadávají údaje popisující tloušťky jednotlivých vrstev konstrukce a jejich materiálová charakteristika. V tomto případě se jedná o střešní konstrukci se skladbou střešního pláště podle zvolené varianty zateplení. Pořadí vrstev se definuje od vnitřního k vnějšímu prostředí.



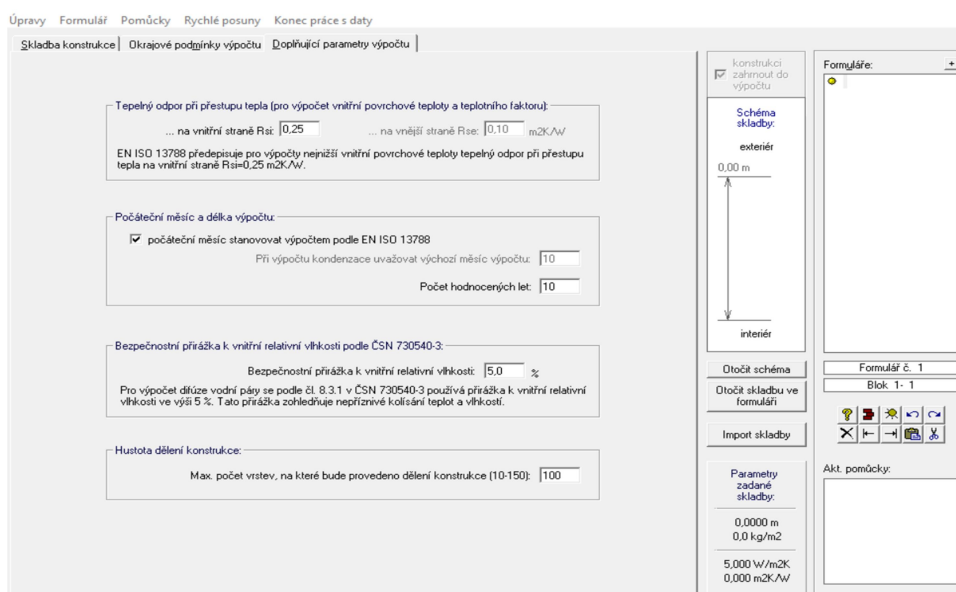
Obrázek 52 Prostředí programu teplo: skladba konstrukce [19]

Dále se zadávají okrajové podmínky, v nichž se bude zvolená konstrukce nacházet. Nejprve se stanoví typ vnitřní relativní vlhkosti. Poté návrhové hodnoty vnitřní a vnější teploty; vlhkosti prostředí; průměrné měsíční hodnoty teplot a vlhkostí.



Obrázek 53 Prostředí programu teplo: okrajové podmínky [19]

V posledním kroku při práci s programem teplo se zadávají doplňující parametry potřebné pro výpočet.



Obrázek 54 Prostředí programu teplo: doplňující parametry [19]

Použitím tohoto softwaru zjistíme požadavek součinitele prostupu tepla, dále si ověříme, že neprobíhá nadměrná kondenzace vodní páry v konstrukci. A v neposlední řadě kontrolujeme výsledek teplotního faktoru.

5.2.1 Posouzení varianty č. 1

KOMPLEXNÍ POSOUZENÍ SKLADBY STAVEBNÍ KONSTRUKCE Z HLEDISKA ŠÍŘENÍ TEPLA A VODNÍ PÁRY

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

Teplo 2017 EDU

Název úlohy : **Zateplení mezikrokevní a podkrokevní - ISOVER**

Zpracovatel : TT 2017

ZADANÁ SKLADBA A OKRAJOVÉ PODMÍNKY :

Typ hodnocené konstrukce : Střecha dvouplášťová nebo strop pod půdou
Korekce součinitele prostupu dU : 0.000 W/m²K

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	Rigips RB/RBI/	0,0125	0,2100	960,0	750,0	10,0	0.0000
2	Jutafool N 110	0,0002	0,3900	1700,0	440,0	210154,0	0.0000
3	Isover Unirol	0,1400	0,0520*	1040,4	66,9	1,0	0.0000
4	Isover Uni	0,1200	0,0380	800,0	40,0	1,0	0.0000
5	Jutadach 150	0,0004	0,3900	1700,0	375,0	100,0	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

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 : 0.10 m²K/W
dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rse : 0.10 m²K/W

Návrhová venkovní teplota Te : -13.0 C
Návrhová teplota vnitřního vzduchu Tai : 21.0 C
Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu RHe : 84.0 %
Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu RHi : 55.0 %

VÝSLEDKY VÝPOČTU HODNOCENÉ KONSTRUKCE :

Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla podle EN ISO 6946:

Tepelný odpor konstrukce R : 5.911 m²K/W
Součinitel prostupu tepla konstrukce U : **0.164 W/m²K**

Součinitel prostupu zabudované kce U,kc : 0.18 / 0.21 / 0.26 / 0.36 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 ZpT : 2.5E+0011 m/s
 Teplotní útlum konstrukce Ny* podle EN ISO 13786 : 74.8
 Fázový posun teplotního kmitu Psi* podle EN ISO 13786 : 4.0 h

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

Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách Tsi,p : 19.64 C
 Teplotní faktor v návrhových podmínkách f,Rsi,p : **0.960**

Obě hodnoty platí pro odpor při přestupu tepla na vnitřní straně Rsi=0,25 m2K/W.

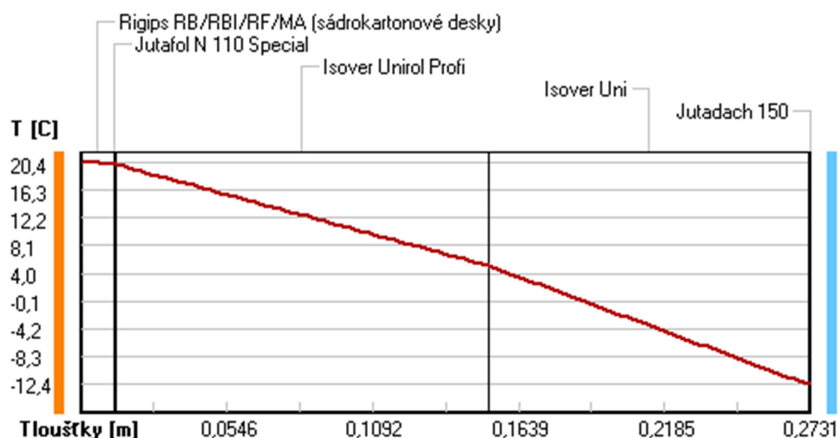
Difúze vodní páry v návrh. podmínkách a bilance vodní páry podle ČSN 730540:
 (bez vlivu zabudované vlhkosti a sluneční radiace)

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

rozhraní:	i	1-2	2-3	3-4	4-5	e
theta [C]:	20.4	20.1	20.1	5.1	-12.4	-12.4
p [Pa]:	1491	1488	175	171	167	166
p,sat [Pa]:	2402	2353	2353	880	208	208

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.

Teploty v typickém místě konstrukce v ustálených návrhových podmínkách



Obrázek 55 Průběh teploty v konstrukci střešního pláště č. 1 [44]

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

Množství difundující vodní páry Gd : 5.680E-0009 kg/(m2.s)

VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ PODLE KRITÉRIÍ ČSN 730540-2 (2011)

Název konstrukce: ISOVER

Rekapitulace vstupních dat

Návrhová vnitřní teplota Ti: 20,0 C
 Převažující návrhová vnitřní teplota TiM: 20,0 C
 Návrhová venkovní teplota Tae: -13,0 C
 Teplota na vnější straně Te: -13,0 C
 Návrhová teplota vnitřního vzduchu Tai: 21,0 C
 Relativní vlhkost v interiéru RH*i*: 55,0 % (+5,0%)

Skladba konstrukce

Číslo	Název vrstvy	d [m]	Lambda [W/mK]	Mi [-]
1	Rigips RB/RBI/RF/MA (sádrokart	0,0125	0,210	10,0

Diplomová práce

Katedra technologie staveb, Fakulta stavební

2	Jutafol N 110 Special	0,0002	0,390	210154,0
3	Isover Unirol Profi	0,140	0,052	1,0
4	Isover Uni	0,120	0,038	1,0
5	Jutadach 150	0,0004	0,390	100,0

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

Požadavek: $f_{Rsi,N} = f_{Rsi,cr} = 0,799$

Vypočtená průměrná hodnota: $f_{Rsi,m} = 0,960$

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.

II. 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: $U = 0,164 \text{ W/m}^2\text{K}$

$U < U_{N}$... POŽADAVEK JE SPLNĚN.

Vypočtený součinitel prostupu tepla musí zahrnovat vliv systematických tepelných mostů (např. krokví v zateplené šikmé střeše).

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).

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

POŽADAVKY JSOU SPLNĚNY.

Teplo 2017 EDU, (c) 2017 Svoboda Software

5.2.2 Posouzení varianty č. 2

**KOMPLEXNÍ POSOUZENÍ SKLADBY STAVEBNÍ
KONSTRUKCE Z HLEDISKA ŠÍŘENÍ TEPLA A VODNÍ PÁRY**

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

Teplo 2017 EDUNázev úlohy : **Zateplení nadkroevní - Tondach Thermo Comfort**

Zpracovatel : TT 2017

ZADANÁ SKLADBA A OKRAJOVÉ PODMÍNKY :

Typ hodnocené konstrukce : Střecha dvouplášťová nebo strop pod půdou

Korekce součinitele prostupu dU : 0.000 W/m²K**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	Dřevo měkké (t	0,0200	0,1800	2510,0	400,0	157,0	0.0000
2	Jutafoł N 110	0,0002	0,3900	1700,0	440,0	210154,0	0.0000
3	Tondach thermo	0,1600	0,0260	1500,0	35,0	220,0	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.

Okrajové podmínky výpočtu :Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru Rsi : 0.10 m²K/Wdtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rsi : 0.25 m²K/WTepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru Rse : 0.10 m²K/Wdtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rse : 0.10 m²K/W

Návrhová venkovní teplota Te : -13.0 C

Návrhová teplota vnitřního vzduchu Tai : 21.0 C

Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu RHe : 84.0 %

Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu RHi : 60.0 %

VÝSLEDKY VÝPOČTU HODNOCENÉ KONSTRUKCE :**Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla podle EN ISO 6946:**Tepelný odpor konstrukce R : 6.266 m²K/WSoučinitel prostupu tepla konstrukce U : **0.155 W/m²K**Součinitel prostupu zabudované kce U,kc : 0.17 / 0.20 / 0.25 / 0.35 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 ZpT :	4.5E+0011 m/s
Teplotní útlum konstrukce Ny* podle EN ISO 13786 :	72.5
Fázový posun teplotního kmitu Psi* podle EN ISO 13786 :	3.4 h

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

Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách Tsi,p :	19.72 C
Teplotní faktor v návrhových podmínkách f,Rsi,p :	0.962

Obě hodnoty platí pro odpor při přestupu tepla na vnitřní straně Rsi=0,25 m2K/W.

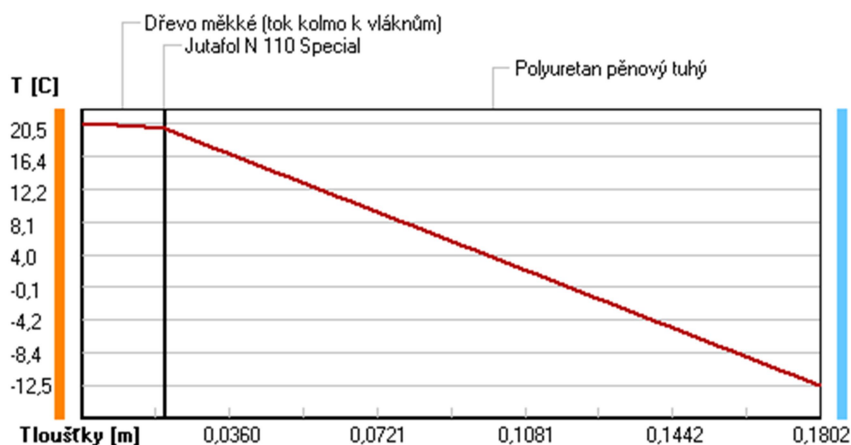
Difúze vodní páry v návrh. podmínkách a bilance vodní páry podle ČSN 730540:
(bez vlivu zabudované vlhkosti a sluneční radiace)

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

rozhraní:	i	1-2	2-3	e
theta [C]:	20.5	19.9	19.9	-12.5
p [Pa]:	1491	1442	718	166
p,sat [Pa]:	2406	2321	2321	208

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.

Teploty v typickém místě konstrukce v ustálených návrhových podmínkách



Obrázek 56 Průběh teploty v konstrukci střešního pláště č. 2 [44]
Při venkovní návrhové teplotě nedochází v konstrukci ke kondenzaci vodní páry.

Množství difundující vodní páry Gd : 3.134E-0009 kg/(m2.s)

VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ PODLE KRITÉRIÍ ČSN 730540-2 (2011)

Název konstrukce: Tondach

Rekapitulace vstupních dat

Návrhová vnitřní teplota Ti:	20,0 C
Převažující návrhová vnitřní teplota TiM:	20,0 C
Návrhová venkovní teplota Tae:	-13,0 C
Teplota na vnější straně Te:	-13,0 C
Návrhová teplota vnitřního vzduchu Tai:	21,0 C
Relativní vlhkost v interiéru RH <i>i</i> :	55,0 % (+5,0%)

Skladba konstrukce

Číslo	Název vrstvy	d [m]	Lambda [W/mK]	Mi [-]
1	Dřevo měkké (tok kolmo k vláknům)	0,020	0,180	157,0

2	Jutafol N 110 Special	0,0002	0,390	210154,0
3	Polyuretan pěnový tuhý	0,160	0,026	220,0

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

Požadavek: $f_{Rsi,N} = f_{Rsi,cr} = 0,799$

Vypočtená průměrná hodnota: $f_{Rsi,m} = 0,962$

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.

II. 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: $U = 0,155 \text{ W/m}^2\text{K}$

$U < U_N$... POŽADAVEK JE SPLNĚN.

Vypočtený součinitel prostupu tepla musí zahrnovat vliv systematických tepelných mostů (např. krokvi v zateplené šikmé střeše).

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).

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

POŽADAVKY JSOU SPLNĚNY.

5.2.3 Posouzení varianty č. 3

KOMPLEXNÍ POSOUZENÍ SKLADBY STAVEBNÍ KONSTRUKCE Z HLEDISKA ŠÍŘENÍ TEPLA A VODNÍ PÁRY

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

Teplo 2017 EDU

Název úlohy : **Zateplené mezikrokevní a nadkrokevní - Knauf**

Zpracovatel : TT 2017

ZADANÁ SKLADBA A OKRAJOVÉ PODMÍNKY :

Typ hodnocené konstrukce : Stěna vnější jednoplášťová

Korekce součinitele prostupu dU : 0.000 W/m²K

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	Rigips RB/RBI/	0,0125	0,2100	960,0	750,0	10,0	0.0000
2	Jutafool N 110	0,0002	0,3900	1700,0	440,0	210154,0	0.0000
3	Knauf Uniprofi	0,1400	0,0530*	1040,4	59,0	3,2	0.0000
4	Knauf Uniprofi	0,1600	0,0500*	1007,0	51,3	3,2	0.0000
5	Jutadach 150	0,0004	0,3900	1700,0	375,0	100,0	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

Okrajové podmínky výpočtu :

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru Rsi : 0.13 m²K/Wdtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rsi : 0.25 m²K/WTepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru Rse : 0.04 m²K/Wdtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rse : 0.04 m²K/W

Návrhová venkovní teplota Te : -13.0 C

Návrhová teplota vnitřního vzduchu Tai : 21.0 C

Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu RHe : 55.0 %

Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu RHi : 89.0 %

VÝSLEDKY VÝPOČTU HODNOCENÉ KONSTRUKCE :

Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla podle EN ISO 6946:

Tepelný odpor konstrukce R : 5.903 m²K/WSoučinitel prostupu tepla konstrukce U : **0.165 W/m²K**Součinitel prostupu zabudované kce U,kc : 0.18 / 0.21 / 0.26 / 0.36 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} :	2.5E+0011 m/s
Teplotní útlum konstrukce N_{y^*} podle EN ISO 13786 :	61.4
Fázový posun teplotního kmitu Ψ_{si^*} podle EN ISO 13786 :	4.8 h

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

Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách $T_{si,p}$:	19.63 C
Teplotní faktor v návrhových podmínkách $f_{Rsi,p}$:	0.960

Obě hodnoty platí pro odpor při přestupu tepla na vnitřní straně $R_{si}=0,25$ m²K/W.

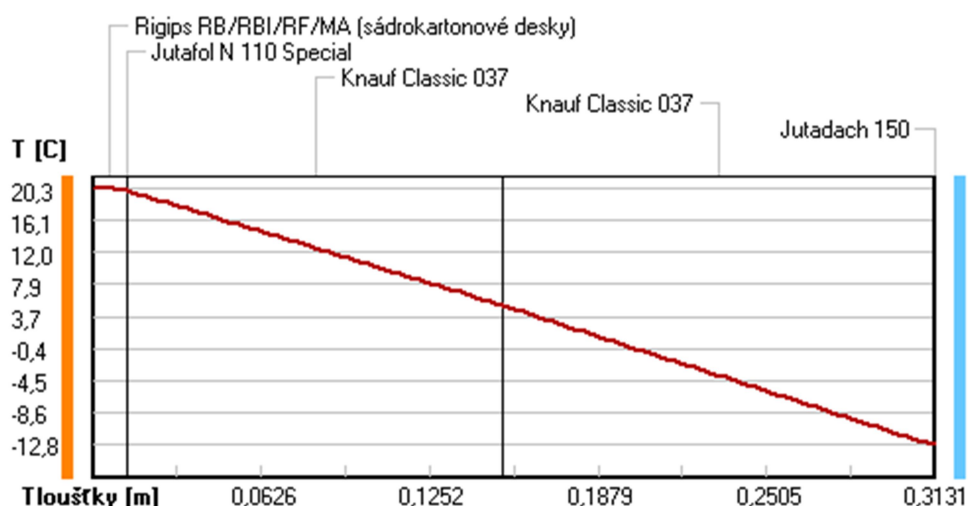
Difúze vodní páry v návrh. podmínkách a bilance vodní páry podle ČSN 730540: (bez vlivu zabudované vlhkosti a sluneční radiace)

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

rozhraní:	i	1-2	2-3	3-4	4-5	e
theta [C]:	20.3	19.9	19.9	5.1	-12.8	-12.8
p [Pa]:	2212	2207	153	133	111	109
p,sat [Pa]:	2377	2328	2328	881	202	202

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.

Teploty v typickém místě konstrukce v ustálených návrhových podmínkách



Obrázek 57 Průběh teploty v konstrukci střešního pláště č. 3 [44]

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

Množství difundující vodní páry G_d : 8.882E-0009 kg/(m².s)

VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ PODLE KRITÉRIÍ ČSN 730540-2 (2011)

Název konstrukce: Knauf

Rekapitulace vstupních dat

Návrhová vnitřní teplota T_i :	20,0 C
Převažující návrhová vnitřní teplota T_{iM} :	20,0 C
Návrhová venkovní teplota T_{ae} :	-13,0 C
Teplota na vnější straně T_e :	-13,0 C

Návrhová teplota vnitřního vzduchu T_{ai} : 21,0 C
Relativní vlhkost v interiéru RHi: 55,0 % (+5,0%)

Skladba konstrukce

Číslo	Název vrstvy	d [m]	Lambda [W/mK]	Mi [-]
1	Rigips RB/RBI/RF/MA (sádrokart	0,0125	0,210	10,0
2	Jutafoł N 110 Special	0,0002	0,390	210154,0
3	Knauf Classic 037	0,140	0,053	3,2
4	Knauf Classic 037	0,160	0,050	3,2
5	Jutadach 150	0,0004	0,390	100,0

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

Požadavek: $f_{Rsi,N} = f_{Rsi,cr} = 1,035$

Vypočtená průměrná hodnota: $f_{Rsi,m} = 0,960$

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

$f_{Rsi,m} < f_{Rsi,N}$... POŽADAVEK JE SPLNĚN.

Splnění požadavku ČSN 730540 je při vlhkosti vnitřního vzduchu nad 60% možné dosáhnout i takovým návrhem konstrukce, který zajistí bezchybnou funkci konstrukce při povrchové kondenzaci a který vyloučí riziko růstu plísní a nepříznivé působení kondenzátu na navazující konstrukce (při splnění požadavku na souč. prostupu tepla).

Pozn.: Povrchové teploty a teplotní faktory v místě tepelných mostů ve skladbě je nutné stanovit řešením teplotního pole.

II. 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: $U = 0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$

Požadavek U_N byl stanoven pro podmínku vyloučení povrchové kondenzace.

$U < U_N$... POŽADAVEK JE SPLNĚN.

Vypočtený součinitel prostupu tepla musí zahrnovat vliv systematických tepelných mostů (např. krokvi v zateplené šikmé střeše).

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 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.

5.2.4 Diskuze rozdílů

Jednotlivé skladby střešního pláště se posuzují podle vypočítaného součinitele prostupu tepla. Vrstvy střešního pláště zejména tloušťka teplené izolace se zvolila tak, aby součinitel prostupu tepla se pohyboval mezi hodnoty požadované 0,24 W/(m².K) a doporučené 0,16 W/(m².K). Z výsledků komplexního posouzení vyhodnocené programem Teplo lze konstatovat, že všechny varianty střešních pláštů vyhověly požadavkům normy ČSN 730540 Technické požadavky budov. Dále ani v jedné konstrukci nevzniká kondenzování vodní páry, která by mohla způsobit v konstrukci velké škody a musela se zvolit jiná skladba střechy.

Pro první variantu střešního pláště se zateplením mezi krokviemi a pod krokviemi vyšel součinitel prostupu tepla $U = 0,164 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Tato hodnota vyšla při návrhu teplené izolace z minerálních skelných vláken o celkové tloušťce izolantu 260 mm. V druhé variantě střešního pláště s uložení tepelné izolace nad krokve vyšel součinitel prostupu tepla $U = 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Hodnota součinitele vyšla při návrhu tepelně izolačních panelů z PIR pěny o celkové tloušťce izolantu 160 mm. V poslední variantě střešního pláště s uložení tepelné izolace mezi krokve a nad krokve vyšel součinitel prostupu tepla $U = 0,165 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Tato hodnota součinitele vyšla při návrhu tepelné izolace ze skelných vláken o celkové tloušťce izolantu 300 mm.

Z výsledků podle hlediska stavební fyziky zaměřené na součinitel prostupu tepla a s přihlédnutím na výšku tepelné izolace lze konstatovat, že nejlepší souvrství střešního pláště je druhá varianta obsahující tepelně izolační panely z PIR pěny umístěné nad krokviemi.

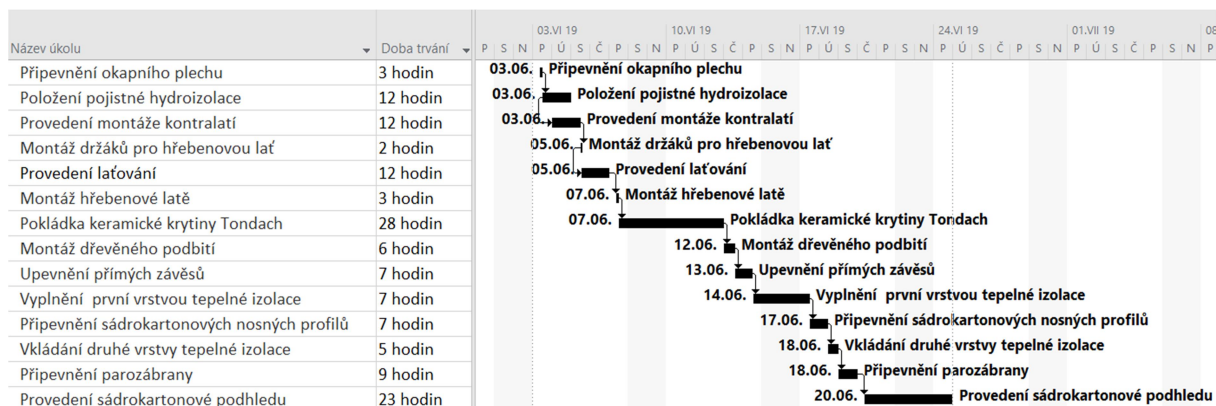
5.3 Časová struktura

Pro výběr vhodného střešního pláště je důležité, jak dlouho celá realizace bude trvat. Posouzení se provádí podle časové struktury. Časová struktura je doba realizace střešního pláště, kterou posoudím pomocí programu Microsoft Project 2013. V tomto programu vypracuji harmonogramy pro vybrané tři varianty střešních pláštů. Pro realizaci střešního pláště jsem předpokládala čtu o počtu tří pracovníků. Pracovní směnou o délce osm hodin, kdy víkendy jsou nepracovní. Normohodiny jsem získala z programu Buildpower S, které jsou sepsány v následující tabulce. Množství doby trvání jsem vypočítala a následně zadávala v programu Microsoft Project. Dále jsem definovala optimistické a pesimistické doby trvání pracovních úkolů. Samotné harmonogramy postupu prací jsou uvedené v následujících podkapitolách. Jednotlivé pracovní úkoly jsou shodné s technologickým postupem vypracovaný v kapitole 5.4.

Pracovní úkol	NORMOHODINA	MNOŽSTVÍ	MĚRNÁ JEDNOTKA	PRACOVNÍ HODINY	POČET PRACOVNÍKŮ
šikmý stavební výtah	1	1	kpI	1	3
Založení bednicích prken okolo krovu	0,22	32	m2	4	2
Přípevnění okapního plechu pro pojistnou folii	0,16	16	m	3	1
Položení a přípevnění pojistné hydroizolace Jutadach 150 pomocí sponkovačky	0,23	150	m2	12	3
Provedení montáže dřevěných kontralatí o velikosti 60x40 mm, spojené ke krokům skrz pojistnou hydroizolaci a provedení latí o rozmětu 40x60 mm	0,26	135	m2	12	3
Montáž držáků pro hřebenovou lat	0,18	2	ks	0	1
Montáž hřebenové latě 50x30 mm	0,19	17	m	3	1
Realizace pokládky střešní keramické krytiny Tondach	0,37	150	m2	28	2
Montáž větracích pásů pod hřebene a pokládku hřebene	0,33	17	m	6	1
Upevnění přímých závěsů pro profily sádrokartonového roštu	0,16	135	m2	7	3
Vyplnění prostoru mezi krokvemi první vrstvou tepelné izolace ISOVER UNIFOL PROFI tl.140 mm – čedičová vlna	0,15	135	m2	7	3
Přípevnění sádrokartonových nosných profilů – sloužící pro uchycení druhé vrstvy tepelné izolace a sádrokartonových desek	0,16	135	m2	7	3
Vkládání druhé vrstvy tepelné izolace ISOVER UNI tl.120 mm pod krokve	0,15	90	m2	5	3
Přípevnění parozábrany Jutafol N přípevnění na sádrokartonové držáky pomocí lepicí pásky oboustranné	0,2	140	m2	9	3
Sestavení sádrokartonové podhledu deskami tl. 12,5 mm firmy Rigips	0,6	135	m2	27	3
Vytvoření záklopu pomocí dřevěných palubek o tloušťce 20 mm spojené pomocí spoje P+D	0,46	150	m2	23	3
Na vytvořený záklop přípevnit parozábranu Jutafol N zabraňující kondenzaci vodní páry	0,14	150	m	7	3
Přípevnění dřevěného hranolu o rozměru 100x160 mm na spodní stranu krokví	0,5	22	m	4	3
Pokládka izolačních panelů Tondach Thermo Comfort tl.160 mm se spojením samolepích okrajů difuzní folie, které jsou na vrchní straně desky první řada	0,5	150	m2	25	3
Přelepění spojů DHV pomocí pásky Profi-Tape, v místě hřebenu pomocí pásky Sealing-Tape	0,14	106,25	m	7	2
Nanesení těsnící polyuretanové hmoty Koramin Nail-Fluid v celé délce kontralatí	0,16	22	m	2	2
Vypěnění hřebene a a podél štitových stěn PUR pěnou	0,11	32	m	2	2
Přípevnění nadkroevních profilů z materiálu kamenná vlna o výšce 100x100 mm	0,17	130	m	11	2
Montáž dřevěného námětku uložený na nadkroevním profilu o rozměrech 100x60 mm	0,09	130	m	6	2
Provedení montáže okapních háků, okapového oplechování na dolním konci krokví	0,15	22	m	2	2
Vyplnění prostoru mezi nadkroevními profily z vnitřní strany podkroví první vrstvou tepelné izolace KNAUF UNIFIT 0,37 tl.160 mm	0,12	150	m2	6	3
Vkládání druhé vrstvy tepelné izolace KNAUF UNIFIT 0,37 tl.140 mm mezi krokvemi z vnitřní strany	0,12	135	m2	5	3

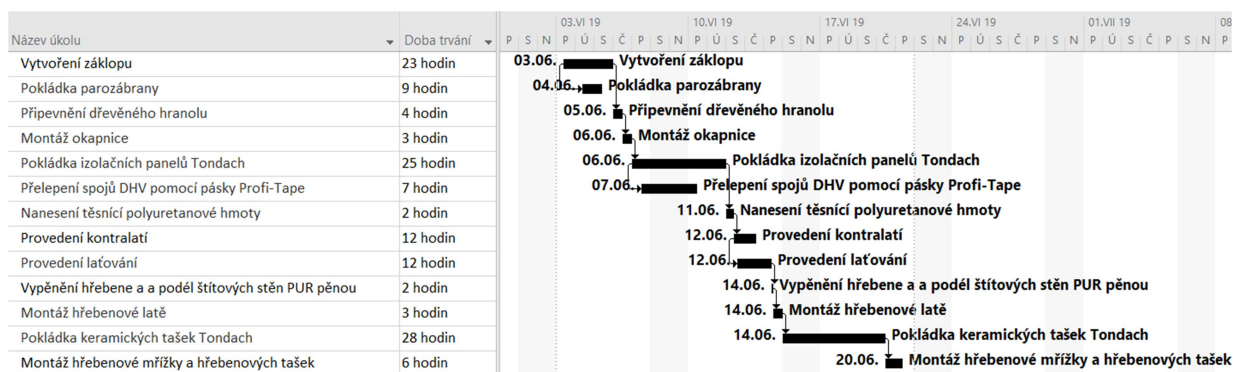
Tabulka 3 Pracovní úkoly

5.3.1 Harmonogram varianty č. 1



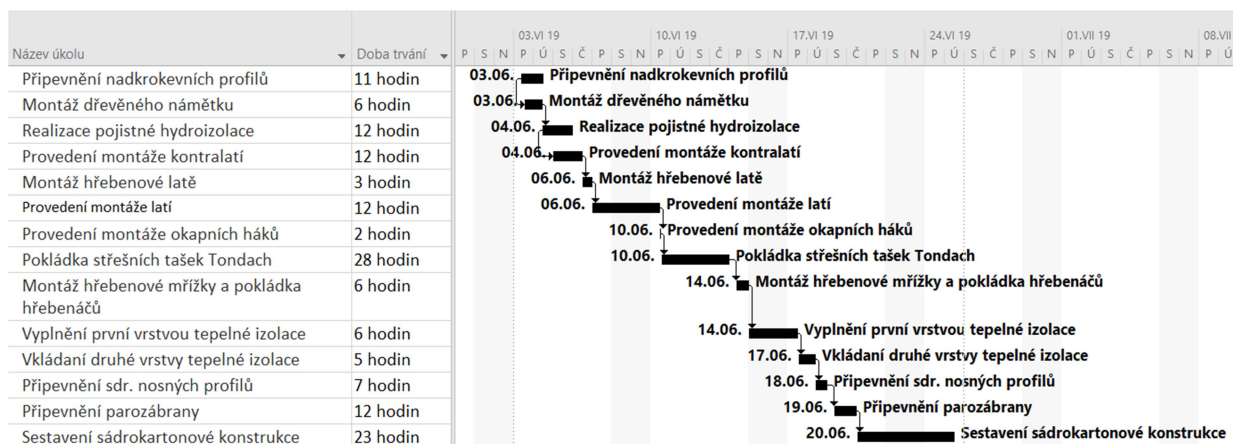
Obrázek 58 Harmonogram prací varianty č. 1 [44]

5.3.2 Harmonogram varianty č. 2



Obrázek 59 Harmonogram prací varianty č. 2 [44]

5.3.3 Harmonogram varianty č. 3



Obrázek 60 Harmonogram prací varianty č. 3 [44]

5.3.4 Diskuze rozdílů

Z vypracovaných harmonogramů v programu Microsoft Project vyplívá, že první varianta realizace střešního pláště systému zateplení s uložením mezi krokve a pod krokve trvá 21 dnů. Druhá varianta systému zateplení uložení nad krokvemi trvá 18 dnů. A poslední varianta realizace střešního pláště kombinací systému zateplení mezi krokve a nad krokve trvá 22 dnů. Realizace střešních pláštů pro jednotlivé varianty má rozdílné celkové časy, které se liší jen o pár dnů. Podle výsledků časové struktury vyplívá, že nejvýhodnější varianta střešního pláště je druhá varianta obsahující tepelně izolační panely z PIR pěny umístěné nad krokvemi.

5.4 Technologický postup

Než se zahájí realizace zateplení střešního pláště musí být dokončena výstavba krovu podle projektu. Provádění prací je možné vlastně celoročně s výjimkou deště a sněžení. Teploty při zpracování se musí pohybovat od +5 °C do +35°C. Žádná z vrstev nesmí obsahovat dehet nebo hmoty, z nichž se odpařují organická rozpouštědla. Pracovní četa, která bude práci vykonávat dostane potřebné instrukce k požadavkům na správné provedení skladby zateplení. Toto opatření se dělá z povinnosti vyplývající ze zákona. Jednotliví pracovníci musí být odborně kvalifikováni k provádění určitých úkolů. Dodržovat podmínky bezpečnosti práce na staveništi. Při provádění prací se musí použít potřebné ochranné pomůcky. Na všechny stavební práce se provádí kontrola kvality a na ni dohlíží stavbyvedoucí.

Bezpečnost při práci

Jelikož realizace střešního pláště je práce ve výškách, tak všichni pracovníci musí dodržovat bezpečnostní předpisy, být způsobilí pro práci ve výškách a mít potvrzení o zdravotní způsobilosti. Pracovníci na střeše jsou jištěni pomocí zachycovacího postroje a lana, které patří mezi osobní ochranné pracovní prostředky proti pádu z výšky, pokud sklon střechy je větší než 45 stupňů. Použití lana je doporučeno preventivně i pro realizaci střešního pláště u menších sklonů. Lano chrání pracovníka proti pádu ze střešního pláště, sklouznutí z plochy

či propadnutí střešní konstrukcí. Lana musí být nejméně dvě, kdy jedno lano je pracovní a druhé slouží jako zajišťovací lano. Proti sklouznutí lze zajistit použití upevněného žebříku v místě práce. Náradí musí být přichyceno k postroji, aby nedošlo k pádu z výšky a zranění nějakého pracovníka. V případě, že se změní klimatické podmínky, je silný vítr nebo déšť či snížená viditelnost práce na střeše se musí přerušit. Podle zásad BOZP vyplívajících z nařízení vlády pracovníci, kteří provádějí práci ve výšce nad 1,5 m a nepracují na pevné bezpečné podlaze, musí chodit jednou za rok na školení s přezkoušením znalostí o bezpečnosti a ochraně zdraví při práci.

Během realizace střešní krytiny je důležité se zaměřit na oblast, kde se předpokládají tepelné mosty nebo chyby při provádění. Oblasti, které vyžadují větší pozornost při provedení střešní konstrukce jsou detaily ukončení u okapní hrany a provedení zateplení u pozednice; prostup komínem a realizace hřebenu. Dále je nutné se zaměřit na prostup u střešního okna. Tímto problémem se nebudu zabývat, z důvodu toho že vybraný objekt střešní okno nemá. Většinou se setkáváme s problémem, že pozednice z vnější strany není dostatečně nebo vůbec zateplená a vzniká tepelný most. U prostupu komína skrz střešní plášť většinou není správně vyřešeno napojení pojistné hydroizolace na komínové těleso nebo není dostatečná ochrana tepelné izolace z vnitřní či vnější strany. U hřebene se setkáváme se špatně provedenou vzduchovou mezerou a jejím odvětráváním. Proto u každého systému zateplení bude zobrazena varianta, jak lze tyto detaily správně vyřešit, aby nedocházelo, k již zmíněným chybám.

5.4.1 Technologický postup varianty č. 1

Pracovní postup

1. Připevnění okapního plechu pro pojistnou folii – osadit o 3 cm
2. Položení jednoho pruhu o šířce 1,5 m pojistné hydroizolace Jutadach 150 na celou délku střechy pomocí sponkovačky, spoje musí být slepené speciální páskou z důvodu utěsnění a správné funkce vrstvy
3. Provedení montáže dřevěných kontralatí o velikosti 60x40 mm na celou délku střechy a výšku pruhu 1 m, spojené ke krokším skrz pojistnou hydroizolaci
4. Provedení laťování – montáž dřevěných latí 40x60 mm na celou délku střechy a výšku pruhu 1 m
5. Takto se postupuje od bodu 2 do bodu 4 až se dostaneme na hranu hřebene
6. Montáž držáků pro hřebenovou lať
7. Montáž hřebenové latě 50x30 mm
8. Realizace pokládky střešní keramické krytiny Tondach včetně větracích pásů, hřebenáčů s přichycením
9. Montáž dřevěného podbití palubky spojené na P+D tloušťky 12 mm pro střešní římsy
10. Změna postupu práce – z vnitřní strany krokve: Upevnění přímých závěsů pro profily sádrokartonového roštu
11. Vyplnění prostoru mezi krokvi první vrstvou tepelné izolace ISOVER UNIFOL PROFI tl.140 mm – čedičová vlna se zachycením izolace pomocí provázku přešponovaného ke krokvi
12. Připevnění sádrokartonových nosných profilů – sloužící pro uchycení druhé vrstvy tepelné izolace a sádrokartonových desek

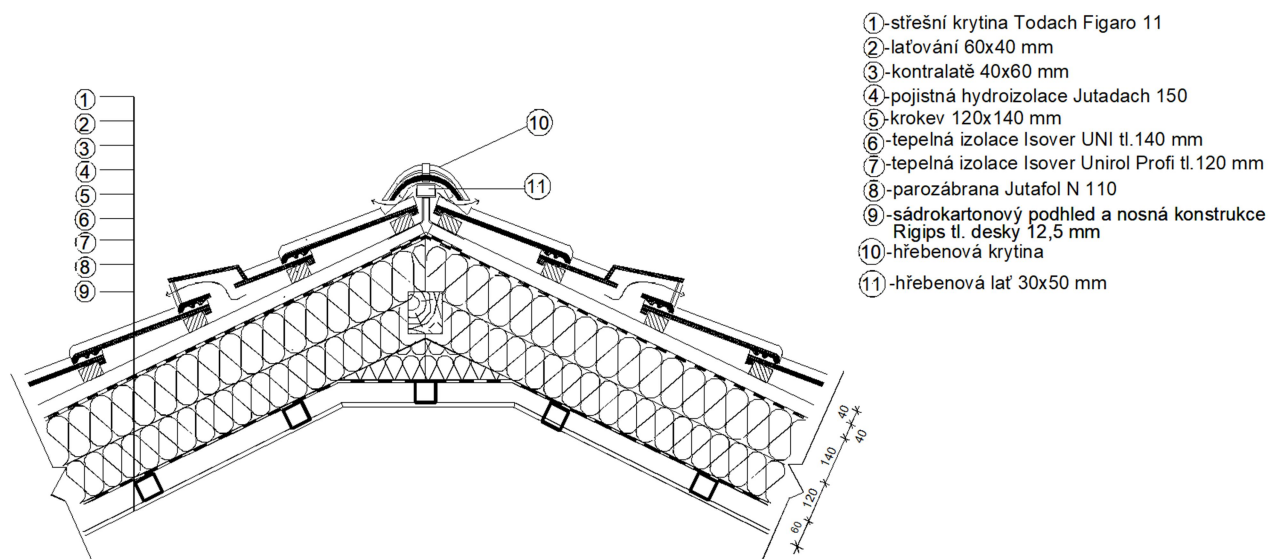
13. Vkládání druhé vrstvy tepelné izolace ISOVER UNI tl.120 mm pod krokve
14. Připevnění parozábrany Jutafol N na sádrokartonové držáky pomocí lepicí pásky oboustranné
15. Sestavení sádrokartonové podhledu deskami tl. 12,5 mm firmy Rigips

Použité nástroje a pomůcky

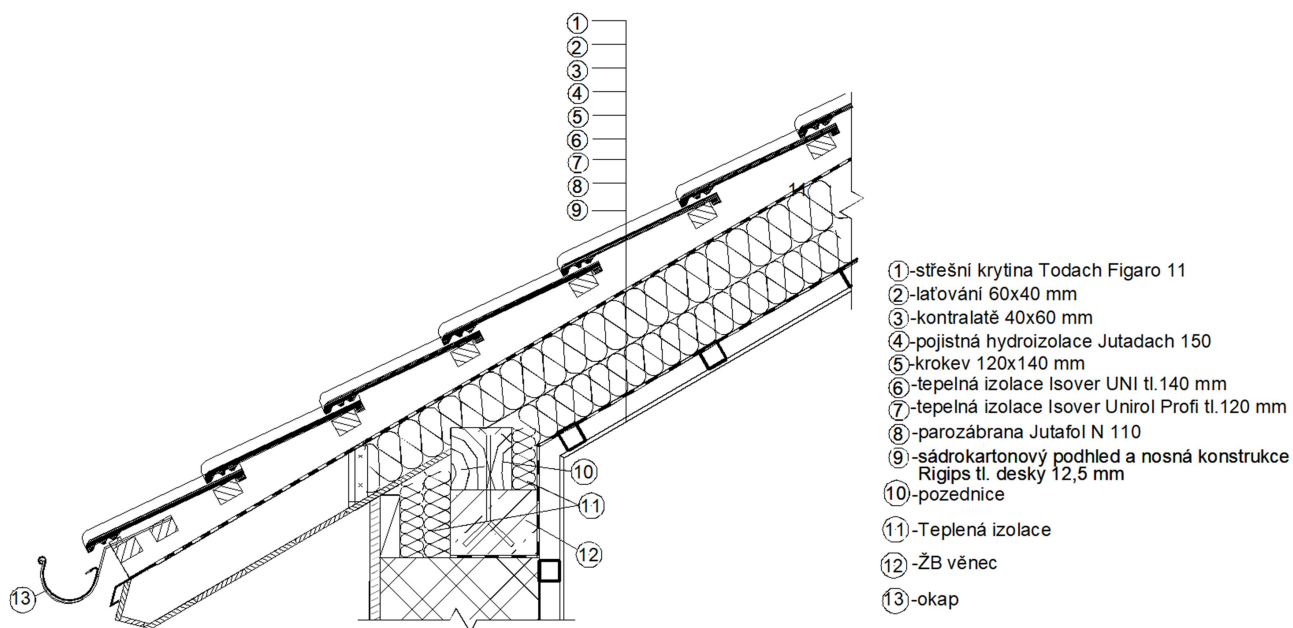
Každý člen pracovní čety musí mít základní vybavení: tesařské kladivo, tesařská tužka, metr, úhelník, nůž pro řezání tepelné izolace, odlamovací nůž a montážní opasek. Ochranné pracovní pomůcky: pracovní oděv, rukavice, obuv s ocelovou špičkou, ochranná helma, vesta, ochranné brýle a zajištění proti pádu – postroj s lanem a tlumič pádu. Dále je potřeba vybavení, které má pracovní četa společné: vodováha, úhломěr, palice, mechanická sponkovačka, ruční pila, motorová pila, pokosová pila, ruční okružní pila s vodící lištou, aku vrtačka, úhlová bruska a dále stavební výtah.

Detaily

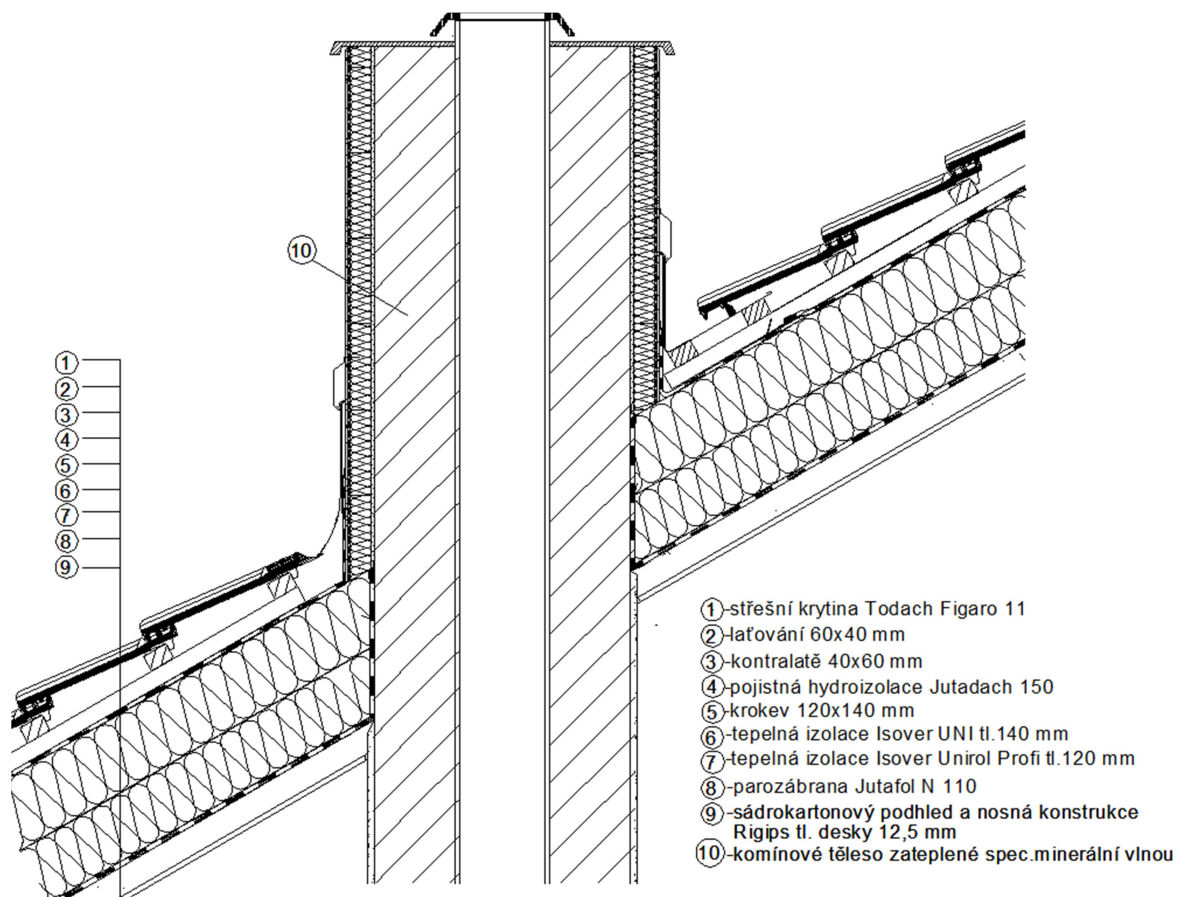
Řešení detailů šikmé střechy ovlivňuje její spolehlivost z pohledu hydroizolačního i z pohledu stavebně-tepelné techniky. Konstrukční detaily eliminují nežádoucí požadavky a podporují spolehlivost funkce celé střechy. Vyřešený detail hřebenu pro dvouplášťovou šikmou střechu se zateplením umístěným mezi krokve a pod krokve je na znázorněn na obrázku č. 61. Zmíněný detail řeší správné napojení všech vrstev střešního pláště. Detail, který řeší oblast u okapní hrany je znázorněn na obrázku č. 62. Velký důraz byl kladen na vyřešení zateplení v oblasti pozednice, aby nevznikl teplený most. Ve vybraném objektu se musel řešit i detail napojení komínového tělesa a střešního pláště. Tento detail je znázorněn na obrázku č. 63, kde se klade důraz na napojení pojistné hydroizolace a parozábrany.



Obrázek 62 Řešení hřebenu varinaty č. 1 [44]



Obrázek 61 Řešení okapní hrany varinaty č. 1 [44]



Obrázek 63 Řešení napojení střešního pláště na komínové těleso varinaty č. 1 [44]

5.4.2 Technologický postup varianty č. 2

Pracovní postup

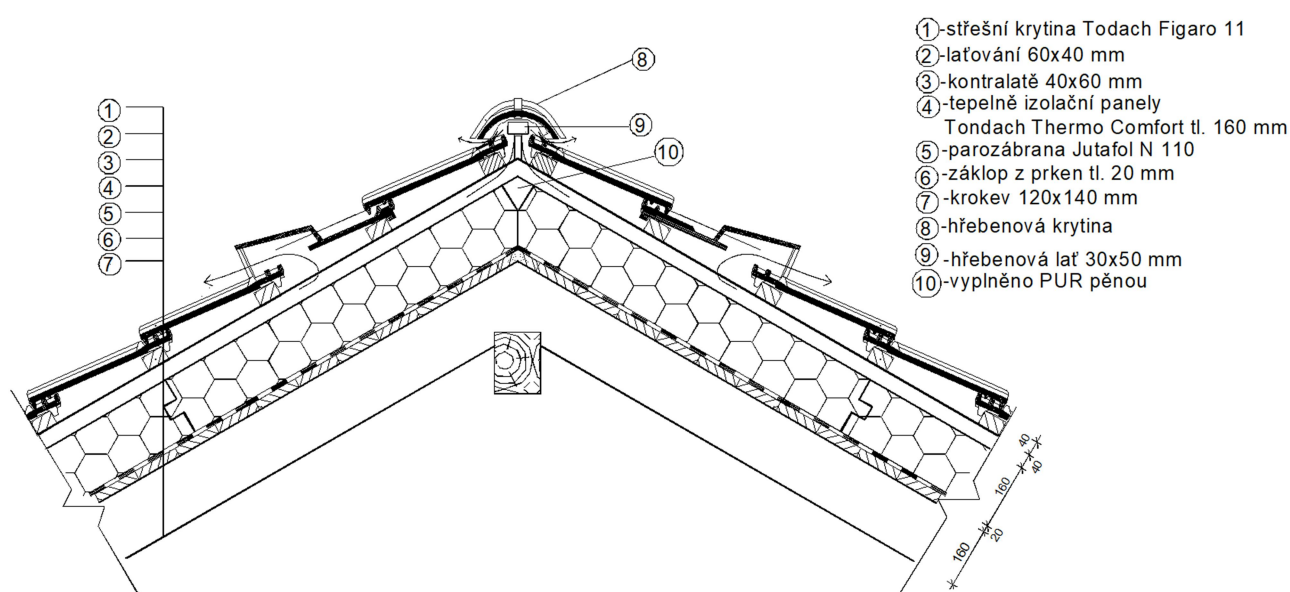
1. Celoplošné vytvoření záklopu pomocí dřevěných palubek o tloušťce 20 mm spojené pomocí spoje P+D
2. Na vytvořený záklop připevnit celoplošně parozábranu Jutafol N zabraňující kondenzaci vodní páry
3. Montáž okapnice
4. Připevnění dřevěného hranolu o rozměru 100x160 mm na vrchní stranu krokve u okapní hrany pro zachycení tepelněizolačních panelů
5. Pokládka izolačních panelů Tondach Thermo Comfort tl.160 mm se spojením samolepících okrajů difuzní folie, které jsou na vrchní straně desky
6. Pokládka dalších tepelně izolačních panelů Tondach tl. 160 mm
7. Přelepení spojů DHV pomocí pásky Profi-Tape, v místě hřebenu pomocí pásky Sealing-Tape
8. Montáž kontralatí pomocí těsnící hmoty polyuretanové hmoty Koramin Nail-Fluid na spodním okraji latě v kontaktu s tepelným panelem a zároveň přichycením kontralatě pomocí vrutů
9. Provedení laťování, velikost latí 40x60 mm ke kontralatím
10. Montáž zvýšené hřebenové latě o velikosti 30x50 mm pro uchycení hřebenových tašek
11. Pokládka střešních keramických tašek Tondach Figaro 11
12. Montáž hřebenové mřížky, montáž hřebenových tašek

Použité nástroje a pomůcky

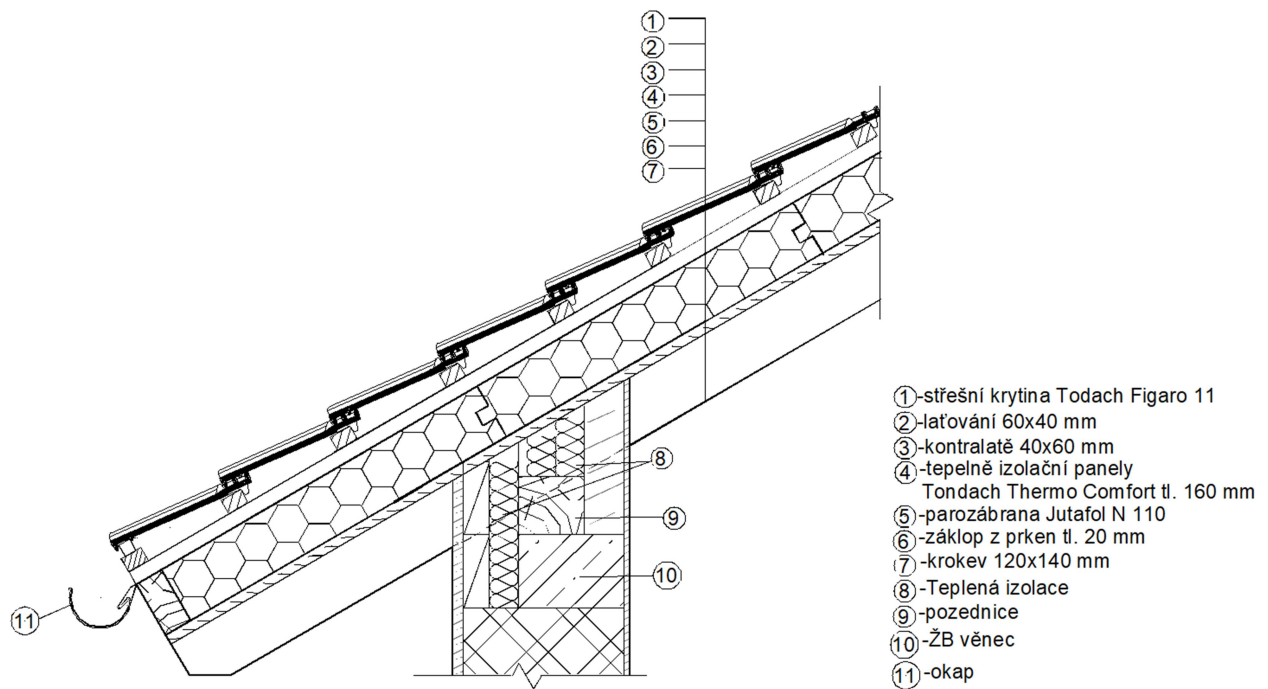
Každý člen pracovní čety musí mít základní vybavení: tesařské kladivo, tesařská tužka, metr, úhelník, nůž pro řezání tepelné izolace, odlamovací nůž a montážní opasek. Ochranné pracovní pomůcky: pracovní oděv, rukavice, obuv s ocelovou špičkou, ochranná helma, vesta, ochranné brýle a zajištění proti pádu – postroj s lanem a tlumič pádu. Dále je potřeba vybavení, které má pracovní četa společné: vodováha, úhломěr, palice, mechanická sponkovačka, ruční pila, motorová pila, pokosová pila, ruční okružní pila s vodící lištou, aku vrtačka, úhlová bruska a dále stavební výtah.

Detaily

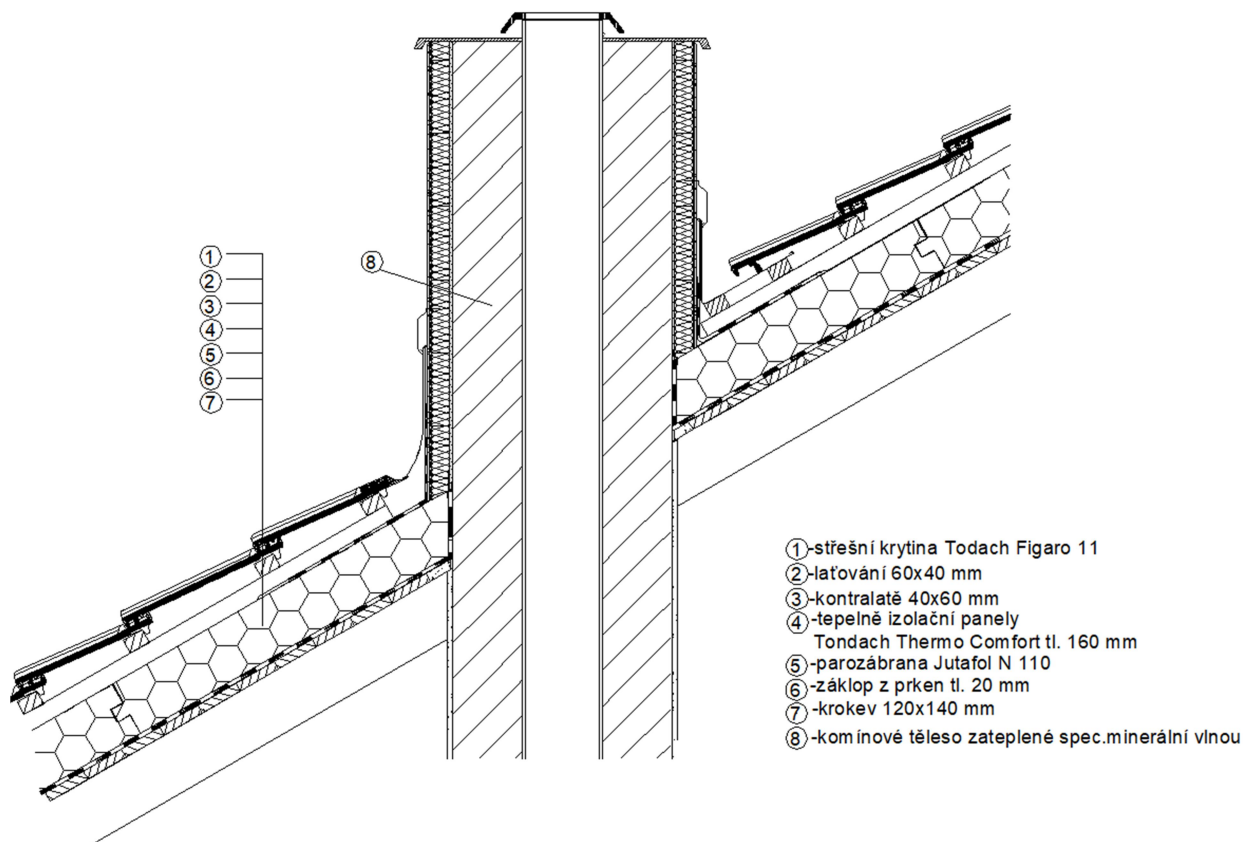
Řešení detailů šikmé střechy ovlivňuje její spolehlivost z pohledu hydroizolačního i z pohledu stavebně-tepelné techniky. Konstrukční detaily eliminují nežádoucí požadavky a podporují spolehlivost funkce celé střechy. Vyřešený detail hřebenu pro dvouplášťovou šikmou střechu se zateplením umístěným mezi krokve a pod krokve je na znázorněn na obrázku č. 64. Zmíněný detail řeší správné napojení všech vrstev střešního pláště. Detail, který řeší oblast u okapní hrany je znázorněn na obrázku č. 65. Velký důraz byl kladen na vyřešení zateplení v oblasti pozednice, aby nevznikl teplený most. Ve vybraném objektu se musel řešit i detail napojení komínového tělesa a střešního pláště. Tento detail je znázorněn na obrázku č. 66, kde se klade důraz na napojení pojistné hydroizolace a parozábrany.



Obrázek 64 Řešení hřebenu varinaty č. 2 [44]



Obrázek 66 Řešení okapní hrany varinaty č. 2 [44]



Obrázek 65 Řešení napojení střešního pláště na komínové těleso varinaty č. 2 [44]

5.4.3 Technologický postup varianty č. 3

Pracovní postup

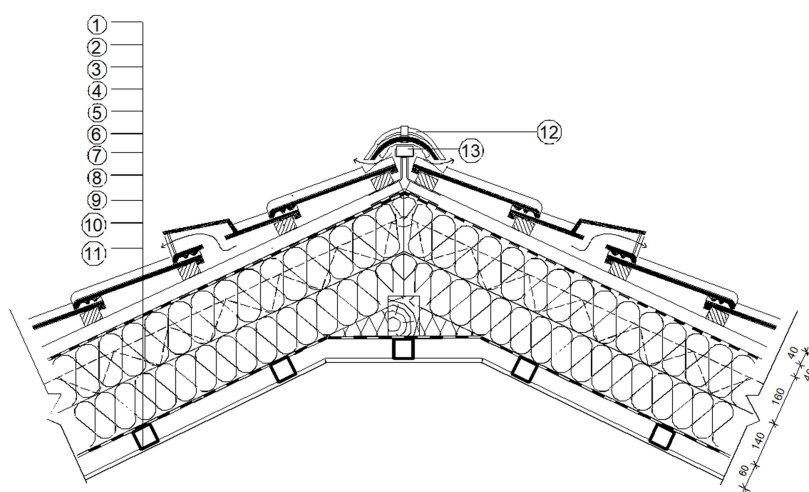
1. Celoplošné vytvoření záklopu pomocí dřevěných palubek o tloušťce 20 mm spojené pomocí spoje P+D
2. Na vytvořený záklop připevnit celoplošně parozábranu Jutafol N zabraňující kondenzaci vodní páry
3. Realizace pojistné hydroizolace Jutadach 150 připevněna na pomocných krokví
4. Provedení montáže kontralatí o rozměrech 60x40 mm pomocí vrutů
5. Provedení laťování velikost latí 40x60 mm ke kontralatím
6. Montáž zvýšené hřebenové latě 50x30 mm pro uchycení hřebenových tašek
7. Provedení montáže okapních háků, okapového oplechování na dolním konci krokví
8. Montáž zvýšených dolních latí na okapovém oplachování
9. Pokládka střešních tašek Tondach Figaro 11 a montáž hřebenové mřížky
10. Vyplnění prostoru mezi nadkroevními profily z vnitřní strany podkroví první vrstvou tepelné izolace KNAUF UNIFIT 0,37 tl.160 mm
11. Vkládání druhé vrstvy tepelné izolace KNAUF UNIFIT 0,37 tl.140 mm mezi krokvemi z vnitřní strany
12. Připevnění sádrokartonových nosných profilů
13. Připevnění parozábrany Jutafol N, připevnění na sádrokartonové držáky pomocí lepící pásky oboustranné
14. Sestavení sádrokartonové konstrukce s deskami tl. 12,5 mm firmy Rigips

Použité nástroje a pomůcky

Každý člen pracovní čety musí mít základní vybavení: tesařské kladivo, tesařská tužka, metr, úhelník, nůž pro řezání tepelné izolace, odlamovací nůž a montážní opasek. Ochranné pracovní pomůcky: pracovní oděv, rukavice, obuv s ocelovou špičkou, ochranná helma, vesta, ochranné brýle a zajištění proti pádu – postroj s lanem a tlumič pádu. Dále je potřeba vybavení, které má pracovní četa společné: vodováha, úhломěr, palice, mechanická sponkovačka, ruční pila, motorová pila, pokosová pila, ruční okružní pila s vodící lištou, aku vrtačka, úhlová bruska a dále stavební výtah.

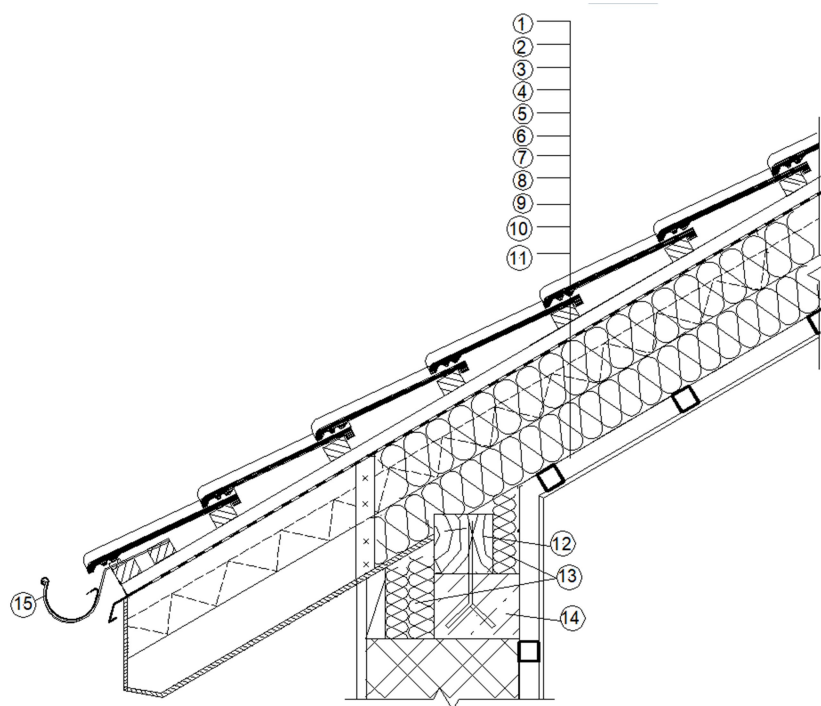
Detaily

Řešení detailů šikmé střechy ovlivňuje její spolehlivost z pohledu hydroizolačního i z pohledu stavebně-tepelné techniky. Konstrukční detaily eliminují nežádoucí požadavky a podporují spolehlivost funkce celé střechy. Vyřešený detail hřebenu pro dvouplášťovou šikmou střechu se zateplením umístěným mezi krokve a pod krokve je znázorněn na obrázku č. 67. Zmíněný detail řeší správné napojení všech vrstev střešního pláště. Detail, který řeší oblast u okapní hrany je znázorněn na obrázku č. 68. Velký důraz byl kladen na vyřešení zateplení v oblasti pozednice, aby nevznikl tepelný most. Ve vybraném objektu se musel řešit i detail napojení komínového tělesa a střešního pláště. Tento detail je znázorněn na obrázku č. 69, kde se klade důraz na napojení pojistné hydroizolace a parozábrany.



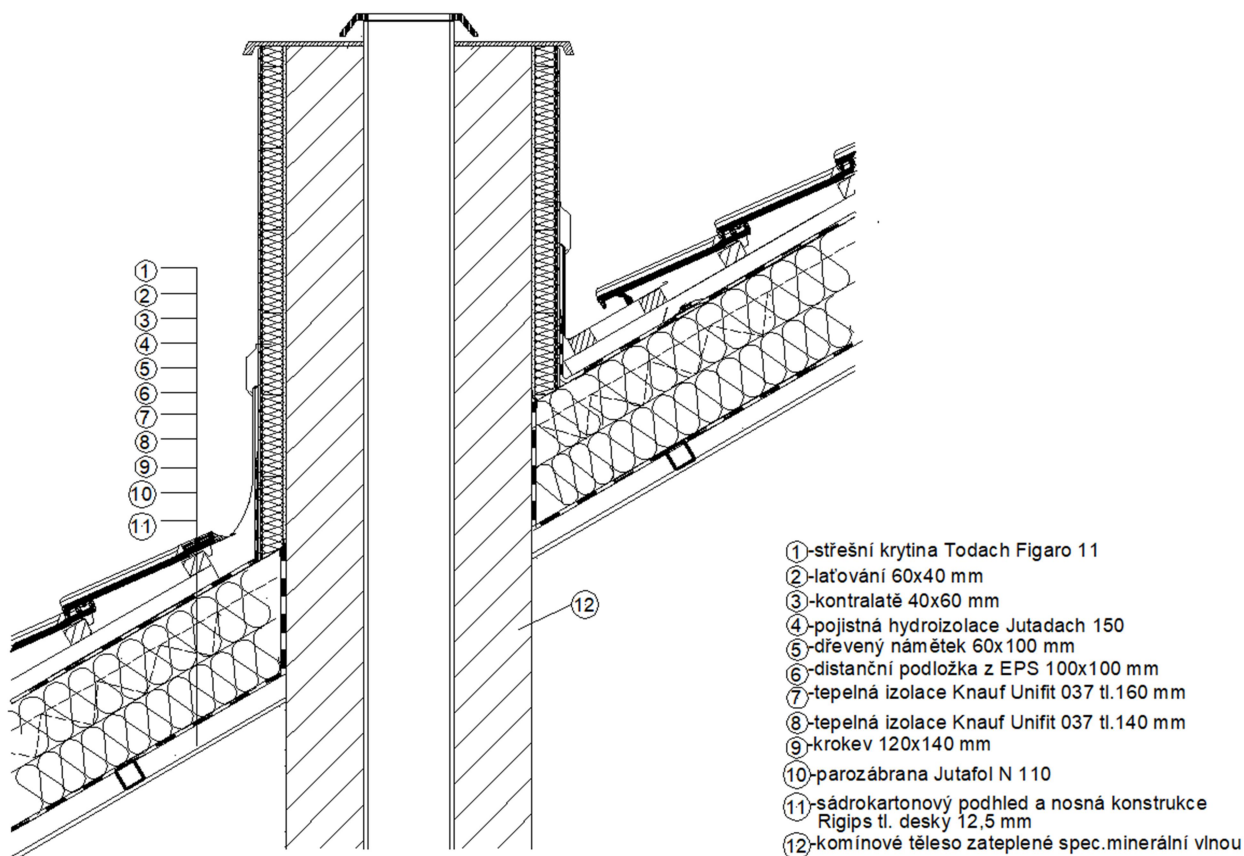
- ① - střešní krytina Todach Figaro 11
- ② - laťování 60x40 mm
- ③ - kontralatě 40x60 mm
- ④ - pojistná hydroizolace Jutadach 150
- ⑤ - dřevěný námětek 60x100 mm
- ⑥ - distanční podložka z EPS 100x100 mm
- ⑦ - tepelná izolace Knauf Unifit 037 tl.160 mm
- ⑧ - tepelná izolace Knauf Unifit 037 tl.140 mm
- ⑨ - krokev 120x140 mm
- ⑩ - parozábrana Jutafof N 110
- ⑪ - sádrokartonový podhled a nosná konstrukce Rigips tl. desky 12,5 mm
- ⑫ - hřebenová krytina
- ⑬ - hřebenová lať 30x50 mm

Obrázek 67 Řešení hřebenu varinaty č. 3 [44]



- ① - střešní krytina Todach Figaro 11
- ② - laťování 60x40 mm
- ③ - kontralatě 40x60 mm
- ④ - pojistná hydroizolace Jutadach 150
- ⑤ - dřevěný námětek 60x100 mm
- ⑥ - distanční podložka z EPS 100x100 mm
- ⑦ - tepelná izolace Knauf Unifit 037 tl.160 mm
- ⑧ - tepelná izolace Knauf Unifit 037 tl.140 mm
- ⑨ - krokev 120x140 mm
- ⑩ - parozábrana Jutafof N 110
- ⑪ - sádrokartonový podhled a nosná konstrukce Rigips tl. desky 12,5 mm
- ⑫ - pozednice
- ⑬ - Teplená izolace
- ⑭ - ŽB věnec
- ⑮ - okap

Obrázek 68 Řešení okapní hrany varinaty č. 3 [44]



Obrázek 69 Řešení napojení střešního pláště na komínové těleso varinaty č. 3 [44]

5.4.4 Diskuze rozdílů

Představila jsem několik možných variant, které se využívají k zateplení střešního pláště. Nyní je na místě vybrat vhodnou variantu podle technologie postupu práce.

Při provádění první varianty zateplení s vložením tepelné izolace mezi kroky a pod kroky, lze konstatovat, že realizace je velmi jednoduchá pro pracovníky z důvodu toho, že se tato technologie nejdéle provádí a je nejrozšířenější. Proto většinou při realizaci nedochází k fatálním chybám. Z pohledu provádění se tento systém jeví jako výborný s ohledem na ochranu tepelné izolace při realizaci zastřešení. Při realizaci střešního pláště se provede nejdříve vrchní část pláště, který chrání tepelnou izolaci a poté se provede i v nepříznivém počasí bezpečně zateplení z vnitřní strany podkroví. Při volbě toho systému je nevýhoda, že zmenšuje podkrovní prostor.

Na rozdíl od první varianty se jeví druhá varianta zateplení s uložením tepelně izolačních panelů nad krokvemi jako varianta zateplení jen s výhodami. Výhodné u tohoto systému zateplení je, že zachová viditelnost dřevěné nosné konstrukce střechy a nezmenšuje podkrovní prostor. Montáž nadkroevního zateplení je rychlá. Rychlost vyplývá jednak z toho, že izolační panely jsou lehké a stačí malá výška pro dodržení součinitele prostupu tepla. Výhodou je i to, že izolační vrstva je souvislá. Mezi další výhody patří, že není nutné provádět pojistnou hydroizolaci, protože je již provedena na vrchní straně izolačního panelu. Za nevýhodu lze považovat jen, že se realizace zateplení provádí z vnější strany. Zateplení se tedy musí provádět jen za dobrých klimatických podmínek.

Třetí a poslední zmíněná varianta zateplení s umístěním tepelné izolace mezi krokve a nad krokve má podobné vlastnosti jako první varianta zateplení. Výhodou tohoto systému je, že eliminuje tepelné mosty vložením tepelné izolace umístěnou nad kroky na které vznikají tepelné mosty při realizaci pouze mezikroevního zateplení. Dále tento systém zateplení nezmenšuje podkrovní prostor. S přihlédnutím na dobu realizace rozdíl v čase není markantní. Tento systém se tedy jeví jako nejvhodnější, což úplně není tak pravdou. Problém nastává při provádění zateplení. Musí se rozhodnout, zda se střešní plášť provede s dřevěným záklopem a tím lze provádět tepelnou izolaci z obou stran najednou. Prkenný záklop mezi vrstvy tepelné izolace není úplně vhodný. Proto je lepší varianta provedení střešního pláště bez prkenného záklopu a provést zateplení tepelnou izolací z vnitřní strany krovu. V tuto chvíli nastává, ale poměrně pracné vkládání a kotvení dvou vrstev tepelné izolace.

Po provedení diskuze rozdílů pro vybrané varianty zateplení, se mi jeví jako nejvýhodnější způsob zateplení podle technologického postupu prací, druhá varianta obsahující tepelně izolační panely z PIR pěny umístěné nad krokve.

6 DOPORUČENÍ PRO DALŠÍ POSTUP

Pro další postup řešení doporučuji posoudit konstrukci z hlediska statiky. Vypracování statického posouzení o únosnosti nosné konstrukce krovu. Dále vypracovat přesné rozpočty nákladů realizované střešní konstrukce.

7 ZÁVĚR

Cílem této práce bylo posouzení a následně volba vhodného střešního pláště pro vybraný objekt. Při zpracovávání teoretických východisek jsem si vybrala 3 varianty systémů, které jsem vzájemně porovнала.

Posouzení skladby střešního pláště v závislosti na součiniteli prostupu tepla a kondenzace vodní páry jsem teoreticky rozebrala v kapitole č. 2.4. Volbou metody se zabývám v kapitole č. 4.2 a splnění je provedeno v kapitole č. 5.2.

Vypracování harmonogramu realizace střešního pláště jsem teoreticky rozebrala v kapitole č. 5.2. volbu vhodné metody provedení uvedla v kapitole č. 4.3. a následné splnění je provedeno v kapitole č. 5.3.

Technologický postup prací při realizaci střešního pláště jsem teoreticky rozebrala v kapitolách 2.2-2.4., volbu metody se zabývám v kapitole č. 4.4 a následné splnění jsem provedla v kapitole č. 5.4.

Po provedení srovnání a vyhodnocení všech zadaných parametrů pro střešní konstrukci byla zvolena nejvhodnější varianta č. 2 a tu doporučuji pro realizaci střešního pláště.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A ZDOJŮ

- [1] HÁJEK, P. a kolektiv.: Pozemní stavitelství II pro 2. ročník SPŠ stavebních. 3. vyd. Praha: Sobotáles, 2007. ISBN 978-80-868-17-22-4,
- [2] STRAKA, B., NOVOTNÝ, M., KRUPICOVÁ, J., ŠMAK, M., ŠUHAJDA, K., VEJPUSTEK, Z.: Konstrukce šikmých střech. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, a.s. 2013. ISBN 978-80-247-8379-6,
- [3] OLÁH, J., MIKULÁŠ, M., MUKULÁŠOVÁ, D.: Šikmé střechy. 1. vyd. Bratislava: Jaga group, v.o.s., 2002. ISBN 80-88905-77-X,
- [4] VINAŘ, J. A KOLIKTIV.: Historické krovy. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, a.s. 2010. ISBN 978-80-247-3038-7,
- [5] KOPTA, P., JANOUŠKOVÁ, J.: Šikmé střechy. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, a.s. 2012. ISBN 978-80-247-3484-2,
- [6] ČERMÁKOVÁ, B., UŽÍKOVÁ, R.: Ozeleněné střechy. 1. vyd. Grada Publishing, a.s. 2009. ISBN 978-80-247-1802-6,
- [7] HANZALOVÁ, L., ŠILAROVÁ, Š.: Konstrukce pozemních staveb 40 zastřešení. 1. vyd. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2005. ISBN 80-01-02604-3,
- [8] VLČEK, M., FAJKOŠ, A. a kolektiv.: Střešní konstrukce od A do Z. 1.vyd. Praha: Verlag Dashoger, 2001-2004. ISBN 80-862-2928-9,
- [9] ČSN 730540–2 Tepelná ochrana budov – část 2: Požadavky
- [10] TOMÁNKOVÁ, J., ČÁPOVÁ, D., MĚŠŤANOVÁ, D.: Příprava a realizace staveb. 1. vyd. Praha: Česká technika – nakladatelství ČVUT, 2008. ISBN 978-80-01-04166-6,
- [11] PROSTĚJOVSKÁ, Z. a kolektiv.: Management výstavbových projektů. 1. vyd. Praha: Česká technika – nakladatelství ČVUT, 2008. ISBN 978-80-01-04142-0,
- [12] JARSKÝ, Č.: Autorizovaná příprava a řízení realizace staveb. 1.vyd. Praha: Doc. Čeněk Jarský, CSc. – CONTEC, 2000. ISBN 80-238-5384-8,
- [13] KUBÁLEK, T., KUBÁLKOVÁ, M.: Řízení projektů v Microsoft Office Project Učebnice pro vysoké školy. 1. vyd. Brno: Computer, a.s., 2007. ISBN 978-80-251-1770-5,
- [14] SVOBORA, L. a kolektiv: Stavební hmoty. 1. vyd. Bratislava: Jaga group, s.r.o., 2052. ISBN 80-8076-007-1,
- [15] Multimediální učebnice katedry technologie staveb ČVUT;

Dostupná z: <http://technologie.fsv.cvut.cz/vyuka/podklady-k-vyuce-education/multimedialni-ucebnice-priprava-a-realizace-objektu-a-staveb>

[16] Manuál k programu TEPLO 2017;

Dostupný z: <https://kps.fsv.cvut.cz/index.php?lmut=cz&part=people&id=52&sub=16>

[17] <http://www.efektivne.eu/analyza-pert-v-ms-project.html>

[18] Studijní materiál; Dostupné z: <http://books.fs.vsb.cz/SystAnal/texty/vse.htm>

[19] ČSN 73 1901 – Navrhování střech

[20] <https://stavba.tzb-info.cz/tepelne-izolace/298-mineralni-izolace>

[21] <https://www.naturwool.cz/izolace-z-ovci-vlny/>

[22] <https://www.izolace-info.cz/katalog/izolace-z-prirodnich-materialu/izolace-z-ovci-vlny/>

[23] <http://www.izolace-konopi.cz>

[24] <https://www.wienerberger.cz/sluzby-pro-strechy-tondach/iroof-izolace-strech.html>

[25] https://www.knaufinsulation.cz/sites/ki_cz/files/images/Supafil-Loft-montazni-prirucka.pdf

[26] http://www.stavarka.com/Dread/Dokumenty/projekt_I/Planovani_projektu.pdf

[27] <https://managementmania.com/cs/ganttuv-diagram>

[28] https://cs.wikipedia.org/wiki/Ganttův_diagram#/media/Soubor:GanttuvDiagramCZ.png

[29] https://www.jutadachshop.cz/109-jutadach-150-2ap.html?comb=P109K384#/184-mnozstvi-1_m/184-mnozstvi-1_m/187-typ_baleni-role/187-typ_baleni-role/188-mnozstvi-75_m/188-mnozstvi-75_m/188-mnozstvi-75_m/188-mnozstvi-75_m

[30] <http://www.hpi.cz/katalog/prislusenstvi-pro-sikme-strechy-17/folie-jutafol-n-d-229/folie-jutafol-n-110-g-special-345>

[31] <https://www.isover.cz/produkty>

[32] <https://www.rigips.cz/reseni/podhledy/>

[33] <https://www.knaufinsulation.cz/produkty?application=Šikmá střecha>

[34] Nařízení vlády. 591/2006 Sb. - Nařízení vlády o bližších minimálních požadavcích na bezpečnost a ochranu zdraví při práci na staveništích

[35] Zdroj obrázku dostupný z: <http://stavebnikomunita.cz/profiles/blogs/rozdeleni-stresnich-konstrukci>

[36] Zdroj obrázku dostupný z: [https://www.krytiny-strechy.cz/technicke_info-k-navrhovani-strech/krovy-a-drevene-konstrukce/krovy-polovalbovych-strech-serial-krovy-a-drevene-konstrukce/?a_c\[115479\]=115479#tags-view](https://www.krytiny-strechy.cz/technicke_info-k-navrhovani-strech/krovy-a-drevene-konstrukce/krovy-polovalbovych-strech-serial-krovy-a-drevene-konstrukce/?a_c[115479]=115479#tags-view)

[37] Studijní materiály; Dostupné z: <http://fast10.vsb.cz/studijni-materialy/ps4/8.html>

[38] Zdroj obrázku dostupný z: <https://www.stavba.tzb-info.cz>

[39] Zdroj obrázku dostupný z:

https://www.imaterialy.cz/rubriky/technologie/nadkroevni-systemy-zatepleni-podkrovi_101378.html

[40] Zdroj obrázku dostupný z: <http://www.zelenastrecha.cz>

[41] Zdroj obrázků dostupná z: <https://cz.puren.com/stavba/sikma-strecha/>

[42] <https://www.izolace-info.cz/>

[43] Studie RD

[44] Vlastní

Seznam použitých zkratk

ČSN Česká technická norma

PUR Polyuretan

PIR Polyisokianurát

KCI Konstrukce

PERT Program Evaluation and Review Technigue

tep. izolace Tepelná izolace

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 části střechy [1]	12
Obrázek 2 Typy tvaru střechy [1].....	13
Obrázek 3 Vlašská soustava [36].....	18
Obrázek 4 Schéma krokrové soustavy [37]	18
Obrázek 5 Hambálková soustava [37].....	19
Obrázek 6 Vaznicová soustava [37]	19
Obrázek 7 Schéma provětrávání šikmých střech [1]	20
Obrázek 8 Rozdělení podle typu střešního pláště [7].....	27
Obrázek 9 Rozdělení podle vzduchové vrstvy [7].....	28
Obrázek 10 Rozdělení podle parotěsné vsrtvy [7].....	28
Obrázek 11 Rozdělení podle tepelné izolace [7]	28
Obrázek 12 Skladba jednoplášťové střechy [7].....	29
Obrázek 13 Skladba dvouplášťové střechy [7].....	30
Obrázek 14 Skladba tříplášťové střechy [3]	31
Obrázek 15 Příklad skladby bez tepelné izolace č. 1 [42].....	33
Obrázek 16 Příklad skladby bez tepelné izolace č. 2 [42].....	33
Obrázek 17 Příklad skladby bez tepelné izolace č. 3 [42].....	34
Obrázek 18 Příklad skladby se sníženou tepelnou izolací [42]	35
Obrázek 19 Příklad skladby s tepelnou izolací [42]	35
Obrázek 20 Příklad skladby s tepelnou izolací kamenná vata [7].....	37
Obrázek 21 Příklad skladby s deskami PIR [39].....	37
Obrázek 22 Příklad skladby umístění parozábrany pod tepelnou izolací [42]	39
Obrázek 23 Příklad skladby umístění parozábrany mezi tepelnou izolací [42]	39
Obrázek 24 Příklad skladby tříplášťové střechy [42]	39
Obrázek 25 Příklad skladby s minerální vlnou.....	40
Obrázek 26 Příklad skladby s tepelnou izolací minerální vlna a PUR desky.....	41
Obrázek 27 Extenzivní zelená střecha [40]	42
Obrázek 28 Nopová folie – pro zadržetí vody [6]	43
Obrázek 29 Drátěný drenážní systém s ochranou [6].....	43
Obrázek 30 Stabilizační prahy [31]	43
Obrázek 31 Příklady skladby zelené střechy [31]	44
Obrázek 32 Realizace zateplení z ovčí vlny [21]	51
Obrázek 33 Tepelná izolace - ovčí vlna [21].....	51
Obrázek 34 Konopná izolace [23]	52
Obrázek 35 PIR deska [41].....	54
Obrázek 36 Realizace zateplení [41]	55
Obrázek 37 Schéma izolačního stroje [25].....	57
Obrázek 38 Realizace foukané izolace [39]	57
Obrázek 39 Vztah tepelného odporu na součinitel prostupu tepla [14]	65
Obrázek 40 Příklad harmonogramu [26]	69
Obrázek 41 Cyklogram [26]	70
Obrázek 42 Časoprostorový graf [26]	70
Obrázek 43 Liniový cyklogram [10]	71
Obrázek 44 Síťový graf – hranový [26]	72
Obrázek 45 Síťový graf – uzlový [26].....	73

Obrázek 46 Příklad Ganttova diagramu [28].....	82
Obrázek 47 Zvolený objekt pohled ze strany SZ [43].....	83
Obrázek 48 Zvolený objekt pohled ze strany SV [43]	83
Obrázek 49 Skladba konstrukce varianty č. 1 [44].....	84
Obrázek 50 Skladba konstrukce varianty č. 2 [44].....	86
Obrázek 51 Skladba konstrukce varianty č. 3 [44].....	87
Obrázek 52 Prostředí programu teplo: skladba konstrukce [19]	89
Obrázek 53 Prostředí programu teplo: okrajové podmínky [19].....	90
Obrázek 54 Prostředí programu teplo: doplňující parametry [19]	90
Obrázek 55 Průběh teploty v konstrukci střešního pláště č. 1 [44]	92
Obrázek 56 Průběh teploty v konstrukci střešního pláště č. 2 [44]	95
Obrázek 57 Průběh teploty v konstrukci střešního pláště č. 3 [44]	98
Obrázek 58 Harmonogram prací varianty č. 1 [44].....	103
Obrázek 59 Harmonogram prací varianty č. 2 [44].....	103
Obrázek 60 Harmonogram prací varianty č. 3 [44].....	103
Obrázek 62 Řešení okapní hrany varinaty č. 1 [44]	108
Obrázek 61 Řešení hřebenu varinaty č. 1 [44]	108
Obrázek 63 Řešení napojení střešního pláště na komínové těleso varinaty č. 1 [44].....	109
Obrázek 64 Řešení hřebenu varinaty č. 2 [44]	111
Obrázek 65 Řešení napojení střešního pláště na komínové těleso varinaty č. 2 [44].....	112
Obrázek 66 Řešení okapní hrany varinaty č. 2 [44]	112
Obrázek 67 Řešení hřebenu varinaty č. 3 [44]	115
Obrázek 68 Řešení okapní hrany varinaty č. 3 [44]	115
Obrázek 69 Řešení napojení střešního pláště na komínové těleso varinaty č. 3 [44].....	116

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Požadavky na součinitele prostupu tepla.....	65
Tabulka 2 Součinitele prostupu tepla	77