

MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ  
LESNICKÁ A DŘEVAŘSKÁ FAKULTA  
ÚSTAV INŽENÝRSKÝCH STAVEB, TVORBY A OCHRANY  
KRAJINY

# **NÁVRH RODINNÉHO DOMU SE ZELENOU STŘECHOU**

**Bakalářská práce**

Samostatná příloha: Výkresová dokumentace

Vedoucí práce:  
Ing. Pavla Kotásková, Ph.D.

Autor:  
Anna Vrabcová

Brno 2017





# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Zpracovatelka: **Anna Vrabcová**  
Studijní program: Stavby na bázi dřeva  
Obor: Stavby na bázi dřeva  
Název tématu: **Návrh rodinného domu se zelenou střechou**  
Rozsah práce: 30 stran + přílohy

## Zásady pro vypracování:

1. Cílem práce je vypracovat návrh dřevostavby rodinného domu systémem rámové konstrukce.
2. Rodinný dům bude dvoupodlažní s plochou zelenou střechou. Dispozice bude respektovat doporučení norem a vhodné situování místností vzhledem ke světovým stranám.
3. Pro navržené dispoziční řešení budou vypracovány půdorysy, řezy a pohledy v měřítku 1:50.
4. Návrh skladby obvodového pláště musí splňovat požadavky norem a bude posouzen z hlediska tepelně technického.
5. V práci bude podrobněji řešena problematika ploché střechy, s variantami skladeb provedení zelených střech. Budou zhodnoceny přednosti a nevýhody zelených střech použitých na dřevostavbách v ČR.

Seznam odborné literatury:

1. ČERMÁKOVÁ, B. – MUŽÍKOVÁ, R. *Ozeleněné střechy*. 1. vyd. Praha: Grada, 2009. 246 s. ISBN 978-80-247-1802-6.
2. MINKE, G. *Zelené střechy : plánování, realizace, příklady z praxe*. 1. vyd. Ostrava: HEL, 2001. 92 s. ISBN 80-86167-17-8.
3. VAVERKA, J. – HAVÍŘOVÁ, Z. – JINDRÁK, M. a kol. *Dřevostavby pro bydlení*. 1. vyd. Praha: Grada, 2008. 376 s. Stavitel. ISBN 978-80-247-2205-4.
4. KOLB, J. *Dřevostavby. Systémy nosných konstrukcí, obovodové pláště*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, a.s., 2008. 320 s. ISBN 978-80-247-2275-7.
5. ŠTEFKO, J. – REINPRECHT, L. – KUKLÍK, P. *Dřevoené stavby : konstrukce, ochrana a údržba*. 2. vyd. Bratislava: Jaga, 2009. 196 s. ISBN 978-80-8076-080-92009.
6. KUKLÍK, P. – KUKLÍKOVÁ, A. *Naorhování dřevěných konstrukcí : příručka k ČSN EN 1995-1*. 1. vyd. Praha: Pro Ministerstvo pro místní rozvoj a Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě vydalo Informační centrum ČKAIT, 2010. 140 s. ISBN 978-80-87093-88-7.
7. RŮŽIČKA, M. *Stavíme dům ze dřeva*. 1. vyd. Praha: Grada, 2006. 117 s. Profi & hobby. ISBN 80-247-1461-2.
8. NOVOTNÝ, M. – MISAR, I. *Ploché střechy*. 1. vyd. Praha: Grada, 2003. 178 s. Stavitel. ISBN 80-7169-530-0.
9. FAJKOŠ, A. – NOVOTNÝ, M. *Střechy : základní konstrukce*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 2003. 164 s. Stavitel. ISBN 80-247-0681-4.
10. ŠIMEČKOVÁ, J. – VEČEŘOVÁ, I. *Zelené střechy – naděje pro budoucnost*. 1. vyd. Brno: Svaz zakládání a údržby zeleně, 2010. 38 s. ISBN 978-80-254-9123-2.

Datum zadání bakalářské práce: září 2014

Termín odevzdání bakalářské práce: duben 2016

L. S.

  
Anna Vrabcová

Autorka práce



Ing. Pavla Kotásková, Ph.D.

Vedoucí práce

  
doc. Ing. Petr Kupec, Ph.D.

Vedoucí ústavu



-5-

  
doc. Ing. Radomír Klvač, Ph.D.

Děkan LDF MENDELU



## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci *Návrh rodinného domu se zelenou střechou* vypracovala samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s §47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědoma, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne .....

.....

Anna Vrabcová

Děkuji vedoucí práce, Ing. Pavle Kotáskové, Ph.D., za možnost zpracovávat bakalářskou práci, jejímž tématem je návrh stavebního objektu. Dále děkuji za kontrolu výkresů, které jsou součástí příloh této práce, a za odborné i jazykové připomínky k textu práce.

Název práce: Návrh rodinného domu se zelenou střechou  
Detached house with a green roof project  
Autor: Anna Vrabcová  
Ústav: Ústav inženýrských staveb, tvorby a ochrany krajiny  
Vedoucí práce: Ing. Pavla Kotásková, Ph.D.

**Abstrakt:**

V předložené práci je vypracován návrh dvoupodlažního samostatně stojícího rodinného domu, který je z konstrukčního hlediska navržen jako rámová dřevostavba s plochou vegetační střechou. Práce je členěna do tří hlavních částí. První část obsahuje krátké shrnutí z literatury získaných poznatků o konstrukčním systému plochých střech a o projektování zelených střech. Druhá, taktéž textová část, se zabývá již konkrétním návrhem domu tak, jak je zadán tématem závěrečné práce a komentuje zvolená řešení v souvislosti s poznatky z literatury a referenčních realizací. Třetí samostatnou část pak tvoří příloha obsahující technické výkresy projektovaného domu.

**Klíčová slova:** dřevostavba, rámová dřevostavba, zelená střecha, vegetační střecha, dispoziční řešení, tepelně-technické posouzení

**Abstract:**

The submitted thesis contains a project of a two-storey detached house; the building is, from the construction point of view, designed as a platform frame wooden structure covered by a flat vegetated roof. The thesis consists of three main parts. The first one is a short literature overview pertaining to the issues a flat roof construction options and green roof designing. The second part, also mainly a text part, focuses on a specific house project as it is formulated by the bachelor thesis objective and offers comment on the chosen solutions in regard to knowledge established from literature and referential realisations. The third part constitutes of technical drawings of the designed house.

Keywords: wooden building, platform frame, green roof, vegetated roof, house layout, thermal and technical assessment

## Obsah

Seznam příloh	10
Úvod	11
Cíl práce	12
Kapitola 1. Teoretická východiska řešení	13
1.1. Legislativa a normou dané požadavky na výstavbu	13
1.2. Situace a souvislosti	16
Kapitola 2. Současný stav řešené problematiky	18
2.1. Nosné konstrukce	18
2.2. Zelené střechy	22
Kapitola 3. Výsledný návrh	47
3.1. Technický popis objektu	47
3.2. Tepelně-technické posouzení skladby obvodového pláště	54
Kapitola 4. Diskuze	60
4.1. Urbanismus, architektura a dispozice domu	60
4.2. Konstrukční a materiálová řešení	61
Závěr	63
Summary	64
Použitá literatura	65

## Seznam příloh

- (1) Situace - širší vztahy; *formát A4, M 1:1000*
- (2) Situace - zastavovací plán; *formát A4, M 1:200*
- (3) Osazení do terénu; *formát A3, M 1:50*
- (4) Základy; *formát A2, M 1:50*
- (5) Půdorys 1.NP; *formát A2, M 1:50*
- (6) Půdorys 2.NP; *formát A2, M 1:50*
- (7) Svislý řez AA' - vstupem; *formát A3, M 1:50*
- (8) Svislý řez BB' - schodištěm; *formát A3, M 1:50*
- (9) Skladby stěn; *formát A4, M 1:10*
- (10) Skladby konstrukcí podlahy a zelené střechy nad 1. NP; *formát A4, M 1:10*
- (11) Skladba konstrukce zelené střechy nad 2. NP; *formát A4, M 1:10*
- (12) Technické pohledy - severní, západní; *formát A2, M 1:50*
- (13) Technické pohledy - jižní, východní; *formát A2, M 1:50*
- (14) Výpis prvků - dveře venkovní; *formát A4, M 1:50*
- (15) Výpis prvků - dveře vnitřní; *formát A4, M 1:50*
- (16) Výpis prvků - dveře vnitřní, garážová vrata; *formát A4, M 1:50*
- (17) Výpis prvků - okna; *formát A4, M 1:50*

## Úvod

Historický vývoj stavitelství v České republice vede řadu lidí od 90. let ke snaze zajistit si (z různých důvodů) bydlení mimo vlastní centrum města. V jistém smyslu k nám se zpožděním ze západu dorazil fenomén, který je provázen rozšiřováním měst do krajiny, snižováním hustoty zástavby, zábořem dříve zemědělské půdy pro stavební účely a zvýšením nároků na výstavbu nové infrastruktury v takto osidlovaných obcích. V anglické literatuře se pro tento trend tvorby suburbií měst, které svým charakterem leží někde na pomezí města a vesnice, používá termín *urban sprawl*<sup>1</sup>, ve Francii a Švýcarsku se někdy používá významově příbuzný pojem *périurbanisation*<sup>2</sup>.

V české urbanistické literatuře se pro takovouto suburbanizaci užívá spojení *sídelní kaše*, a obvykle je poukazováno spíše na problematické aspekty této výstavby<sup>3</sup>.

Kromě problémů urbanistických, sociálních, či problémů komunální politiky s sebou taková praxe nese i problémy ekologické. Česká republika se opakovaně zavázala k záměru posunout české stavebnictví směrem k větší citlivosti k životnímu prostředí<sup>4</sup>. Obecná debata o udržitelnosti je však v českém stavitelství často redukována na otázku úspory energie na provoz budovy. Ta je sice důležitá, nicméně tímto přístupem se lze vyjadřovat pouze k ekologickým charakteristikám konkrétních staveb a nikoli celého urbanizovaného prostředí. Přejdeme-li od pohledu na konkrétní stavby o úroveň výše, budeme-li se bavit o *udržitelném urbanismu* výstavby rodinných domů sídelní kaše, nabývají na významu i další charakteristiky udržitelného stavění - způsob nakládání s vodou, estetické kvality a zapojení staveb do krajinného charakteru místa aj. Z globálního hlediska pak má smysl bavit se o zdrojích materiálů na výstavbu a jejich uhlíkové stopě.

Rodinný dům, jehož návrhem se zabývá tato bakalářská práce, je nejen odpovědí na základní lidskou potřebu bydlet, ale snaží se také v omezené míře, se zřetelem na výše uvedené globální souvislosti, najít odpověď na otázku, jak přistupovat k rodinné výstavbě tzv. na zelené louce zodpovědněji. Jako dřevostavba je navržen z materiálů s nízkými nebo dokonce zápornými hodnotami svázané energie<sup>5</sup> a emisí CO<sub>2</sub> a SO<sub>2</sub>. Konstrukce zelené střechy pak představuje zlepšení nakládání se srážkovou vodou. Zároveň mohou estetické kvality napomáhat spojení s okolní krajinou.

<sup>1</sup><https://www.merriam-webster.com/dictionary/urban%20sprawl>

<sup>2</sup><http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/p%C3%A9riurbanisation/10910866>

<sup>3</sup>Viz například Jehlík (2010): „Problémem dnešních měst je, že přestávají být městy. Za město považujeme zhruba tu jednu desetinu, kterou tvoří historická jádra. Vše ostatní je jakýmsi příživníkem. Městem je intenzivní relativně homogenní struktura protkaná sítí veřejných prostorů. Městem není množina relativně nezávislých objektů či souborů pospojovaných tzv. infrastrukturou. Paradoxem je, že to první město máme rádi a to druhé stále intenzivně stavíme.“

<sup>4</sup>Rezoluce OSN A/RES/70/1 z 25. 9. 2015 výslovně jmenuje mezi jedním z cílů *Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development* „sustainable cities and communities“ – udržitelná města a komunity.

<sup>5</sup>*embodied energy* (Treloar, 1998)

## Cíl práce

Úkolem předkládané bakalářské práce je vytvořit funkční projekt rodinného domu respektující požadavky norem i předpoklady pro zajištění příjemného a pohodlného bydlení. Dům bude navržen jako dvoupodlažní dřevostavba stavěná systémem rámové konstrukce. Střešní plášť bude řešen jako tzv. *zelená střecha*.

Součástí bakalářské práce je kromě samotného návrhu plánována také literární rešerše problematiky zelených střech, nosných konstrukcí plochých střech a v menší míře i rámových dřevostaveb, jejíž výstupy poslouží jako podklady pro technologie a řešení využitá v samotném návrhu. Budou popsána i vybraná systémová řešení zelených střech dostupná na českém trhu. Finální projekt bude zpracován ve formě stavebních výkresů, které se nacházejí v příloze této bakalářské práce.

Základní cíle bakalářské práce je možné shrnout do několika bodů.

- (1) Podat stručný přehled historického vývoje a především současných trendů a řešení v oblasti ozeleněných střech.
- (2) Podat stručný přehled současných technologií rámových konstrukcí a nosných konstrukcí plochých střech.
- (3) Na základě těchto informací zvolit vhodné řešení dřevostavby pro konkrétní parcelu a zvolené řešení okomentovat. Provést základní tepelně-technické posouzení obvodových konstrukcí objektu.
- (4) Vytvořit projektovou dokumentaci tohoto rodinného domu.

Stavba, která je předmětem této práce, nebude řešena jako typový dům teoreticky umístitelný na jakoukoli stavební parcelu. K tomuto rozhodnutí vedl i požadavek na navržení ozeleněné střechy, která sama o sobě vyžaduje vyšší míru individualizace návrhu na konkrétní místo.

Rodinný dům, který je předmětem bakalářské práce, bude proto navrhován pro reálný pozemek č. 82/7 v katastru obce Krakovany, okres Kolín, nicméně tato parcela je pouze hypotetická a tato bakalářská práce se nezabývá reálnými majetkoprávními vztahy. Vzhledem k formulaci zadání bakalářské práce dojde také k zanedbání územního regulativu požadujícího zastřešení sedlovou střechou.



## Teoretická východiska řešení

### 1.1. Legislativa a normou dané požadavky na výstavbu

Požadavky na vlastnosti rodinného domu stanovují v rámci České republiky právní předpisy (zákony a vyhlášky), normy a smluvní ustanovení mezi objednatelem domu a projektantem.

Klíčovou roli v procesu stavebnictví hraje *Zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon)*, který ve svých třech hlavních částech stanovuje cíle a pravidla územního plánování, způsob povolování staveb a základní podmínky pro projektovou činnost a provádění staveb.

V části *Společná ustanovení*, a to zejména v rámci *Obecných požadavků na výstavbu*, se tento zákon odkazuje na znění platných norem, jejichž zákonem odkazované části jsou následně pro výstavbu budov závazné. Zároveň jsou normy v rámci stavební praxe považovány z hlediska kvality a vlastností budovy za takový stav, který získá objednatel stavby, pokud se výslovně smluvně nedohodne s projektantem jinak.

Nejdůležitější normy pro výstavbu rodinného domu jsou zejména ČSN 73 4301 *Obytné budovy*, ČSN 73 4130 *Schodiště a šikmé rampy*, popř. ČSN 73 4108 *Šatny, umývárny a záchody*.

**1.1.1. Umístění obytných budov na území.** Při rozhodování o tvaru a orientaci půdorysu na stavebním pozemku je vhodné zvážit urbanismus okolí nové budovy (např. zda není vhodné zachovat tzv. uliční čáru), budoucí využití pozemku (jak velká a jak orientovaná bude zahrada), ekonomické aspekty stavby (jak daleko od hranice pozemku bude nutné vést přípojky; kolik materiálu bude zapotřebí pro příjezdovou cestu ke garáži), estetiku místa (eventuální výhled z domu) i další. Zatímco výše jmenovaná rozhodnutí nejsou (obvykle) nijak kodifikována, normy a vyhlášky určují některá pravidla závazně. Jedná se zejména o problematiku odstupových vzdáleností od okolních budov a komunikací.

Norma ČSN 73 4301 *Obytné budovy* výslovně určuje, že „Vzdálenost průčelí budov, v nichž jsou okna obytných místností, musí být nejméně 3 m od okraje vozovky silnice nebo místní komunikace.“ Dále pak stanovuje: „Vytvářejí-li rodinné domy mezi sebou volný prostor, vzdálenost mezi nimi nesmí být menší než 7 m. Vzdálenost rodinných domů od společných hranic pozemků nesmí být menší než 2 m. Ve zvlášť stísněných územních podmínkách může být vzdálenost mezi rodinnými domy snížena až na 4 m, pokud v žádné z protilehlých částí stěn nejsou okna obytných místností; v takovém případě se nemusí uplatnit požadavek na odstup od společných hranic pozemků.“

Do otázky, jak umístit stavbu na pozemek, vstupuje i problematika požární bezpečnosti. *Vyhláška MMR č. 268/2009 Sb., o obecných technických požadavcích na výstavbu* ukládá, že požárně nebezpečný prostor nesmí přesahovat hranici stavebního pozemku.

Nově vzniklá stavba také nesmí být vybudována tak, aby nebyl splněn požadavek na proslunění všech bytů stávajících i nově vzniklé budovy<sup>1</sup>.

**1.1.2. Orientace místností ke světovým stranám.** Pravidla pro orientaci místností rodinného domu vzhledem k světovým stranám plynou obecně ze snahy zajistit co nejlepší prosvětlení pobytových místností odpovídající jejich využití a zajistit domu tepelné zisky ze sluneční energie.

Samozřejmě obecná pravidla pro orientaci jsou platná pro ideální stav, kdy je dům umístěn v prostoru takovým způsobem, že jeho reálná orientace není určena např. územními regulativy, tvarem a orientací pozemku, blízkostí jakéhokoli rušivého a nežádoucího provozu, blízkostí jiných domů apod.

Ideální způsob rozmístění místností vzhledem ke světovým stranám preferuje umístění těch částí domu, v nichž obyvatelé tráví nejvíce času, spíše k jižní fasádě, zatímco na severu se nacházejí místnosti technického charakteru nebo různé domovní komunikace.

Severní strana, poskytující stejnoměrné, ale nepříliš intenzivní světlo, je proto v takovém ideálním domě místem umístění garáže, spíže, sklepa, technické místnosti apod.

Naopak na jihu jsou umístěny reprezentativní prostory domu - obývací pokoj, jídelna, nebo je využito proslunění i v zimních měsících a na tuto stranu je situován dětský pokoj.

Západní strana, v českých podmínkách charakterizovaná silnějším větrným prouděním a odpoledním sluncem, může být využita pro prostory knihovny, pracovny apod.

Na východ pak lze situovat ložnici, pokoje pro hosty apod. Je však nutné konstatovat, že toto vymezení využití jednotlivých světových stran je jednoznačnější v kontrastu sever–jih než východ–západ. Například brzké ranní světlo, které proniká do ložnice, může některým lidem vadit, a naopak preferují ložnici na západě, obzvláště chodí-li spát v pozdějších hodinách.

**1.1.3. Velikost obytných místností.** Norma ČSN 73 4301 *Obytné budovy* definuje obytné místnosti jako „část bytu (zejména obývací pokoj, ložnice, jídelna), která splňuje požadavky zvláštního předpisu<sup>2</sup>, je určena k trvalému bydlení a má nejmenší podlahovou plochu 8 m<sup>2</sup>; pokud tvoří byt jediná obytná místnost, musí mít podlahovou plochu nejméně 16 m<sup>2</sup>.“

Pro jednotlivé druhy konkrétních obytných místností stanovuje norma minimální podlahovou plochu, která je závislá na celkové velikosti bytu. Doporučené nejmenší plochy obytných místností uvádí následující tabulka.

<sup>1</sup>ČSN 734301

<sup>2</sup>Vyhláška MMR č. 268/2009 Sb., o obecných technických požadavcích na výstavbu

<b>Funkční využití obytné místnosti</b>	<b>Plocha[m<sup>2</sup>]</b>	<b>Charakteristika bytu</b>
Obývací pokoj bez stolování	16	1-2 ob. míst. v bytě
	18	3-4 ob. míst. v bytě
	20	více než 4 ob. míst. v bytě
Obývací pokoj se stolováním	16	1-2 ob. míst. v bytě
	21	3-4 ob. míst. v bytě
	24	více než 4 ob. míst. v bytě
Obývací pokoj bez stolování s 1 lůžkem	16	1-2 ob. míst. v bytě
	20	3 ob. míst. v bytě
Obývací pokoj se stolováním s 1 lůžkem	18	1-2 ob. míst. v bytě
Ložnice s 1 lůžkem	8	
Ložnice se 2 lůžky	12	

**1.1.4. Parametry obvodového pláště budovy.** Obvodový plášť budovy vykonává dvě základní funkce, jimiž odděluje vnitřní prostor od vnějšího – *tepelně-technické*, kdy je jeho úkolem pomoci v domě udržovat příjemnou teplotu vnitřního vzduchu a teplotu vnitřních povrchů, a *akustickou*, kdy odděluje vnitřní prostředí od hluku a vibrací vně budovy. V detailnějším pohledu zohledňují tepelně technické požadavky také pohyb vodní páry ve vnitřním prostředí a v konstrukci a možnost její nežádoucí kondenzace.

Tepelně-technické parametry skladby obvodového pláště budovy stanovuje norma ČSN 73 0540-2 *Tepelná ochrana budov, Část 2: Požadavky*. Schopnost materiálu vést teplo je popsána *součinitelem tepelné vodivosti* materiálu  $\lambda [W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}]$ . Tepelný odpor  $j$ -té vrstvy obvodové konstrukce  $R_j [m^2 \cdot K \cdot W^{-1}]$  se pak s použitím této charakteristiky daného materiálu a tloušťky vrstvy  $d [m]$  určí ze vztahu

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

kde  $d_j$  je tloušťka  $j$ -té vrstvy a  $\lambda_j$  jeho součinitel tepelné vodivosti.

$R_T [m^2 \cdot K \cdot W^{-1}]$ , tepelný odpor vícevrstvé konstrukce se systematickým tepelným mostem, vyjadřuje v normě uvedený (ne zcela přesný vztah)

$$R_T = \frac{R'_T + R''_T}{2},$$

kde  $R'_T [m^2 \cdot K \cdot W^{-1}]$  je tzv. horní mezní odpor při přestupu tepla, tj. odpor při přestupu tepla rovnoběžný s tepelným tokem, a  $R''_T [m^2 \cdot K \cdot W^{-1}]$  tzv. dolní mezní odpor, tj. odpor při přestupu tepla kolmo na konstrukci.

Horní i dolní mezní odpor se stanovuje na základě tepelných odporů  $R_j$  jednotlivých vrstev a tzv. poměrových ploch každého výseku  $a, b, c, \dots$   $f_a, f_b, f_c, \dots$  jež se určí jako bezrozměrný poměr celkové plochy k ploše vrstvy, tedy  $f_a = \frac{A_a}{A}$  apod. (kde  $A_a$  je plocha vrstvy,  $A$  celková plocha výseku). Charakteristický výsek konstrukce je určen modulem, tj. u rámové dřevostavby se obvykle jedná o 0,625 m. Pro horní mez tedy platí

$$\frac{1}{R'_T} = \frac{f_a}{R_{Ta}} + \frac{f_b}{R_{Tb}} + \frac{f_c}{R_{Tc}} + \dots,$$

kde  $R_{Ta}, R_{Tb}, R_{Tc}, \dots$  jsou odpory při přestupu tepla jednotlivých vrstev. Dolní mez se určí ze vztahu pro jednorozměrné šíření tepla jako  $R''_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_{se}$ , kde  $R_1 - R_n$  jsou ekvivalentní tepelné odpory jednotlivých vrstev kolmých na směr tepelného

toku. Ty lze určit ze vzorce

$$\frac{1}{R_j} = \frac{f_a}{R_{aj}} + \frac{f_b}{R_{bj}} + \frac{f_c}{R_{cj}} + \dots$$

$R_{si}$  je tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce (ze vzduchu v interiéru do první vrstvy skladby) a  $R_{se}$  tepelný odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce.

Veličina *součinitele prostupu tepla*  $U$  [ $\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ ], je určena vztahem

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

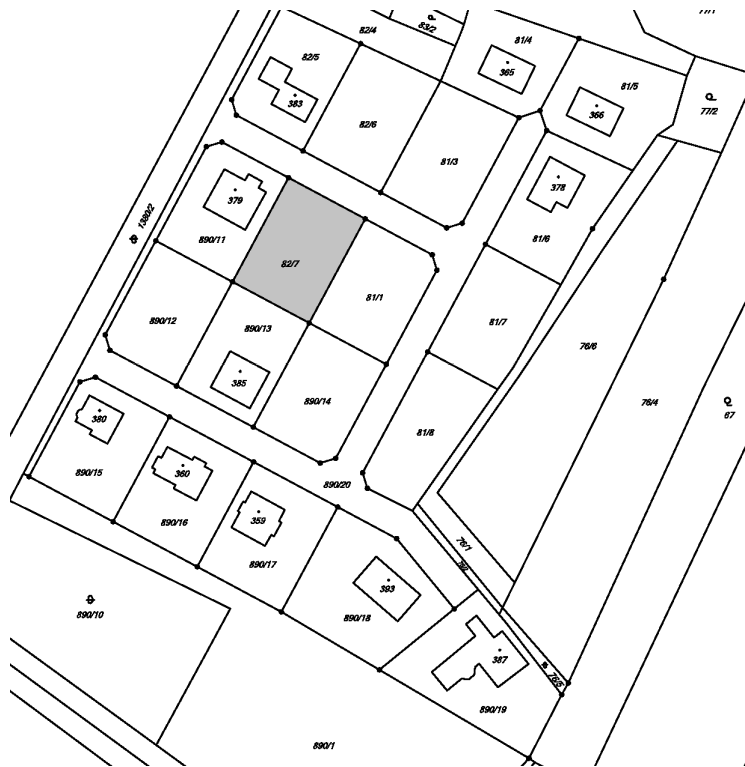
jedná se tedy o převrácenou hodnotu tepelného odporu. Norma ČSN 73 0540-2 stanovuje pro obvodové konstrukce závazné požadavky na parametr  $U$ , kdy je požadovaná hodnota  $U_{N,20} = 0,30 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$  a doporučená hodnota součinitele prostupu tepla  $U_{rec,20} = 0,25 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ . Norma také obsahuje nejvyšší hodnotu součinitele pro pasivní domy  $U_{pas,20} = 0,18 - 0,12 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ .

## 1.2. Situace a souvislosti

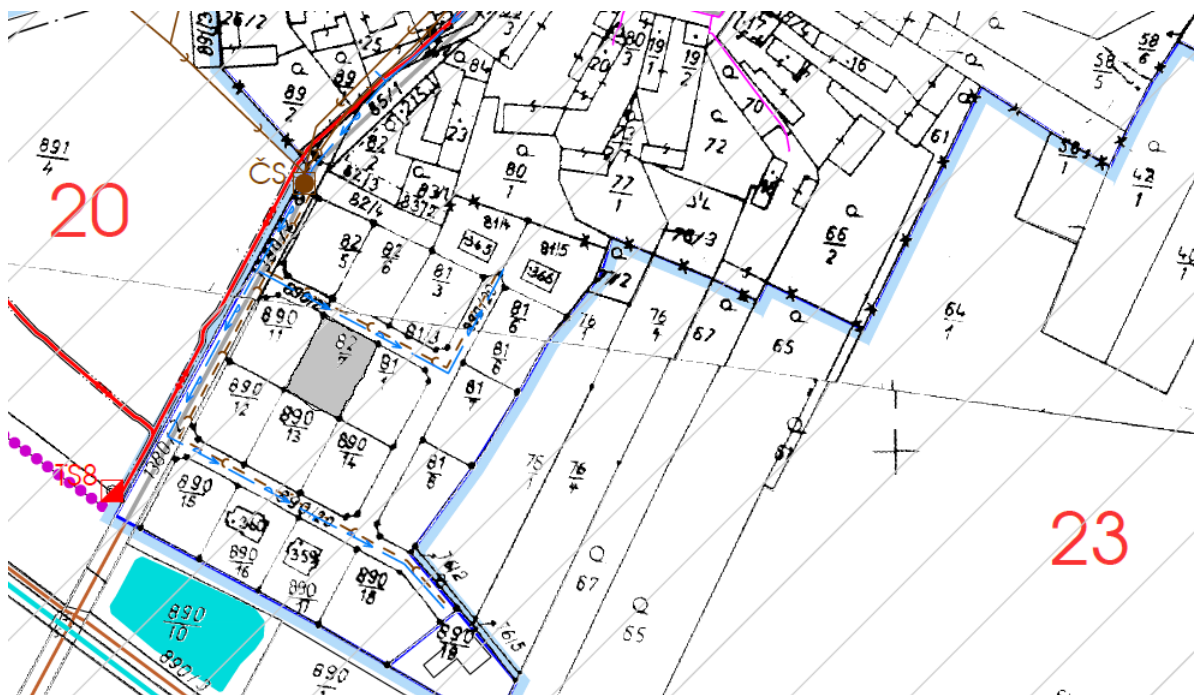
Dřevostavba, která je předmětem této bakalářské práce, je navržena na pozemek č. 82/7 v katastru obce Krakovany, okres Kolín, v části obce zvané „Na dolejšku“.

Jedná se o rovinatý pozemek na okraji obce Krakovany, původně se jednalo o tzv. „humna“, tedy o přechodný prostor mezi zahradou a polem. V posledních letech zde na základě záměru obce vznikla síť stavebních parcel propojených komunikacemi, a to částečně na původně obecních pozemcích, které byly ponechány jako louka nebo pronajímány místním zemědělci, a částečně na přilehlých pozemcích soukromých majitelů.

Orientace pozemku je spíše severojižní, osa pozemku vede ve směru SV–JZ. Část plánované nové výstavby, na které se nachází pozemek 82/7, nebyla intenzivně zemědělsky využívána, ale jednalo se spíše o travnatou přechodovou oblast mezi zahradou a polem. Přístup k pozemku je zajištěn cestou ze zhutněného šterku, v jejímž pásu jsou také vedeny základní sítě, tj. elektřina, vodovod, kanalizace. Pozemek je ze tří stran obklopen obdobně velkými stavebními parcelami, pozemek č. 890/11 přiléhající ze západu a pozemek 890/13 na jižní straně jsou již zastavěny. Situace pozemku je blíže znázorněna na obrázcích 1 a 2, které zachycují v současné době stojící zástavbu a napojení místa na energetické a jiné sítě.



OBR. 1. Katastrální mapa okolí pozemku 82/7 a jeho situace v rámci části obce „Na dolejšku“.



OBR. 2. Mapa situace pozemku 87/2 v rámci části obce „Na dolejšku“. Čárkovaná hnědá čára zachycuje návrh vytvoření přípojek kanalizace pro novostavby, čárkovaná modrá je návrh vodovodní přípojky. Červená plná čára je hlavní elektrické vedení. (zdroj: Obec Krakovany).

## Současný stav řešené problematiky

### 2.1. Nosné konstrukce

**2.1.1. Rámové konstrukce.** Historie užívání dřeva jako stavebního materiálu sahá do pravěku daleko před první písemné záznamy. Jako materiál snadno dostupný, lehce opracovatelný a s dostatečnými mechanickými charakteristikami pro výstavbu musel být přirozeně užíván jako stavební materiál pro dočasné i trvalejší úkryty. Vzhledem k biodegradaci jsou však archeologické doklady pro první dřevěné stavby sporadické.

K rozvoji sofistikovanějších stavebních děl ze dřeva pak docházelo v oblastech, kde byl díky přírodním podmínkám dostatek kvalitního dřevěného materiálu, tam, kde nacházely uplatnění dobré izolační vlastnosti masivního dřeva a také spíše v oblastech, kde jsou přírodní podmínky nepodporující výskyt škůdců dřeva.

Langenbach (2008) k podobě dřevěných staveb, u nichž se nám již dochovaly příklady, uvádí: „Contemporary and historical timber buildings can be divided into those where the entire structural and enclosure systems consist of wood products, and those where timber is combined with other materials. Most likely, the oldest forms of timber construction still recognizable in modern practice were log buildings. Saws and nails were tools that allowed transition from systems of stacked logs to the use of braced timber frames.(...) The development of what became known as the balloon frame, which evolved into the platform frame (...) originated in Chicago, USA, and is pervasive to this day.“<sup>1</sup>

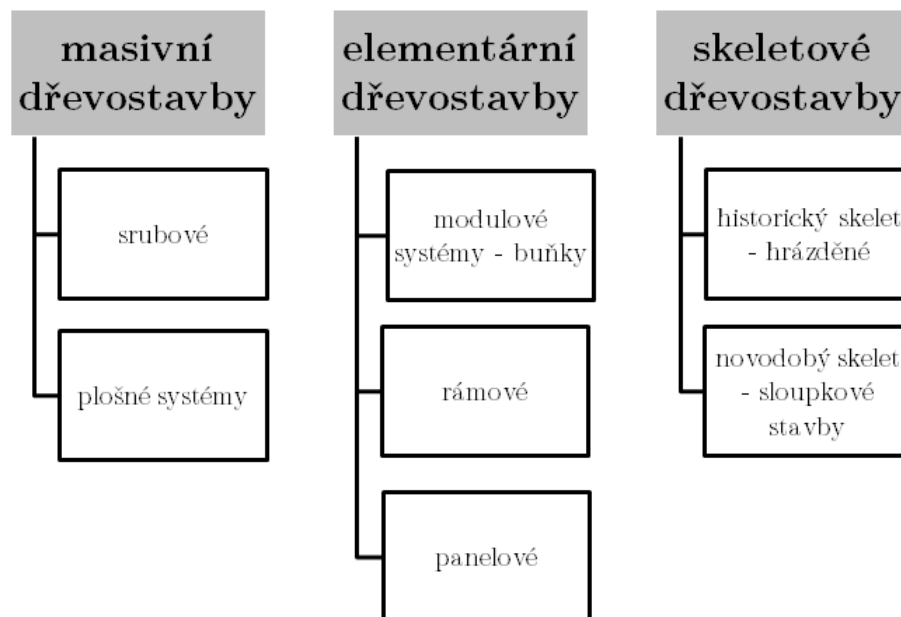
Zatímco v některých oblastech světa, jako jsou Spojené státy, Kanada nebo Skandinávie, představují dřevostavby stále velké procento nově zhotovených staveb, jinde došlo v průběhu času k výraznému omezení výstavby dřevostaveb, které v průběhu posledních desetiletí (pro srovnání viz Kohout a Tobek, 1996) opět získávají na oblibě.

Omezení dřevěné výstavby v našich oblastech bylo spojeno zejména s obavami z požáru, eventuálně napadení konstrukce škůdci. I v pro dřevostavby tradičních zemích prochází v průběhu času k proměnám dřevěných staveb, spojených se zhoršením dostupnosti a kvality dřevěných prvků.

Roy (2004) píše: „A balloon frame, popular about 100 years ago, is a special type in which the vertical members, now known as studs, were quite long spanning from first

---

<sup>1</sup>Současné a historické dřevěné stavby mohou být děleny na ty, jejichž celý nosný systém i obálka budovy je tvořen produkty ze dřeva, a na ty, kde je dřevo kombinováno s dalšími materiály. Nejspíše nejstarší forma dřevěného stavění, kterou stále můžeme rozpoznat v moderní praxi, jsou roubené stavby. Pily a hřebíky jsou nástroje, které umožnily přechod ze soustavy na sebe naskládaných klád k užívání vyztužených dřevěných rámu. (...) Vývoj toho, co dnes známe jako balloon frame (rámová dřevostavba s tyčovými prvky průběžnými přes několik pater, pozn. překl.), který se vyvinul v platform frame (rámová dřevostavba), započal v Chicagu ve Spojených státech a převažuje dodnes.



OBR. 3. Schéma rozdělení staveb na bázi dřeva podle druhu nosného systému (podle Vaverka et al., 2008).

story right through the second story. This is uncommon now, with most stories built independently using the ubiquitous eight-foot stud.<sup>2</sup> Ustupování od průběžných dřevěných prvků je bezpochyby spojeno s horší dostupností dostatečně dlouhých dřevěných sloupků.

Současné v Evropě používané konstrukční systémy dřevěných staveb lze v zásadě rozdělit do tří základních proudů (dělení převzato z Vaverka et al., 2008) *stavby masivní, elementární dřevostavby a dřevostavby sloupkové*. Zatímco první skupina se vyvinula ze srubových staveb, a ve své konstrukci tak obsahuje poměrně velký objem masivního dřeva, druhé dva způsoby reprezentují stavění z tyčových prvků. S jiným způsobem rozdělení se můžeme setkat například v publikaci *Dřevěné a kovové konstrukce* (Jelínek, 2008).

Skeletové stavby jsou typické nosnou kostrou z dřevěných sloupků, která přenáší veškerá zatížení působící na konstrukci do základů. Historickým příkladem takové stavby jsou stavby hrázděné, moderní varianty užívají pro převod zatížení do základů subtilnější dřevěné prvky.

Oproti tomu u staveb elementárních přenáší část zatížení spolupůsobící výztužné opláštění nebo stěny a jedná se o stěnový konstrukční systém. Elementární konstrukční systémy se pak dále dělí na *modulový systém výstavby* (kdy je základním stavebním prvkem buňka), *panelovou výstavbu* (kdy je základním prvkem panel, který je hotový již včetně tepelné izolace a opláštění) a *rámové konstrukce*, kdy je z přířezů jednotného profilu sestaven dřevěný rám na výšku jednoho podlaží na staveništi. Dělení znázorňuje schéma 3.

<sup>2</sup>Balloon frame, častý před asi sto lety, je speciálním typem (rámových konstrukcí, pozn. překl.), ve kterém svislé prvky, nyní známé jako sloupky, byly vcelku dlouhé, překlenující šířku od prvního až po horní rám druhého podlaží. To je nyní neobvyklé, většina podlaží je budována nezávisle s použitím všudypřítomného osm stop dlouhého sloupku.

Kolb (2010) rámové konstrukce popisuje následujícím způsobem: „Nosná konstrukce rámových staveb sestává z tyčové nosné kostry, z řeziva a z pláště stabilizujícího nosnou kostru. Tyčová nosná kostra přitom přenáší svislá zatížení ze střechy a mezipatrových stropů, zatímco pláště z desek na bázi dřeva přenášejí vodorovná zatížení, která vznikají účinkem větru a výztužných sil.“

Někdy je pro rámové konstrukce, které mají ve své současné podobě původ především v USA, užíván alternativní pojem *two-by-four* ( $2 \times 4$ ), který vychází z nejrozšířenějšího průřezu základních konstrukčních prvků řeziva (v palcích). Růžička (2014) nicméně pojem *two-by-four* používá úžeji, jako „fošnový rámový systém dřevostavby“, kdy je tato dřevostavba budována na přímo na staveništi. Je pravda, že americké publikace k tomuto tématu (např. Anderson, 1973, nebo Sherwood, 1990) se vztahují spíše k výstavbě přímo na místě budoucí stavby.

Tuhost rámu a jeho schopnost přenášet zatížení je závislá na třech základních parametrech (podle Růžičky, 2014).

- (1) Dimenze a tuhost spojení tyčových prvků;
- (2) dimenze a tuhost opláštění;
- (3) tuhost spojení mezi dřevěným rámem a opláštěním.

**2.1.2. Ploché střechy.** Zelená střecha domu navrhovaného v předkládané bakalářské práci je příkladem ploché střešní konstrukce. Podle ČSN 73 1901 je plochá střecha taková střešní konstrukce, jejíž sklon vnějšího povrchu je menší nebo roven  $5^\circ$ , tj. 8,75 %.

Z historického hlediska mají ploché střechy tradici spíše v oblastech s nízkými srážkami, v našich oblastech bylo jejich budování umožněno zejména s rozvojem nových stavebních materiálů ve 20. století. Plochá střechy je neodmyslitelně spojena se stavbami ve funkcionalistickém stylu, kde se objevovaly jak ve formě ozeleněné střechy, tak jako pobytová terasa. Corbusier (1925) ve své knize *Vers une architecture* výslovně uvádí „La construction de béton armé a déterminé une révolution dans l'esthétique de la construction. Par la suppression du toit et son remplacement par les terrasses, le ciment armé conduit à une nouvelle esthétique du plan jusqu'ici inconnue.“<sup>3</sup>

Čermáková a Mužíková (2009) nicméně oprávněně uvádí, že až do roku 1989 se v konstrukcích plochých střech vyskytovaly časté poruchy zapříčiněné nedostatečnou kvalitou použitých materiálů (zejména hydroizolace), nevhodnými skladbami jednotlivých vrstev a technologickou nekázní při realizaci.

Vlastnosti hydroizolačního materiálu jsou pro dlouhodobou funkčnost ploché střechy klíčové. Podle Novotný et al. (2014) až do 70. let 20. století převažovaly dehtové materiály, které byly následně nahrazovány oxidovanými hydroizolačními materiály s výztužnými vložkami nejprve na bázi lepenek a následně skleněných vláken. Od 90. let se pak ve větší míře uplatňují na jedné straně modifikované asfaltové materiály a na straně druhé syntetické fólie. Bohuslávek (2007) doporučuje u těch hydroizolačních vrstev, které jsou v době provozu zakryty těžko demontovatelnými konstrukcemi (např. zelenou střechou) provést před jejich zakrytím zkoušku těsnosti.

---

<sup>3</sup>Stavění z železobetonu rozhodlo o revoluci ve vzhledu staveb. Potlačení střechy a jejím nahrazením terasami, železobeton vedl k nové, dosud neznámé, estetice návrhu.



Z hlediska existence a počtu provětrávaných mezer uvnitř střešní konstrukce dělíme ploché střechy na

- (1) **jednoplášťové**, které žádnou větranou mezeru neobsahují,
- (2) **dvouplášťové**, které obsahují jednu větranou mezeru,
- (3) **víceplášťové**, kde je počet větraných mezer větší nebo roven dvěma.

Čermáková a Mužíková (2009) uvádějí, že jednoplášťové střechy jsou v ČR nejrozšířenější. Podle Růžičky (2009) vzhledem k nedostupnosti vhodného izolačního materiálu nelze budovat tyto střechy jako difúzně otevřené a je proto zásadní správně provést a zajistit funkčnost parozábrany. Vzhledem k zatížení, které do střešní konstrukce přináší vegetační vrstvy, jsou ozeleněné střechy v drtivé většině projektovány jako jednoplášťové.

V případě budování dvou a víceplášťových plochých střech je nutné vyřešit problém zajištění dostatečného proudění vzduchu tak, aby skutečně docházelo k odvádění vodních par zevnitř konstrukce.

Ploché střechy lze také dělit podle pořadí vrstev jejich skladby. Obecně lze u plochých střech rozeznávat následující základní vrstvy (podle Novotný et al., 2014).

- (1) *Provozní vrstva*, vrstva u vnějšího povrchu střechy;
- (2) *hydroizolační vrstva*, vodotěsná izolace chránící vrstvy střešního pláště i prostor domu pod ním před atmosférickými vlivy;
- (3) *roznášecí vrstva*, vrstva zajišťující rovnoměrnější rozložení zatížení na provozní vrstvu střechy;
- (4) *separační vrstva*, vrstva oddělující dvě jiné vrstvy (z důvodů výrobních, mechanických, chemických aj.);
- (5) *tepelněizolační vrstva*, vrstva omezující nežádoucí tepelné zisky a ztráty objektu;
- (6) *parotěsná vrstva*, vrstva omezující (difúzně otevřené střechy) či zamezující (difúzně uzavřené skladby) pronikání vodní páry do vrstev střešní konstrukce;
- (7) *spádová vrstva*, vrstva zajišťující dostatečný sklon nad ní položených vrstev tak, aby mohla odtékat ze střešního pláště voda;
- (8) *nosná konstrukce střechy*;
- (9) *vnitřní povrchová vrstva*.

Pořadí těchto vrstev může být v závislosti na typu konstrukce odlišné od výše uvedeného výčtu. Stejně tak se některé vrstvy nemusí v konstrukci vyskytovat, případně může jedna vrstva střešního pláště plnit více funkcí.

Čermáková a Mužíková (2009) uvádějí následující rozlišení podle pořadí a výskytu vrstev.

- **Plochá střecha bez tepelné izolace**,
- **plochá střecha s klasickým pořadím vrstev**, kdy je hydroizolační vrstva umístěna na vrchním líci střešního pláště, tj. nad tepelnou izolací,
- **plochá střecha s obráceným pořadím vrstev**, kdy je hydroizolace až pod vrstvou voděodolné tepelné izolace, která je svrchu zatížena,
- **DUO a PLUS ploché střechy**, což jsou skladby používané při rekonstrukcích, které na stávající izolační vrstvu přidávají buď izolaci a novou hydroizolaci (PLUS), nebo voděodolnou tepelnou izolaci a stabilizační vrstvu (DUO).

Stejná literatura (Čermáková a Mužíková, 2009) uvádí jako obzvláště vhodnou k ozelenění klasickou skladbu ploché střechy, kde je tepelná izolace objektu chráněna před

poškozením vegetací vrstvou hydroizolace. Zároveň je tímto pořadím vrstev zajištěno, že do tepelné izolace neproniká vlhkost ze zelené střechy.

## 2.2. Zelené střechy

Termínem *zelená* nebo *ozeleněná* střecha rozumíme takovou střešní konstrukci, která je ze svrchní strany alespoň částečně pokryta půdou a vegetací. ČSN 73 1901- *Navrhování střech - základní ustanovení* rozlišuje pouze dvě skupiny ozeleněných střech - *klasická pěstební souvrství s intenzivní zelení* a *úsporná pěstební souvrství s extenzivní zelení*. V praxi se nicméně uplatňuje dělení jemnější tak, jak je pojato v této bakalářské práci a také v odborné literatuře Čermáková a Mužíková (2009). Podle míry potřebných zahradnických zásahů a původu rostlinného společenstva rozlišujeme zelené střechy *biotopní, intenzivní, polointenzivní a extenzivní*.

Biotopní zelené střechy představují přístup, při němž není připravené střešní souvrství osázeno, ale je postupně ozeleněno náletovými druhy rostlin z nejbližšího okolí. Intenzivní zelené střechy jsou v jistém smyslu střešními zahradami se vším, co to obnáší, včetně nutnosti péče a zavlažování. Polointenzivní zeleň vyžaduje v našich podmínkách minimální údržbu a zejména dostatek vláhy a dostatečnou mocnost substrátu. Péče o extenzivní zeleň pak zahrnuje pouze občasné odstranění nežádoucích náletových rostlin.

Na rozdíl od jiných, např. skandinávských zemí, nemá na našem území záměrné budování vegetací pokrytých střech příliš velkou tradici. Za výjimku v tomto směru můžeme považovat některé stavby výrazně reprezentačního charakteru, kde byly střešní zahrady dokladem společenského postavení majitelů. V době svého vzniku však byly považovány za naprosté rarity a ani dnes není ozelenění střechy v českých podmínkách standardním řešením střešního pláště.

Funkční a bezproblémová realizace zelené střechy byla umožněna až s rozvojem technologie hydroizolací v době od počátku 20. století a zejména pak od 80. let 20. století. K významnějším realizacím zelených střech pak v České republice došlo v období po roce 2000; některé z těchto staveb jsou popsány níže v části 2.2.7.

**2.2.1. Výhody a nevýhody zelených střech.** Z hlediska stavby samotné představuje vrstva substrátu zlepšení tepelně-izolačních vlastností střešního souvrství. Do jaké míry je tato změna znatelná závisí na druhu použité skladby zelené střechy a tloušťce vegetačního souvrství, obecně je však možné říci, že instalace vegetační vrstvy snižuje rychlost teplotních výkyvů ve vnitřním prostředí a snižuje tak náklady spojené s klimatizací vnitřního prostoru budovy.

Schopnost tlumit náhlé změny teplot také prodlužuje životnost pod vegetační vrstvou umístěné hydroizolace a chrání tuto hydroizolaci před degradačním působením UV paprsků a mechanickým poškozením např. kroupami apod.

Z požárního hlediska je zelená střecha považována za nehořlavou a má výtečné akustické vlastnosti v tom smyslu, že izoluje vnitřní prostředí od okolního hluku. V neposlední řadě jsou zde výhody estetické a u pobytových zelených střech přidaná hodnota pro relaxaci využitelné střešní plochy.

Kladný environmentální dopad zelené střechy se nicméně neprojevuje pouze ve zlepšených tepelně izolačních schopnostech samotné stavby, ale přesahuje i do jejího okolí. Ozeleněná střecha má totiž velmi dobrou retenční schopnost, a je tedy schopná přispívat ke zlepšení hospodaření se srážkovou vodou v urbanizované oblasti.

V současné době dochází z mnoha důvodů k rozvolňování zástavby českých sídel, kdy se nová výstavba nekoncentruje do center měst a obcí, ale dochází k přeměně účelu pozemků v bezprostředním okolí obcí ze zemědělského využití na stavební parcely. Na periferii tak vznikají jednak zóny nejrůznějších skladů a překladišť, jednak obytné zóny obvykle spíše samostatně stojících rodinných domů.

Důsledkem takovéto nekoncentrované výstavby je zábor půdy a změna schopnosti území vstřebávat srážkovou vodu, kdy samozřejmě schopnost vsakování je u asfaltové vrstvy místní komunikace, zatravněné oblasti zahrady a původní polní kultury diametrálně odlišná. V důsledku toho je zapotřebí řešit změněnou situaci v nově urbanizovaném území pomocí promyšleného nakládání se srážkovými vodami. V duchu udržitelného rozvoje je pak žádoucí provádět taková opatření, která snižují nežádoucí srážkový odtok. Jedním z těchto opatření může být budování vegetačních střech.

Problematikou nakládání se srážkovou vodou odtékající z urbanizovaného území se zabývají především norma ČSN 75 9010 - *Vsakovací zařízení srážkových vod* a tuto normu rozšiřující TNV 75 9011 - *Hospodaření se srážkovými vodami*. Obě normy formulují přístup státních orgánů k trendům a problematice vodního a stavebního práva v této oblasti.

Úkolem výše zmíněných dokumentů je upravit způsob vytváření nově urbanizovaných území takovým způsobem, aby zde došlo k co nejmenšímu snížení retenční schopnosti dané plochy a došlo k vytvoření přírodě blízkého systému nakládání se srážkovou vodou v duchu idejí udržitelného rozvoje. Pozornost je soustředěna na zachování přirozené bilance vody v území po jeho urbanizaci.

Důležitou součástí normy TNV 75 9011 je důraz na hospodaření s dešťovými vodami tzv. decentrálním způsobem odvodnění, který je zde definován jako „způsob odvodnění, který se zabývá nakládáním se srážkovými vodami přímo v místě jejich vzniku (tj. zpravidla přímo na pozemku stavby, z níž jsou srážkové vody odváděny, či v těsném sousedství komunikace, z níž jsou srážkové vody odváděny) a vrací srážkové vody do přirozeného koloběhu vody“<sup>4</sup>. Tato norma dále uvádí: „Na stavebním pozemku má být podporován výpar srážkové vody do ovzduší za účelem zachování zdravého mikroklimatu urbanizované oblasti. Doporučuje se, aby alespoň 30 % z celkové zastavěné plochy pozemku bylo uzpůsobeno tak, aby se část zadržené vody mohla vypařit do ovzduší přímo (evaporace) nebo prostřednictvím vegetace (transpirace). Toho lze dosáhnout např. prostřednictvím vegetačních střech či vegetačních krytů fasád“<sup>5</sup>.

Jakýkoliv vegetační pokryv urbanizovaného území totiž výrazně zvyšuje ekologickou kvalitu daného území. V sušších obdobích vzdoruje voda vsáknutá v kořenových systémech vegetace odparu mnohem lépe než otevřené vodní plochy a daří se tak udržovat lepší mikroklima. V případě přívalových dešťů naopak schopnost vsakování zabraňuje části vody, aby se valila po zcela vodu nepřijímajících površích, jako např. komunikacích, a nadbytečná voda je z vegetace uvolňována postupněji, což zmenšuje míru vodní eroze. Schopnost zadržet vodu také snižuje míru její kontaminace, protože po povrchu tekoucí voda přichází v mnohem větší míře do kontaktu s pesticidy, těžkými kovy a také dusičnany, které následně kontaminují vodu v řekách a vodních plochách. Míru retenční

---

<sup>4</sup>čl. 3.5

<sup>5</sup>čl. 4.1.3

schopnosti zelených střech ovlivňují (podle VanWoert et al., 2005) zejména následující faktory:

- *povrch (charakter vegetačního pokryvu),*
- *tloušťka a druh použitého substrátu,*
- *sklon střechy.*

Mezi další významné ekologické faktory patří v hustěji urbanizovaných územích také schopnost zvyšovat kvalitu ovzduší mimo jiné zachycováním prachových částic a některých chemických sloučenin (podle Banting et al., 2005, s. 24), jakýkoliv rostlinný pokryv navíc fotosyntetizuje a tím okysličuje okolní vzduch. Zvýšený výskyt vegetace také omezuje vznik tzv. *urban heat islands* („městských tepelných ostrovů“) omezením tepelného vyzařování budov (taktéž Banting et al., 2005, s. 12). Urbánní vegetační pokryv je také schopen částečně tlumit hlučnost prostředí (Yang, Kang et Choi, 2011).

Jistou nevýhodou zelených střech je nutnost zvýšené péče při návrhu a především při realizaci hydroizolační vrstvy. Bezproblémové provedení hydroizolace v sobě zahrnuje i instalaci separační vrstvy, která zamezuje poškození hydroizolace kořenovými systémy osazených rostlin, pokud se nejedná o izolaci, která je již sama o sobě vůči prorůstání kořenů odolná.

Podle mocnosti substrátu a z toho plynoucí hmotnosti střešní konstrukce je třeba také dimenzovat nosné konstrukce na případná z toho plynoucí vyšší zatížení. Tyto vlivy jsou blíže popsány v části 2.2.6.

Další nevýhody poté mohou plynout z konkrétně použitých rostlinných společenstev, která mohou do okolí vylučovat alergeny a produkovat biologické znečištění jako např. listí, odpadávající kůru, odkapávající medovici apod. V případě pochozích střech je třeba s rozmyslem řešit zabezpečení okrajů střechy tak, aby nemohlo dojít k pádu osob, a to zejména dětí. Výrazným faktorem snižujícím počet realizací zelených střech v ČR je pak vyšší pořizovací cena.

Konstrukci zelených střech v ČR upravuje norma ČSN 73 1901 *Navrhování střech - základní ustanovení*. V zásadě lze požadavky na funkčnost zelené střechy vyjádřit následujícím způsobem.

Úspěšný projekt zelené střechy

- (1) zabraňuje pronikání vlhkosti z vnějšího prostředí do interiéru;
- (2) zabraňuje unikání tepla a naopak chrání vnitřní prostředí před slunečním zářením;
- (3) splňuje statické požadavky na bezpečnost;
- (4) splňuje požadavky na požární bezpečnost;
- (5) splňuje estetické požadavky investora a také investory představy o využití;
- (6) je vybudován se zajištěním dostatečné trvanlivosti.

**2.2.2. Skladba zelených střech.** Zelené střechy jsou, stejně jako jakékoli jiné řešení střešního povrchu, složeny z vrstev, které ve své kombinaci zajišťují správnost fungování zvoleného řešení. Skladbu zelené střechy lze typicky rozdělit na dvě části.

- *Vegetační souvrství;* tj. svrchní část skladby zelené střechy, která zajišťuje růst rostlin a správné nakládání s vodou;
- *Souvrství střešního pláště;* tj. vrstvy střechy typicky pod hlavní hydroizolační vrstvou.

Vegetační souvrství lze dále dělit na

- vrstvu vegetace;
- substrát;
- hydroakumulační vrstvu;
- filtrační/separační vrstvu;
- drenážní vrstvu.

Pořadí vrstev je pouze orientační, stejně tak může ve skladbě jedna vrstva vykonávat více funkcí. Například nopové fólie a tvarované desky z polystyrenu v sobě sdružují hydroakumulační a drenážní vrstvu. V takovém případě je separační vrstva, obvykle geotextilie, umístěna nad nimi.

Souvrství střešního pláště ve skladbě řeší hydroizolační, tepelně-izolační a nosné funkce. Hydroizolace musí být chráněna před degradačním působením kořínků rostlin. V současné době jsou již na trhu hydroizolační materiály s úpravou proti pronikání kořenů (modifikované asfaltové pásy s aditivou proti prorůstání kořenů nebo testované hydroizolační fólie), případně je možné hydroizolaci chránit speciální PE fólií či jinak.

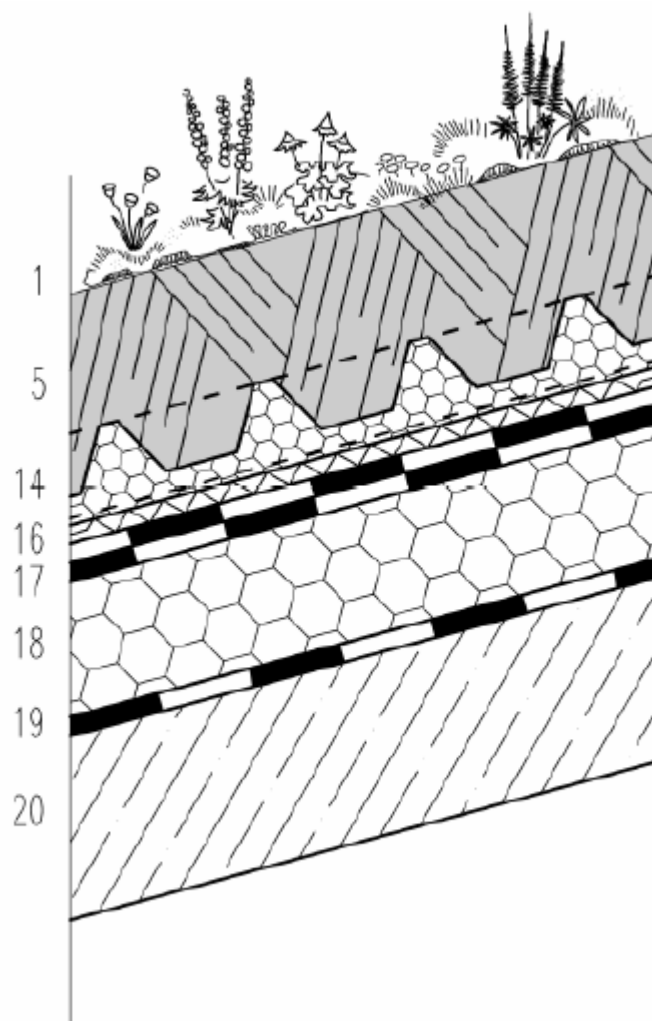
Zelené střechy lze budovat jak na šikmých, tak na plochých střechách, i když samozřejmě plochá střecha je pro ozelenění vhodnější (i z toho hlediska, že může sloužit k pobytu). V případě šikmých zelených střech odpadá nutnost zajišťovat drenáž vegetačního souvrství (neboť voda samovolně gravitací odečte), zároveň však je nutné zajistit dostatečné kotvení vrstev zelené střechy tak, aby se nesesouvaly k okraji střechy, a je také nutné zabránit odplavení živného substrátu dešťovou vodou pryč. Varianty provedení šikmé zelené střechy pro mírný a strmý sklon zobrazují obrázky 4 a 5.

V případě prostupu svislých konstrukcí skladbou zelené střechy je vhodné oddělit tyto prostupující konstrukce (např. komín, větrací komínek) od skladby vegetačního souvrství filtrační vrstvou a pásem šterkového nebo mulčového násypu. Stejným způsobem je vhodné řešit vstup na střechu a oddělit takto také vegetaci od atiky a chodníků z jiných materiálů. Příklady těchto řešení zachycují obrázky 6, 7 a 8.

**2.2.3. Intenzivní zelené střechy.** Jak již bylo výše zmíněno, jedním ze způsobů, jakým můžeme kategorizovat různé konkrétní realizace ozeleněných střech, je dělit je na základě intenzity údržby zajišťující jejich funkčnost. Jedná se zejména o údržbu ve smyslu udržení trvanlivosti a estetických kvalit zelené střechy.

Intenzivní zelené střechy jsou takové pochozí vegetační porosty, které pro udržení svého charakteru vyžadují zahradnické zásahy. V případě, že by došlo k zanedbání této údržby, vysazený porost uhyne a v důsledku toho dojde k výraznému snížení užitných hodnot celého střešního pláště – zhoršení estetického vjemu, snížení retenční schopnosti, erozi substrátu a s tím spojené ztrátě tepelně-technických kvalit.

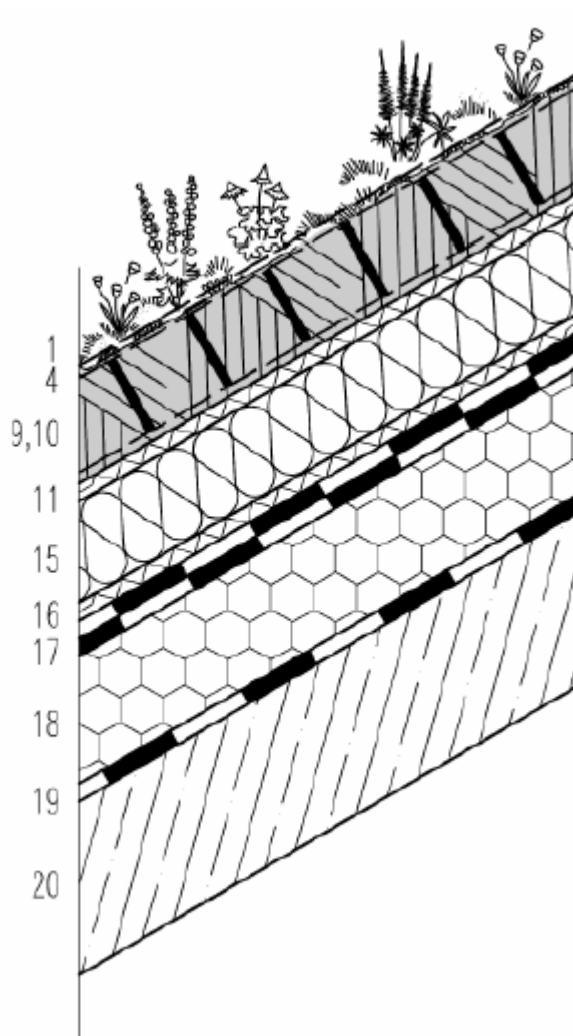
V praxi intenzivní zelené střechy vyžadují tloušťku substrátu větší než 300 mm, ale často se setkáváme i s mocností celé vrstvy až okolo 1 m, která již umožňuje vysazení keřů a drobných forem stromů. Intenzivní zelené střechy vyžadují řešení zavlažování vysazených druhů, obvykle podpovrchovým zavlažovacím systémem. Výhodou takového řešení je realizace skutečné střešní zahrady s možností využití k relaxaci apod., nevýhodou je nutnost péče. Mocnost celého souvrství vyžaduje nosné konstrukce s vysokou únosností, navíc tento typ zelených střech takřka nelze realizovat na výrazněji svažité střechy. Na druhou stranu má větší vrstva substrátu lepší tepelně-izolační vlastnosti. Jednu z možných variant skladby intenzivní zelené střechy zachycuje obrázek 9.



OBR. 4. Varianta provedení šikmé zelené střechy pro sklon 5 – 25°. 1. Vegetace tvořená suchomilnými rostlinami; 5. Vrstva substrátu 80-100 mm - při sklonech nad 15° substrát jištěn v plastovém roštu; 14. Filtrační, drenážní a hydroakumulační vrstva - tvarovaná deska z pěnového polystyrenu; 16. Ochranná vrstva z netkané polypropylenové textilie o plošné hmotnosti nejméně 300 g/m<sup>2</sup>; 17. Hlavní hydroizolační vrstva s úpravou odolávající prorůstání kořenů; 18. Tepelná izolace; 19. Pojistná hydroizolace; 20. Nosná stropní konstrukce. Převzato z Bohuslávek et al., 2009.

Čermáková a Mužíková (2009) uvádějí pro skladbu intenzivní vegetační střechy orientační plošnou hmotnost v plně nasyceném stavu 300 a více kg/m<sup>2</sup> a cenu přibližně 2300 - 7900 Kč/m<sup>2</sup>.

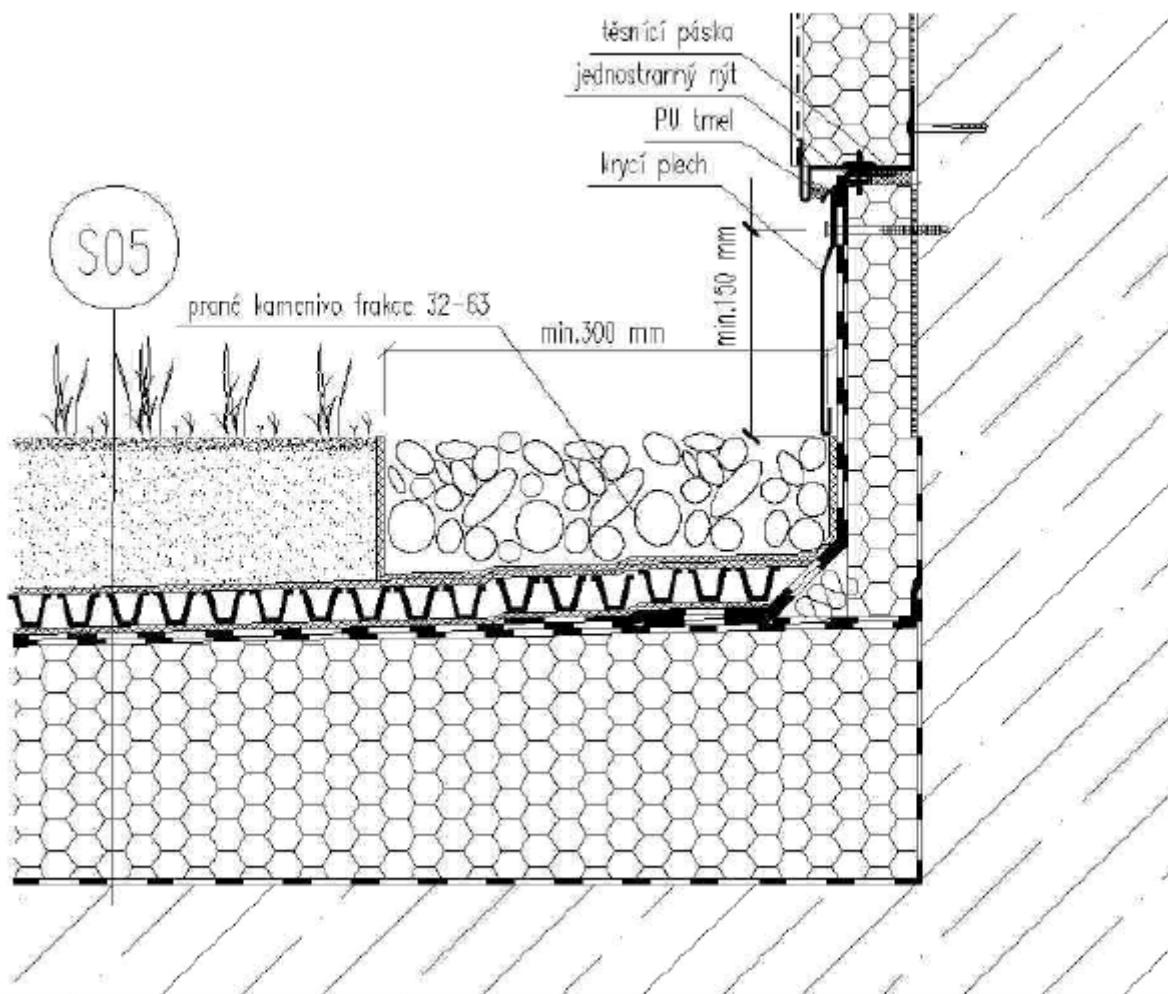
**2.2.4. Polointenzivní zelené střechy.** Jedná se o přechodný charakter ozelenění mezi intenzivní a extenzivní zelení. Tloušťka substrátu se pohybuje mezi 150 až 300 mm, takže je stále poměrně velká, ale vysazené druhy obvykle nevyžadují velkou péči kromě zajištění dostatečné vláhy. Tento druh zelené střechy je obvykle řešen jako pochozí. Variantu řešenou jako travnatou plochu můžeme vidět na obrázku 2.2.3.



OBR. 5. Varianta provedení šikmé zelené střechy pro sklon 25 – 40°. 1. Vegetace tvořená suchomilnými rostlinami; 4. Stabilizační tkanina; 9. + 10. Vrstva substrátu 80 – 100 mm – substrát jištěn v plastovém roštu; 11. Filtrační vrstva z netkané polypropylenové textilie o plošné hmotnosti nejméně 200 g/m<sup>2</sup>; 15. Hydroakumulační vrstva – hydrofilní deska z minerálních vláken; 16. Ochranná vrstva z netkané polypropylenové textilie o plošné hmotnosti nejméně 300 g/m<sup>2</sup>; 17. Hlavní hydroizolační vrstva s úpravou odolávající prorůstání kořenů; 18. Tepelná izolace; 19. Pojistná hydroizolace; 20. Nosná stropní konstrukce. Převzato z Bohuslávek et al., 2009.

Čermáková a Mužíková (2009) uvádějí pro skladbu polointenzivní vegetační střechy orientační plošnou hmotnost v plně nasyceném stavu 120-350 kg/m<sup>2</sup> a cenu přibližně 1730 - 4600 Kč/m<sup>2</sup>.

**2.2.5. Biotopní a extenzivní zelené střechy.** Extenzivní zelené střechy jsou taková střešní vegetační souvrství, která v našich podmínkách nevyžadují žádnou údržbu. Speciálním případem takových střech jsou pak střechy biotopní, na něž nejsou rostliny cíleně vysazovány, ale počítá se s přirozeným náletem okolních rostlinných druhů a založením



OBR. 6. Detail řešení napojení zelené střechy a přiléhající obvodové stěny. Převzato z Bohuslávek et al., 2009.

přirozeného biotopu. Jednu z možných variant provedení extenzivního ozelenění suchomilnými rostlinami představuje obrázek 10.

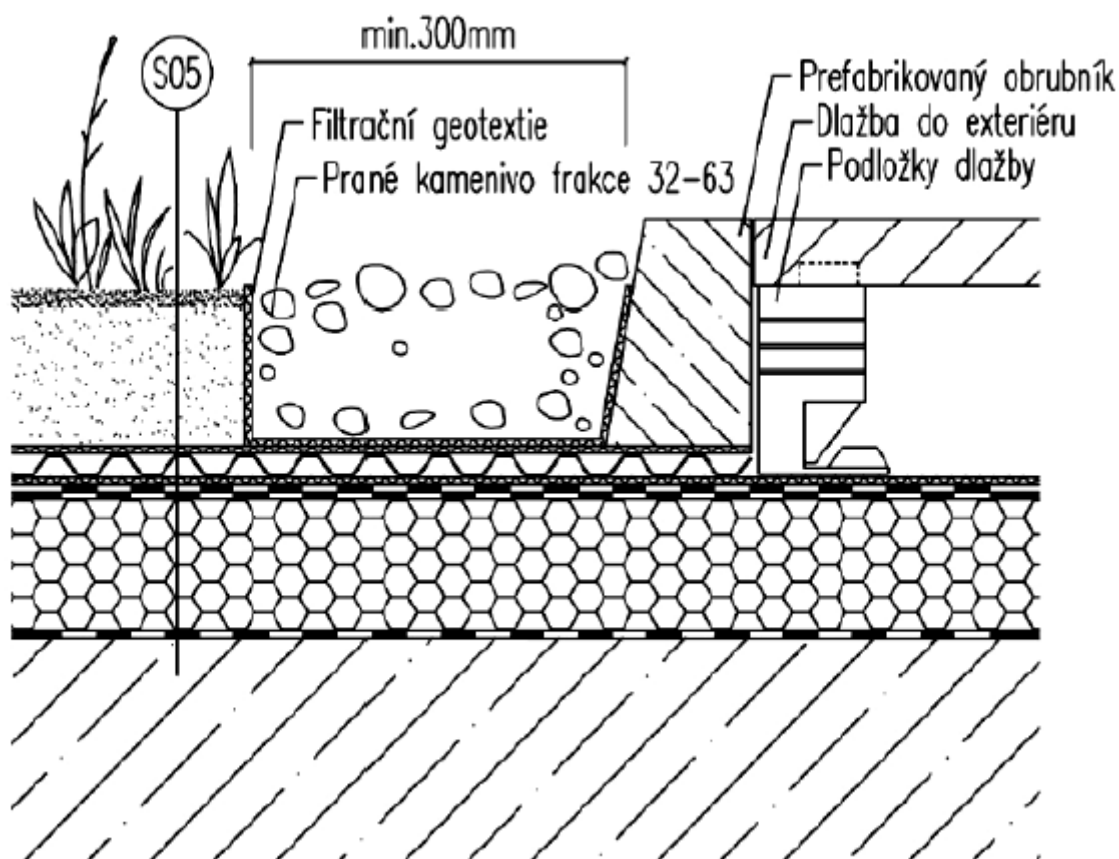
Ze všech ozeleněných střech vyžadují nejmenší vrstvu substrátu (60-200 mm, v extrémních případech pouze 20 mm), obvykle nejsou navrhovány k pobytu a péče spočívá pouze v občasném odstranění nežádoucích náletů. Tento druh střech je vhodný i na rekonstrukce, tj. pro instalaci ozelenění na již existující střešní skladbu, a to obvykle bez nutnosti zvyšovat únosnost existujícího nosného systému.

Čermáková a Mužíková (2009) uvádějí pro skladbu extenzivní vegetační střechy orientační plošnou hmotnost v plně nasyceném stavu 60-300 kg/m<sup>2</sup> a cenu přibližně 1430 - 3300 Kč/m<sup>2</sup>.

## 2.2.6. Vliv ozelenění na konstrukci a funkci střechy.

2.2.6.1. *Vliv ozelenění na nosnou konstrukci.* Jak již bylo výše zmíněno, přítomnost substrátu a vegetační vrstvy na povrchu střechy s sebou nese zvýšené zatížení nosné konstrukce, které je zapotřebí zohlednit při zajišťování statické bezpečnosti celé stavby. Při navrhování ozelenění je zapotřebí ověřit, zda po celou dobu životnosti a ve všech situacích střešní skladba staticky vyhoví, tj. nedojde k překročení žádného z mezních stavů (zejm.





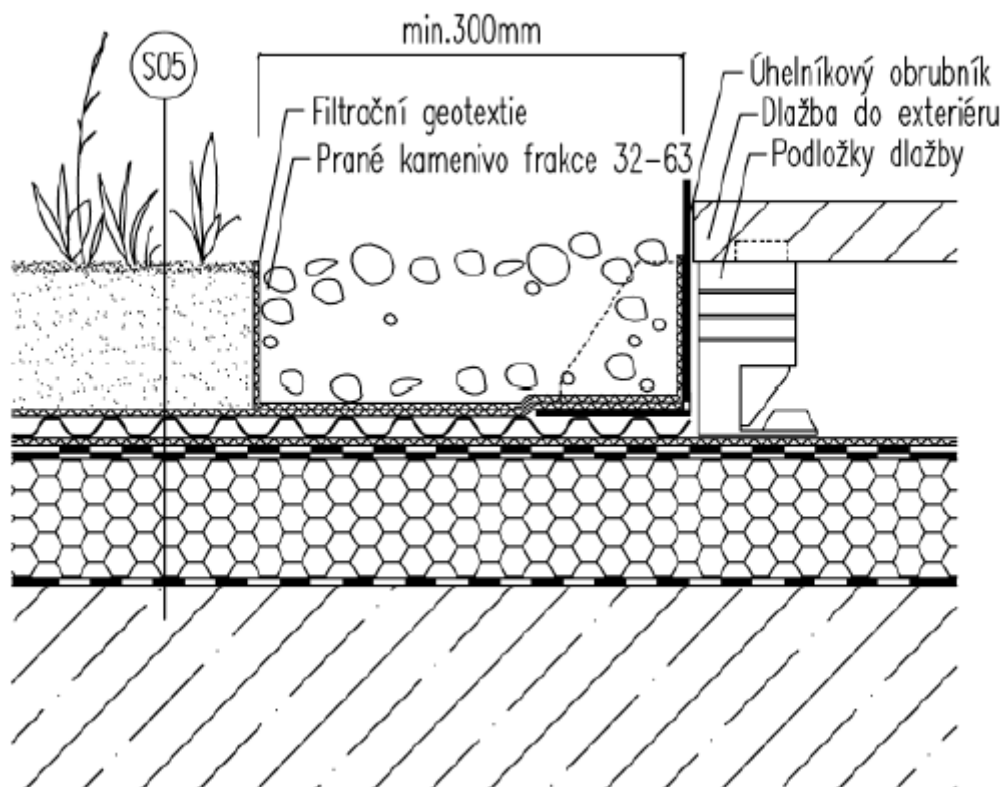
OBR. 7. Detail řešení napojení zelené střechy a betonového chodníku.  
Převzato z Bohuslávek et al., 2009.

*mezního stavu únosnosti, mezního stavu použitelnosti*). Pro výpočet zatížení ozeleněných střech se uvažují zatížení stálá a zatížení nahodilá.

Do stálých zatížení se započítává střešní souvrství včetně tíhy nosné konstrukce střechy a veškerého vybavení trvale umístěného na střeše. Obvykle se při tom vychází z objemových hmotností použitých materiálů, u těch součástí souvrství, kde je objemová hmotnost proměnlivá (zde např. vrstvy, v nichž kolísá obsah vody), je nutné při výpočtu vycházet z té objemové hmotnosti, která je pro navržený profil a veličinu nejméně příznivá. Další možností je převést rozdíl mezi maximální a minimální tíhou (způsobený proměnlivou vlhkostí) do nahodilých zatížení.

Vegetaci, kterou na střeše pěstujeme, zahrnujeme do plošného zatížení s kolísající hodnotou podobně jako ty vrstvy, u nichž dochází ke změnám vlhkosti. Je totiž zapotřebí počítat i se situací nesprávné péče o vegetační střechu, např. nedostatečného odstraňování náletových dřevin a s tím spojeného nárůstu hmoty. Je možné převést solitérní rostliny nebo vysoké dřeviny na bodové zatížení, pokud je to pro právě posuzovaný profil a veličinu nejméně příznivé.

Z nahodilých zatížení hrají podle Čermákové a Mužíkové (2009) největší roli *užitné zatížení, zatížení sněhem, zatížení větrem, zatížení teplotou*.



OBR. 8. Jiná varianta řešení napojení zelené střechy a betonového chodníku. Převzato z Bohuslávek et al., 2009.

Užitné zatížení je takové nahodilé zatížení, které zahrnuje běžný pohyb osob po povrchu střechy a také výskyt přemístitelných předmětů. Podle normy ČSN EN 1991-1-1 rozlišujeme střechy podle přístupnosti na střechy

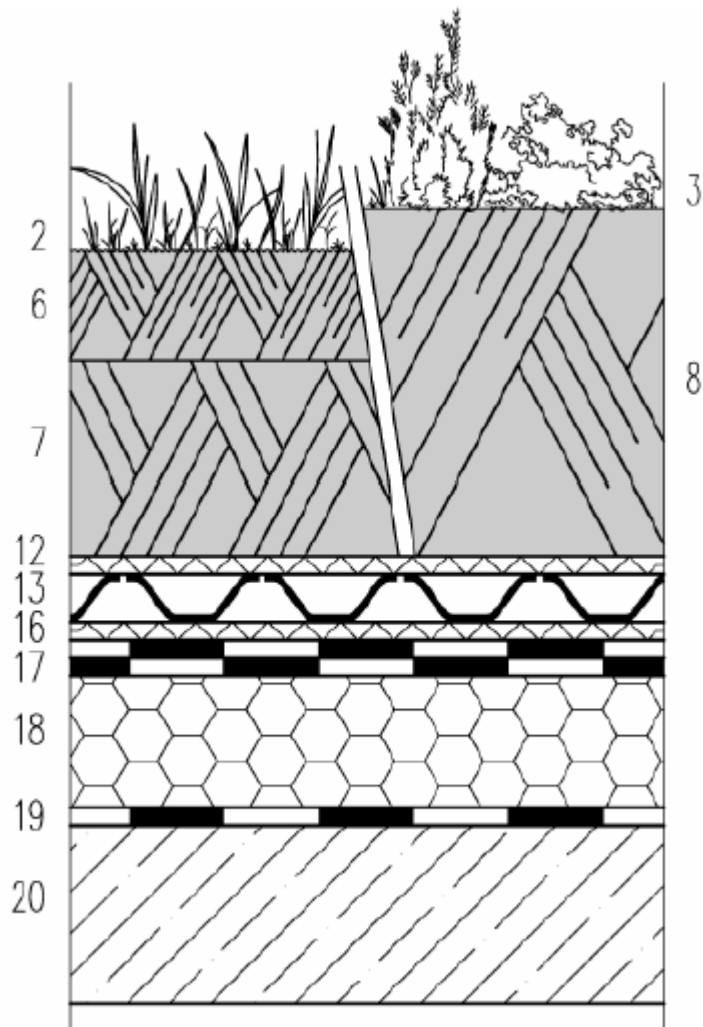
- (1) *nepřístupné*, kromě běžné údržby, nátěru a oprav;
- (2) *přístupné*, např. obytné, obchodní, dopravní a parkovací prostory;
- (3) *se zvláštním provozem*, např. heliporty.

Ozeleněných střech se obvykle týkají první dvě kategorie, kde jsou zatížení vyjádřena normovými hodnotami charakteristických normových zatížení  $q_k$  a soustředěných břemen  $Q_k$ , uvažovaných vždy odděleně a nezávisle na sobě.

Zatížení sněhem postihuje norma ČSN EN 1991-1-3, závisí na tvaru a sklonu střechy, jejích tepelných vlastnostech, místním klimatu a dalších vlivech. Přílohou normy je sněhová mapa rozdělující ČR na sněhové oblasti I - V, pro něž jsou stanoveny charakteristické hodnoty zatížení sněhem.

Zatížením větrem se zabývá norma ČSN EN 1991-1-4. Tlak větru způsobuje síly kolmé k povrchu pláště objektu, podle drsnosti povrchu pláště se případně mohou uplatnit i třecí síly v rovině pláště. Základní hodnotou pro stanovení zatížení větrem je z Mapy větrových oblastí ČR, která je přílohou normy, vycházející referenční rychlost větru  $v_{ref}$  závislá na nadmořské výšce.

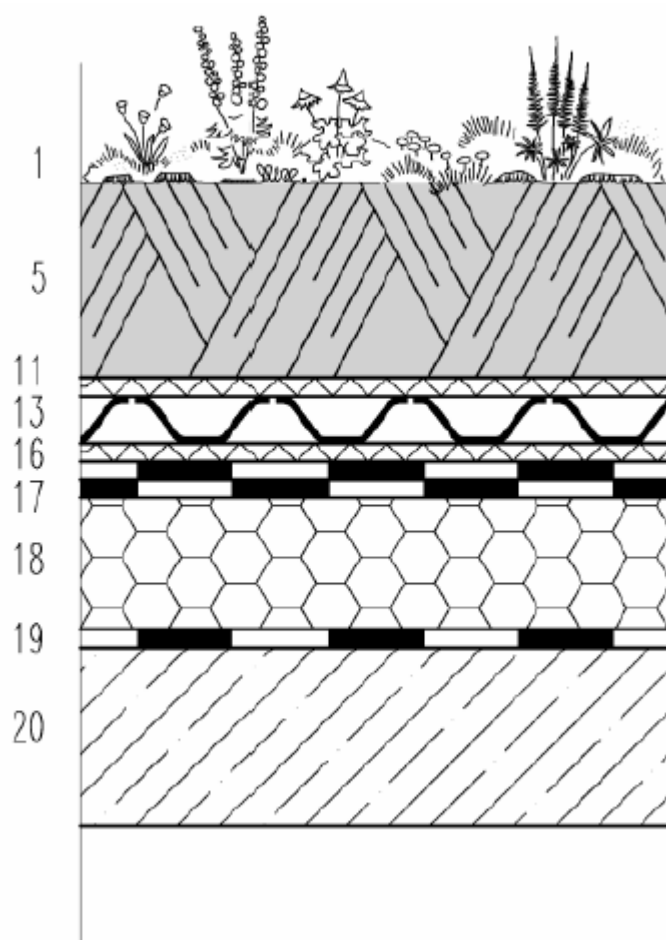
Tlak větru na jednotlivé povrchy pláště objektu je stanoven na základě veličin referenční tlak větru  $q_{ref}$ , součinitel expozice  $c_e$  a součinitel vnějšího tlaku  $c_{pe}$ .



OBR. 9. Varianty provedení zelené střechy. Vlevo zatravnění, vpravo intenzivní ozelenění. 2. Vegetace tvořená trávami; 3. Vegetace tvořená náročnějšími rostlinami, stromy a keři; 6. Vrstva substrátu pro trávník 100 mm; 7. Vrstva zeminy 200-250 mm; 8. Vrstva substrátu pro náročnější rostliny 300 mm; 12. Filtrační vrstva z netkané polypropylenové textilie o plošné hmotnosti nejméně 300 g/m<sup>2</sup>; 13. Drenážní a hydroakumulační vrstva z nopové fólie s perforacemi v horním povrchu; 16. Ochranná vrstva z netkané polypropylenové textilie o plošné hmotnosti nejméně 300 g/m<sup>2</sup>; 17. Hlavní hydroizolační vrstva s úpravou odolávající prorůstání kořenů; 18. Tepelná izolace; 19. Pojistná hydroizolace; 20. Nosná stropní konstrukce. Převzato z Bohuslávek et al., 2009.

Vegetační souvrství může z hlediska zatížení větrem působit jak pozitivně, a to tíhou souvrství působící proti sání větru nebo zvýšením tření zdrsněním střešního povrchu, tak negativně, pokud je zatížení větrem přenášeno například vyššími keři a stromy hlouběji do konstrukce.

Zatížení teplotou je podle normy ČSN EN 1991-1-5 vliv denních a sezónních klimatických změn na nosnou konstrukci střechy. U vegetačních střech je vliv teplotních výkyvů omezen tepelně-akumulační schopností vegetačního souvrství.



OBR. 10. Varianta provedení extenzivní zelené střechy se suchomilnou vegetací. 1. Vegetace tvořená suchomilnými rostlinami; 5. Vrstva substrátu 80-100 mm; 11. Filtrační vrstva z netkané polypropylenové textilie o plošné hmotnosti nejméně 200 g/m<sup>2</sup>; 13. Drenážní a hydroakumulační vrstva z nopové fólie s perforacemi v horním povrchu; 16. Ochranná vrstva z netkané polypropylenové textilie o plošné hmotnosti nejméně 300 g/m<sup>2</sup>; 17. Hlavní hydroizolační vrstva s úpravou odolávající prorůstání kořenů; 18. Tepelná izolace; 19. Pojistná hydroizolace; 20. Nosná stropní konstrukce. Převzato z Bohuslávek et al., 2009.

2.2.6.2. *Tepelná technika ozeleněných střech.* Tepelně-technické požadavky na střešní skladby stanovuje norma ČSN 73 0540 - *Tepelná ochrana budov* a jedná se o

- (1) požadavek na nejnižší vnitřní povrchovou teplotu, kdy teplota vnitřního povrchu konstrukce musí být vyšší než teplota rosného bodu pro vnitřní prostředí zvětšená o předepsané přírážky tak, aby nedocházelo ke kondenzaci;
- (2) požadavek na součinitel prostupu tepla, který musí být menší nebo roven normovému požadavku, aby nedocházelo k nežádoucímu úniku tepla a zvýšení spotřeby energie nutné k udržení tepelné pohody uvnitř budovy;
- (3) požadavek na způsob šíření vlhkosti konstrukcí, kdy nesmí docházet ke kondenzaci vodní páry ohrožující funkčnost konstrukce.

Hodnocení skladby ozeleněné střechy podle výše zmíněné normy s sebou nese jisté problémy, protože norma se konkrétně o zelených střechách nezmiňuje a je obtížné započítat tepelně-technické parametry vegetačního souvrství.

Jednoduché tepelně-technické posouzení lze (podle Čermáková a Mužíková, 2009) provést třemi způsoby.

- (1) Zanedbáním vrstvy nad hlavní hydroizolací a posouzením skladby bez drenážní vrstvy a pěstební substrátu obvyklým způsobem podle ČSN 73 0540.
- (2) Započítáním všech vrstev včetně vrstev nad hlavní hydroizolací a posouzením kompletní skladby ozeleněné střechy podle normy. Vzhledem k tomu, že je nutné upravit parametry vegetačních vrstev v závislosti na předpokládané maximální vlhkosti a že obvykle nejsou známy výpočtové hodnoty fyzikálních parametrů pro jednotlivé vrstvy, je tato možnost v praxi v současné době jen těžko uskutečnitelná.
- (3) Počítat s trvalou vodní hladinou nad hydroizolací. To znamená zahrnout do výpočtu celou skladbu ozeleněné střechy podle předchozího bodu. Difuzní tok od místa kondenzace směrem do exteriéru je při volbě této možnosti ve výpočtech zanedbán. Podle této zjednodušené metodiky by se tedy v zimním období mohl kondenzát odpařovat pouze do interiéru.

Ve všech jmenovaných případech dojde k výraznému zjednodušení celé situace a předpokládané chování bude odlišné od reálných jevů probíhajících v již stojící stavbě. Snažíme se proto ve výpočtech postihnout nejméně příznivý stav pro danou veličinu tak, abychom zajistili nejlepší možné zabezpečení konstrukce. Z hlediska difúze vodní páry je (podle Čermákové a Mužíkové, 2009) nejbezpečnější třetí metoda, naopak z hlediska bezpečnosti výpočtu součinitele prostupu tepla a vnitřní povrchové teploty lze doporučit v praxi nejobvyklejší řešení zanedbáním vrstev nad hydroizolací.

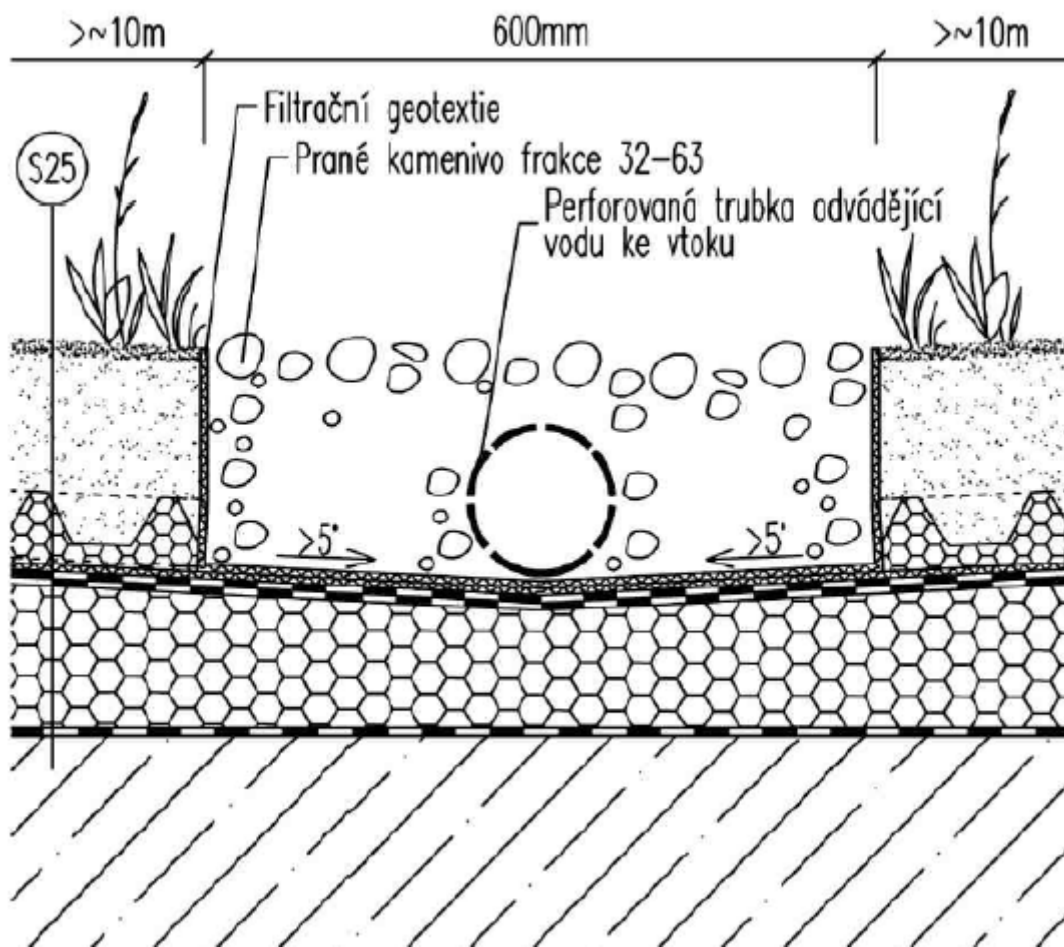
2.2.6.3. *Odvodnění ozeleněných střech.* Voda se na zelenou střechu dostává dvěma způsoby - srážkami, ať už dešťovými, sněhovými nebo kroupami, a prostřednictvím zavlažování vegetace. Přebytečnou vodu, tj. vodu nezachycenou substrátem či hydroakumulační vrstvou zelené střechy (blíže viz 2.2.2), je nutno podobně jako u standardních střech ze střešního pláště odvádět.

Konkrétní řešení odvodnění samozřejmě závisí na celé řadě faktorů od sklonu střešního pláště až po použitou hydroizolaci. Vzhledem k tomu, že tato bakalářská práce si klade za cíl navrhnout rodinný dům s plochou zelenou střechou, budeme se dále zabývat odvodněním plochých střech.

Odvodnění plochých střech lze řešit jako *vnitřní* a *vnější*. Vnější odvodnění je obvykle řešeno vyspádováním ploché střechy směrem k hraně půdorysu opatřené podokapním žlabem.

Jinou variantu odvodnění mohou zajišťovat žlaby zaústěné do vtoků nebo samostatné vtoky. Střešní plocha pak musí být vhodně vyspádována tak, aby voda přirozeně gravitací stékala do těchto odvodňovacích prvků. Variantu, kdy je odvodnění a přívod vody ke vtoku či žlabu řešeno pomocí perforované trubky, pak můžeme vidět na obrázku 11.

Střešní žlaby lze provést v minimálním či větším spádu, k navržení jejich profilů dochází podle normy ČSN EN 1056-3 *Vnitřní kanalizace - Gravitační systémy - Část*



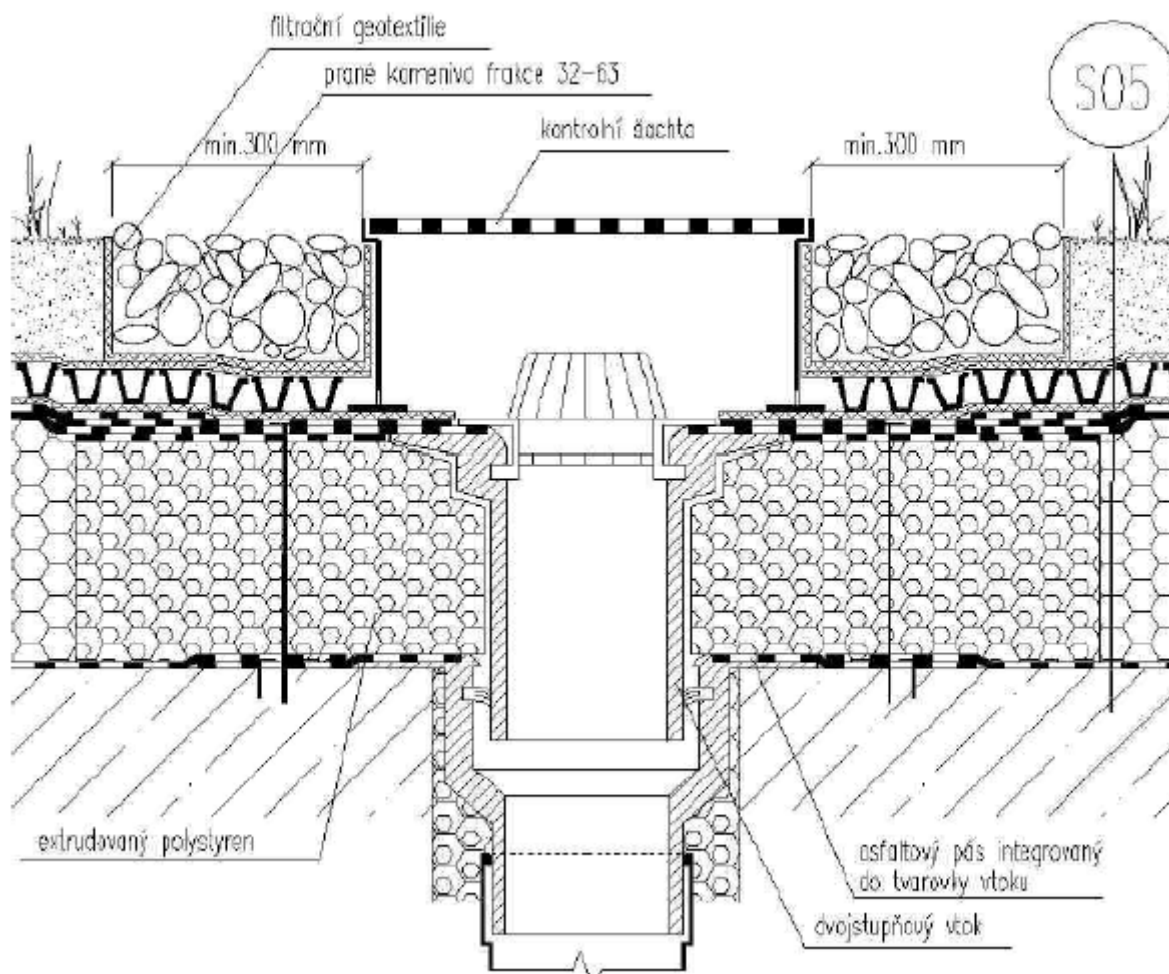
OBR. 11. Varianta odvodnění úžlabí pomocí perforované trubky. Převzato z Bohuslávek et al., 2009.

3: *Odvádění dešťových vod ze střech - Navrhování a výpočet.* Vzhledem k nebezpečí poruch spojených se zimním zamrznáním vody není podle Čermákové a Mužíkové (2009) příliš vhodné navrhovat zaatikované žlaby.

Samostatné vtoky musí být realizovány tak, aby byla zajištěna dokonalá vodotěsnost napojení hydroizolace na prostup vtoku. Zároveň musí být střešní vtoky chráněny kryty, mřížkami nebo košíky proti zanášení nečistotami, a jejich konstrukce i provedení střechy by měly umožňovat pravidelnou kontrolu průchodnosti vtoku. U zelených střech je třeba zajistit oddělení vtoku od vegetace, aby se nezanášel substrátem. Vhodným řešením je obsypání štěrkem, který je od vegetační vrstvy oddělen filtrační vrstvou. Je vhodné konstruovat vtoky s ochranou proti zamrznání (např. vytápěné). Detail střešního vtoku můžeme vidět na obrázku 12.

Pokud je vtok umístěn v blízkosti využívaných prostor nebo na provozní střeše (tj. v tomto případě pochozí ozeleněné střeše), musí být provedeno alespoň jedno z následujících opatření proti zápachu.

- (1) Vzdálenost vtoku a využívané části střechy je alespoň 3 m.
- (2) Vtok je vybaven klapkou.
- (3) Vtok je vybaven protizápachovou uzávěrou (ve vytápěných či temperovaných prostorách).



OBR. 12. Detail střešního vtoku. Převzato z Bohuslávek et al., 2009.

U všech odvodňovacích prvků je nutné zajistit dostatečnou kapacitu i pro případ přívalových dešťů. V každém případě je vhodné při využití samostatných vtoků instalovat vždy alespoň dva pro případ ucpání jednoho z nich, nebo učinit jiná opatření pro nouzový odvod vody.

Pokud by byla kapacita vtoků nedostatečná, mohlo by docházet k hromadění vody na střeše a mimo jiné i k zatěžování nosné konstrukce střechy její tíhou. Z tohoto důvodu je možné střechu po obvodu opatřit nouzovými přepady.

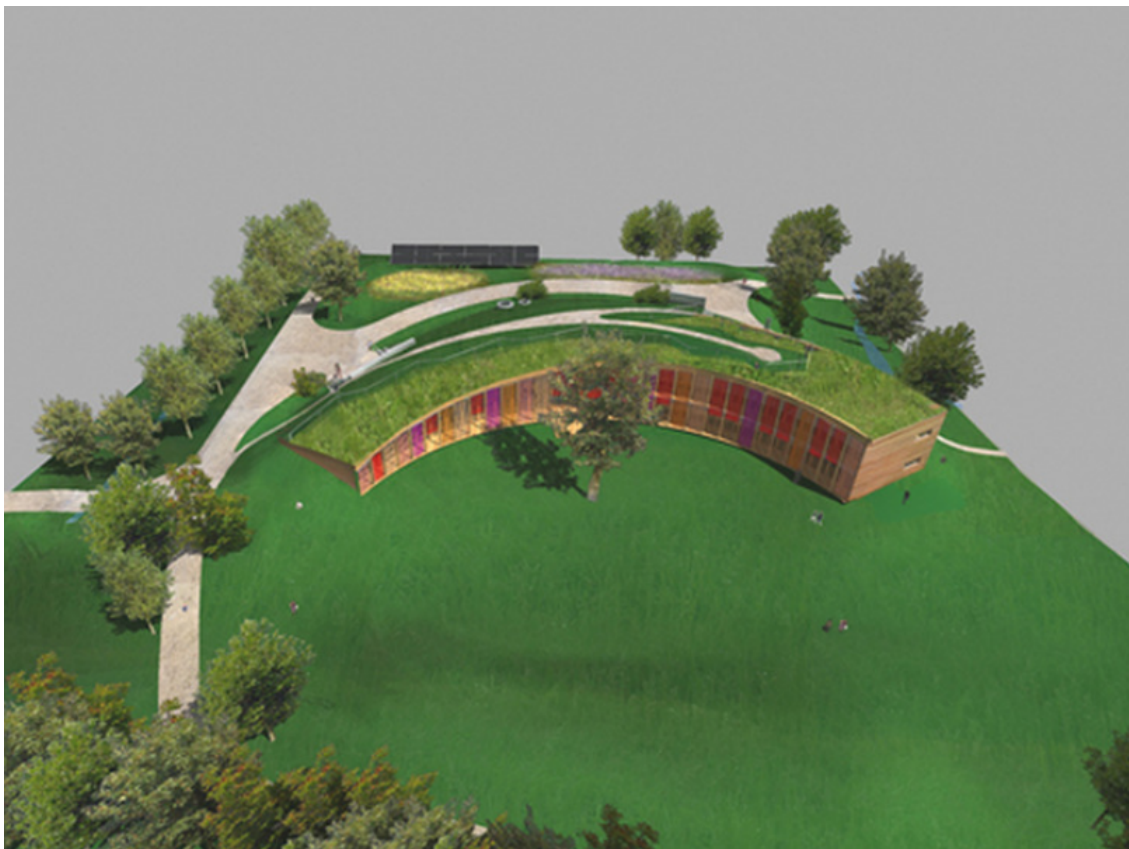
### 2.2.7. Realizace zelených střech v ČR.

2.2.7.1. *Středisko ekologické výchovy Sluňákov.* Realizace architektonického studia Projektíl je víceúčelový objekt, který má sloužit jako zázemí pro správu CHKO Litovelské Pomoraví a také nabízet návštěvníkům okolní přírody vzdělávání v oblasti ochrany přírody, ubytování a prostory pro pořádání firemních akcí, přednášek apod.

Dům zakřiveného půdorysu je konstruován jako nízkoenergetický s využitím moderních technologií. Z vnitřní strany je oblouk pojatý jako celoprosklená dřevěná konstrukce, z vnější strany je konstrukce chráněna betonovou opěrnou zdí, na kterou přiléhá zemní val. Ten plynule přechází do zelené střechy.



Zelená střecha je navržena a realizována jako polointenzivní, na 225 mm pěstebního substrátu se nacházejí především travní společenstva.



OBR. 13. Sluňákov: Vizualizace stavby.



OBR. 14. Sluňákov: Pohled na realizovanou stavbu.





OBR. 15. Sluňákov: Pohled na severní a západní stranu stavby s betonovou stěnou a zemním valem.



OBR. 16. Sluňákov: Okraj zelené střechy v průběhu realizace.

2.2.7.2. *Dům nad vodopádem.* Tato zajímavá dřevěná stavba se nachází v Telči, na hranici historického jádra chráněného UNESCO. Zajímavým způsobem využívá atypický, ale blízkostí bývalého mlýnského náhonu a „vodopádu“ atraktivní pozemek.

Architekt domu z architektonického studia ARCHOO se snažil o využití zastavěné plochy na třech úrovních - v hlavním obytném podlaží, pod ním, na krytém prostranství pod nosnými betonovými sloupy, které vynášejí celý dům na úroveň přístupové komunikace, a na zelené střeše.

Zelená střeška je řešena jako dvouplášťová s provětrávanou mezerou, pokrytá extenzivní zelení netřesků, rozchodníků, kostřavy a levandule.



OBR. 17. Dům nad vodopádem: Pohled na zelenou střechu.

2.2.7.3. *Pasivní dům v Olšanech.* Komplexně s ohledem na ekologii řešený pasivní dům od ateliéru ELAM v Olšanech je také realizován s využitím zelené střešky. Rodinný dům je dřevostavba z úsporných I nosníků zaizolovaných foukanou celulózou. Vnitřní povrch stěn pokryt hliněnými omítkami na slaměných deskách, vnější obklad je modřínový. Pultovou střechu pokrývá nepochozí úsporné souvrství extenzivní zeleně.

2.2.7.4. *Rodinný dům Vrabec.* Malý rodinný dům vznikl na parcele, kterou investorka dostala věnem - na zatravněném pozemku nedaleko teletníku, v jistém odstupu od zbytku obce. Stavba byla proto architektky z under-construction architects pojata jako přízemní dřevostavba, u níž byla plocha louky, která byla krajinně odebrána, jakoby vyzvednuta na střechu domu.

Zelená střeška rodinného domu Vrabec je tedy koncipována jako polointenzivní luční společenství.

2.2.7.5. *Rodinný dům Horská.* Zděná stavba od projektantů R. Novotného a V. Podhájeckého je koncepčně rozdělena na tři trakty, vedle nichž se nachází samostatná garáž. Na její střeše je realizovaná pobytová zelená terasa přístupná jak z domu, tak po schodišti ze zahrady. Zelená střeška je řešena jako nízkoúdržbový trávník lemovaný chodníkem.





OBR. 18. Dům nad vodopádem: Pohled na využitelný prostor mezi betonovými sloupy.



OBR. 19. Dům nad vodopádem: Hlavní obytné podlaží nad „vodopádem“.

2.2.7.6. *Rodinný dům v Praze-Kunraticích.* Zděný dům od autorek M. Cajthamlové a L. Brožové je realizován na malém pozemku, a vegetační souvrství na jeho střeše má částečně nahradit zeleň odebranou výstavbou.



OBR. 20. Pasivní dům v Olšanech: Celá ekologická koncepce domu je podtržena přírodním jezírkem s možností koupání.



OBR. 21. Rodinný dům Vrabc: Představa rodinného domu s již vzrostlou zelenou střechou.

Zelená střecha je nepochozí a nízkoudržbová, nicméně byly záměrně zvoleny vyšší rostliny, které budou místy viditelné i při pohledu zespodu. Jedná se o rostliny spíše suchomilné.

### **2.2.8. Systémová řešení pro zelené střechy na českém trhu.**

2.2.8.1. *Urbanscape*. Systém pro extenzivní zelené střechy od společnosti Knauf Insulation je založen na produktu Green Roll, který představuje umělý substrát na bázi minerální vlny s vysokou nasákavostí. Hmotnost ozelenění je tak výrazně snížena nepotřebností instalace tradičnějších vrstev substrátu.

Systém tvoří směrem od exteriéru Urbanscape ochranná fólie, Urbanscape retenční drenážní fólie s nebo bez ochranné textilie, Urbanscape Green Roll a rozhodníkový koberec. Všechny vrstvy kromě ochranné fólie lze na střechy do 50 m<sup>2</sup> instalovat také jako čtvercové moduly.





OBR. 22. Rodinný dům Vrabec: Pohled na rodinný dům přes louku.



OBR. 23. Rodinný dům Vrabec: Přístup do rodinného domu

2.2.8.2. *Systémy Vedaflor*. Systém nabízený ve třech variantách pro extenzivní, polointenzivní a intenzivní ozelenění firmy Vedag. Varianty PUR pro extenzivní a PLUS pro polointenzivní zelené střechy se liší především tloušťkou substrátu.



OBR. 24. Rodinný dům Horská: Pohled na dům, v popředí garáž se střešní terasou.

Specifikem systému je především odborně testovaný ekologický substrát, který garantuje dobrý růst rostlinných společenstev. U varianty PUR se jedná o rozchodníky, varianta PLUS je schopna zajistit růst i trávám a bylinám. Varianta PARK je pak s individuální šířkou vytvářená možnost pro realizaci střešních zahrad.

Hydroizolační vrstva může být v rámci tohoto systému zhotovena asfaltovými natavovacími pásy Vedaflor WS-I, Vedaflor WS-X nebo fóliemi Vedaplan nebo Vedafol. Firma dále nabízí rouna Vedaflor s retenční a ochrannou funkcí, filtrační funkcí a drenážní funkcí.

2.2.8.3. *Systémy Isover.* Podobně jako u systému společnosti Knauf je i zde stěžejním prvkem systému zelených střech odlehčovací minerální panel výrazně snižující hmotnost vegetačního souvrství a zajišťující jeho lepší soudržnost a retenční schopnost. U skladeb zelených střech firmy Isover se jedná o minerální panel Cutilene.

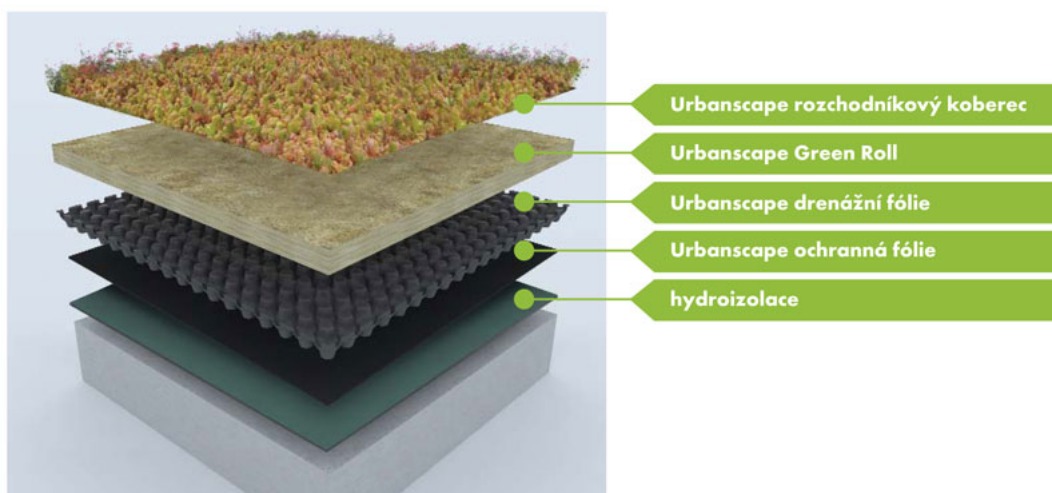




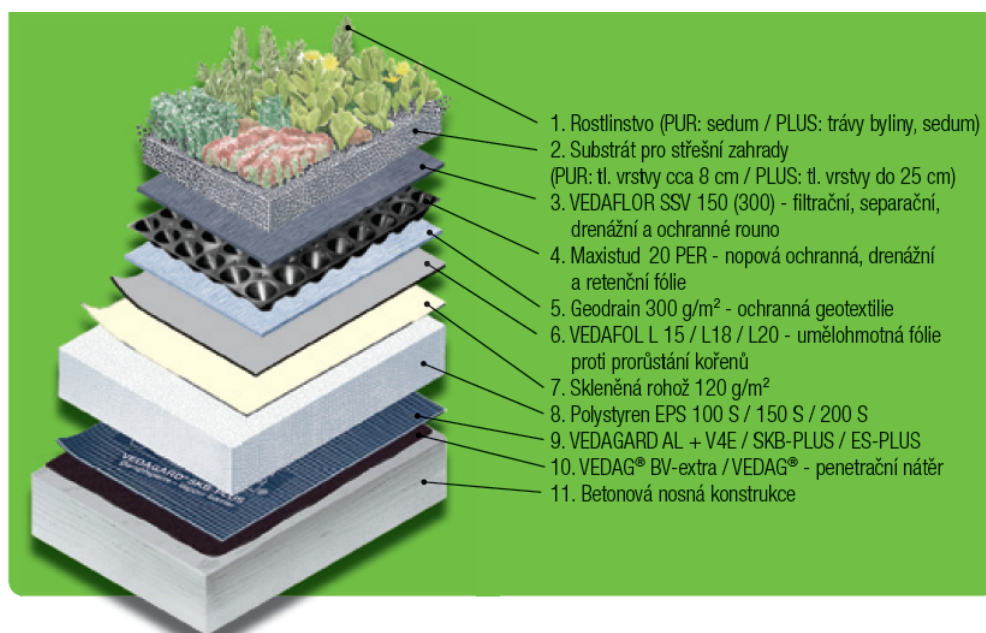
OBR. 25. Rodinný dům v Praze-Kunraticích: Pohled na zelenou střechu s viditelným světlíkem.



OBR. 26. Rodinný dům v Praze-Kunraticích: Pohled na zelenou střechu.

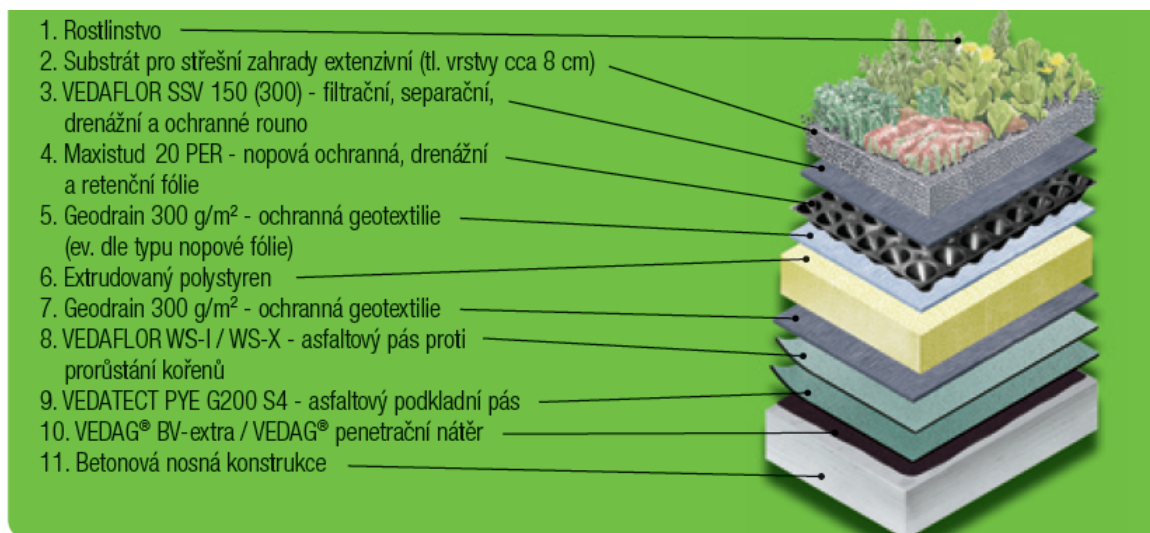


OBR. 27. Skladba systému pro zelené střechy Urbanscape.



OBR. 28. Skladba na zateplené betonové konstrukci Vedaflo PUR.





OBR. 29. Skladba na zateplené betonové konstrukci Vedaflor PUR.



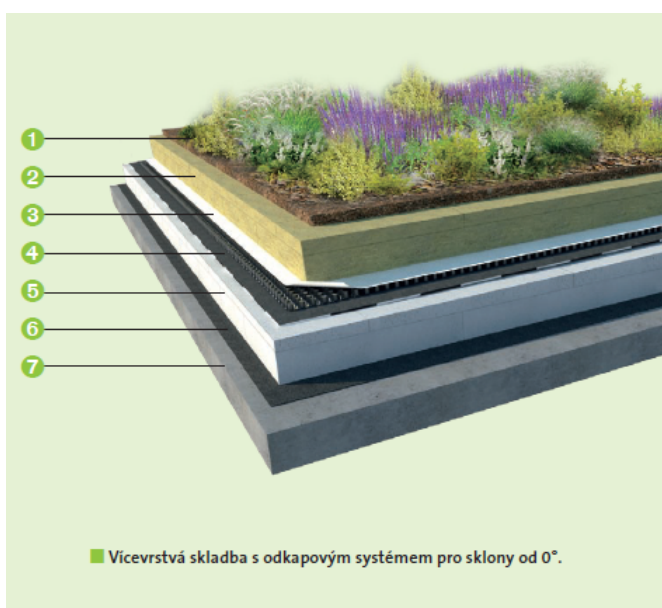
OBR. 30. Skladba na dřevěném bednění Vedaflor PUR.



OBR. 31. Skladba pro střešní zahrady Vedaflor PARK.



OBR. 32. Skladba pro extenzivní střešní zeleň s použitím výrobků Isover. 1. Rostliny a krycí vrstva; 2. Vegetační, drenážní a hydroakumulační vrstva - panely Cutilene; 3. Hydroizolační vrstva - pokud není s ochranou proti prorůstání kořínků, nutné položit ochrannou HDPE fólii; 4. Tepelná izolace - EPS; 5. Parozábrana; 6. Nosná konstrukce.



OBR. 33. Skladba pro polointenzivní střešní zeleň s použitím výrobků Isover. 1. Rostliny a krycí vrstva; 2. Vegetační, drenážní a hydroakumulační vrstva - panely Cutilene; 3. Odkapová vrstva pro střechy bez spádu - prostorová smyčková rohož nebo nopová fólie s nízkým nopem; 4. Hydroizolační vrstva - pokud není s ochranou proti prorůstání kořínků, nutné položit ochrannou HDPE fólii; 5. Tepelná izolace - EPS; 6. Parozábrana; 7. Nosná konstrukce.

## KAPITOLA 3

### Výsledný návrh

V následující kapitole je podrobněji popsán navržený rodinný dům, jehož stavební dokumentace je součástí příloh práce. Tyto přílohy byly vypracovány za pomoci následující literatury: řada učebnic *Pozemní stavitelství* (Hájek, 2005; Hájek, 1999; Hájek, 2004 a Hájek, 2006), Novotný (2006) a Himmelhuber (2012).

Blíže je okomentováno zvolené dispoziční řešení, skladby nosných a nenosných konstrukcí, skladba zelené střechy. Součástí této kapitoly je také základní tepelně-technické posouzení obvodového pláště.

Dřevostavba byla navrhována na spíše menší parcelu a realizace zelené střechy v takovém případě nabízí poměrně zajímavou možnost, jak rozšířit ozelenění pozemku i na zastavěné plochy.

Pozemek č. 82/7 se nachází na okraji obce Krakovany, v její části místně zvané „Na dolejšku“. Parcela je součástí sítě vzniklé na základě záměru obce umožnit na obecních pozemcích (původně využívaných jako louka, ev. pronajímaných k zemědělské malovýrobě) výstavbu nových rodinných domů. V průběhu projednávání záměru se k obci připojili i někteří soukromí vlastníci okolních ploch. Provedení domu se zelenou střechou tedy dává smysl i z toho hlediska, že zde došlo k výstavbě „na zelené louce“ a zelená střecha může být způsobem, jak alespoň částečně opět zlepšit retenční schopnost plochy.

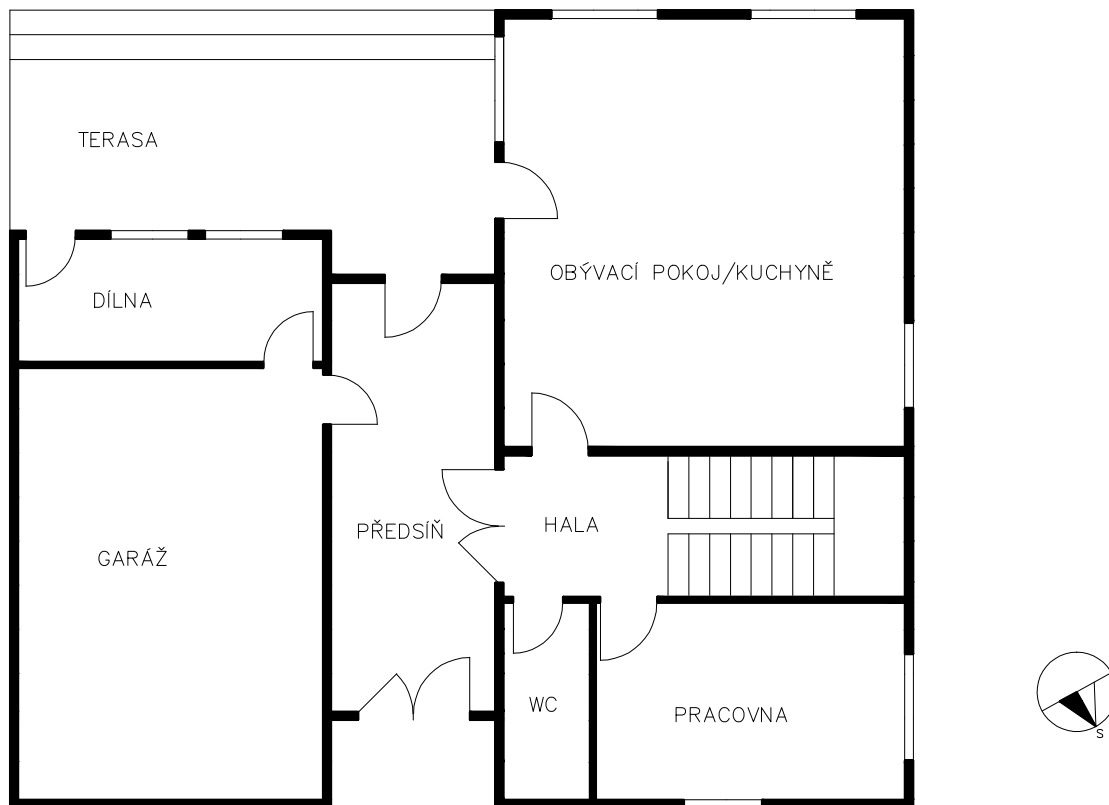
### 3.1. Technický popis objektu

**3.1.1. Urbanistické, stavební a architektonické řešení objektu.** Rámová dřevostavba se zelenou střechou je pojata jako dvoupodlažní rodinný dům s plochou střechou. Celková zastavěná plocha objektu, včetně garáže a terasy, je 150,71 m<sup>2</sup>. Podlahová plocha obytných částí (bez garáže a terasy, včetně 2. NP) je 159,23 m<sup>2</sup>.

Objem domu je vstupní předsíní, která zároveň představuje i průchod skrz budovu na zahradu, rozdělen na dvě části: obytnou a neobytnou. Plochu levé, pouze jednopodlažní části, zabírá z většiny garáž, jejíž velikost je uzpůsobena i pro skladování běžného příslušenství auta, např. sady pneumatik. Z garáže lze vstoupit do dílny, přístupné také ze zahrady a vhodné ke skladování zahradního nářadí. Levou část domu na úrovni druhého podlaží pokrývá obytná střešní zahrada s polointenzivní zelení.

Pravá, obytná část domu, je na úrovni prvního podlaží rozdělena komunikačním prostorem – halou se schodištěm. Poměrně blízko hlavnímu vchodu se nachází WC s umyvátkem, které obsluhuje toto podlaží. Vedle něj se nachází místnost, u níž je vzhledem k nepříliš ideální poloze jak vůči světovým stranám, tak vůči komunikaci (a s tím souvisejícímu případnému hluku) plánováno využití jako pracovna.

Hlavní společenská místnost bytu, obývací pokoj spojený s kuchyňským koutem, je situována do klidnější části domu kryté před nežádoucím okolím a otevírající se do zahrady. Tento pokoj je navržen poměrně velkoryse a ve spojení s jihovýchodně orientovanou terasou, na niž je navržen přístup francouzskými okny.



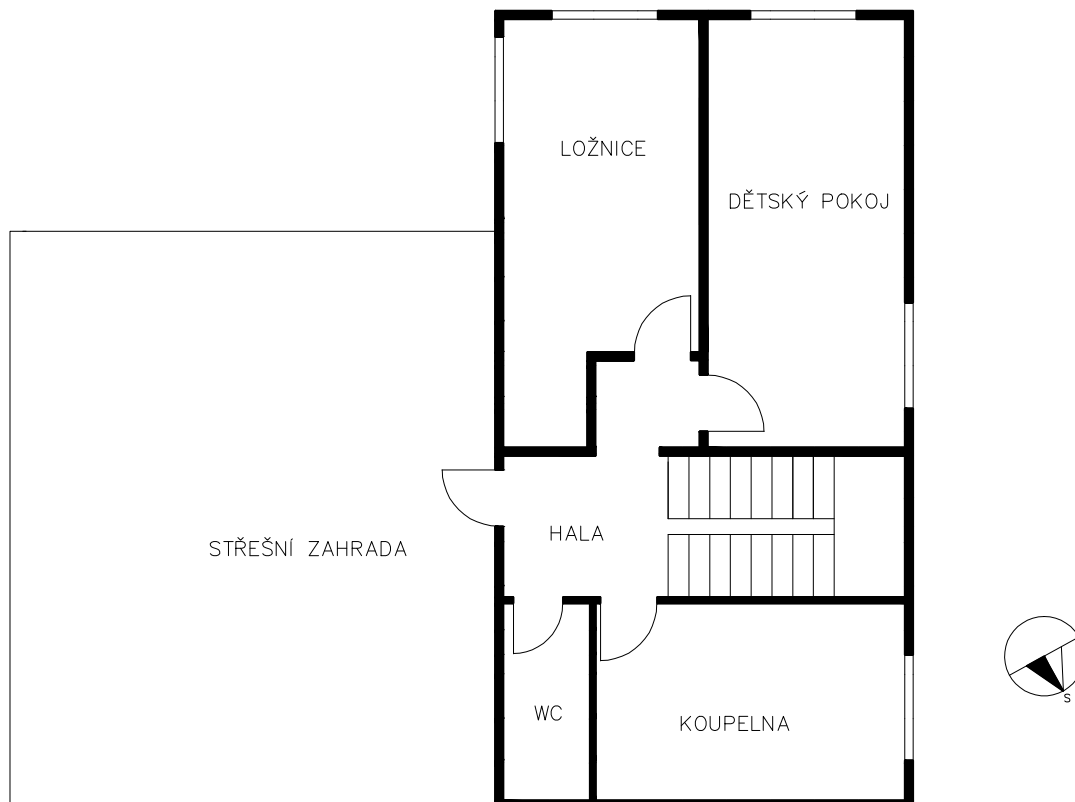
OBR. 34. Schéma dispozice 1. NP.

Na úrovni druhého nadzemního podlaží je umístěna klidnější část bytu, prostory pro spaní a osobní hygienu. Polohu WC v 1. NP kopíruje i zde WC, vlevo od něj je pak velká koupelna. V ní je plánováno umístění bojleru pro ohřev vody. Na opačné straně haly jsou situovány ložnice rodičů a dětský pokoj.

Vzhledem k omezení rozponem stropních nosníků (u obývacího pokoje v 1. NP) jsou oba pokoje spíše užší, nicméně plně vyhovují požadavku normy na minimální šířku ložnice se dvěma lůžky. Jejich délku lze naopak považovat za výhodu, neboť může umožnit vytvořit i v rámci pokoje více zón využití. U ložnice tak může být lépe oddělen klidový spací prostor a prostor pro uskladnění oděvů, skříně, eventuální křeslo na čtení apod. U dětského pokoje se jedná o jasně vymezenou oblast pro psací stůl, herní prostor apod.

Z haly 2. NP je po překonání převýšení třemi schodišťovými stupni přístup na zelenou střešní terasu, určenou k relaxaci. Výše zmíněná dispozice je znázorněna na obrázcích 34 a 35.

Plochy obytných místností jsou 33,5 m<sup>2</sup> pro obývací pokoj s kuchyňským koutem, 11,7 m<sup>2</sup> pro pracovnu, 14,4 m<sup>2</sup> pro ložnici rodičů a 13,5 m<sup>2</sup> pro dětský pokoj. Všechny



OBR. 35. Schéma dispozice 2. NP.

podlahové plochy vyhovují požadavkům normy. Dispoziční řešení také odpovídá požadavkům na vytvoření tzv. *teplotních zón*, které jsou základním pravidlem pro řešení půdorysu energeticky úsporných domů (podle Počinková, Čuprová et al., 2004). Na severní stranu jsou umístěny spíše tzv. vedlejší prostory - WC, koupelna, předsíň.

**3.1.2. Zakládání stavby.** Pro výkopové práce bude použita lehčí mechanizace. Rýhy pro základové pasy obvodových konstrukcí budou vyhloubeny do nezamrzné hloubky 800 mm, stejná hloubka bude provedena i pro základové pasy vnitřních nosných stěn.

Základové pasy budou do výšky 200 mm provedeny z prostého betonu C 25/30 pro obvodové i vnitřní stěny. Před vylitím betonem budou připraveny a zajištěny prostupy pro hlavní přívod elektřiny, hlavní přívod vody a kanalizaci. Stejně tak bude do rýhy položena zemnicí páska, zemnicí vodič bude ve dvou protilehlých rozích vytažen na úroveň povrchu. Do této podkladní vrstvy betonu budou ve vzdálenostech 500 mm umístěny ocelové betonážní tyče o průměru 10 mm a délky 600 mm, které poslouží k provázání této vrstvy základů s dalšími vrstvami základové konstrukce. Beton bude řádně zhutněn

a v průběhu procesu vytvrzování řádně ošetřován tak, aby bylo dosaženo maximální pevnosti.

Tato podkladová vrstva bude, po dostatečném vytvrzení, navýšena třemi řadami betonových tvarovek ztraceného bednění (skládaných na vazbu, s převazbou o 1/2 tvarovky), ve vodorovném směru budou tyto tvarovky ztuženy dvojicí ocelových drátů o průměru 12 mm. Zároveň bude ztracené bednění ve svislém směru ztuženo již zmiňovanými do betonu vetknutými tyčemi o průměru 10 mm. Ztracené bednění bude vylito betonem C 20/25.

Vnitřní plocha půdorysu mezi tvárnici bude vyplněna hutnějším šterkovým podsypem o tloušťce 100 mm, jež bude následně pokryt 50 mm podkladního betonu C 20/25 tak, že tento podkladní beton dosáhne úrovně horní hrany ztraceného bednění. Po vytvrzení bude na tuto vrstvu uložena hydroizolace a izolace proti radonu.

Nad vrstvu hydroizolace bude provedena úložná deska z betonu C20/25 provázaného KARI sítěmi o průměru prutů 8 mm a oky 100x100 mm. Tato úložná deska bude mít tloušťku 150 mm.

Základy vnější terasy budou provedeny jako mikropiloty do nezámrzné hloubky 800 mm. Jako ztracené bednění budou použity betonové trubky o průměru 200 mm v osových vzdálenostech 500 mm vylité betonem C 20/25.

**3.1.3. Obvodové stěny.** Nosná konstrukce rodinného domu bude montována *in situ* bez využití prefabrikovaných panelů. Dřevěný rám obvodových stěn bude tvořen vysušenými smrkovými hranoly o rozměrech 60x120 mm, navázání obvodových nosných stěn bude řešeno přídavnými hranoly stejného průřezu. Modulová vzdálenost sloupků bude 625 mm. Stěny budou stavěny systémem „platform frame“, tj. sloupky budou vysoké na výšku jednoho podlaží a nebudou průběžné.

Jako deskový staticky spolupůsobící materiál byly zvoleny sádrovláknité desky Fermacell, a to mimo jiné z toho důvodu, že výrobky této firmy mohou být užity také do skladby podlah v 1. i 2. NP.

Tepelnou a akustickou izolaci v jednotlivých skladbách zajistí minerální vlna (Isover UNI) a desky expandovaného polystyrenu (Isover EPS 100F jako součást zateplení fasády).

Obvodová stěna v rodinném domě vyskytne ve dvou variantách, ve skladbě S1 s instalační předstěnou a ve variantě S2, která instalační předstěnu neobsahuje. Vrstvy skladby S1 tvoří ve směru od exteriéru

- (1) vápenná vnitřní omítka;
- (2) sádrovláknitá deska fermacell tl. 15 mm;
- (3) dřevěný rám (latě)/Isover AKU tl. 40 mm;
- (4) parozábrana;
- (5) dřevěný rám/Isover UNI tl. 120 mm;
- (6) sádrovláknitá deska fermacell tl. 15 mm;
- (7) Isover EPS 100F tl. 100 mm;
- (8) vnější omítka.

Variantu bez instalační předstěny reprezentují následující vrstvy.

- (1) Vápenná vnitřní omítka;
- (2) sádrovláknitá deska fermacell tl. 15 mm;
- (3) parozábrana;
- (4) dřevěný rám/Isover UNI tl. 120 mm;

- (5) sádrovláknitá deska fermacell tl. 15 mm;
- (6) Isover EPS 100F tl. 100 mm;
- (7) vnější omítka.

Instalační předstěna je navrhována do těch místností, kde existuje předpoklad nutnosti vedení vodovodu nebo kanalizace, tedy v blízkosti kuchyňského koutu, v koupelně apod. V blízkosti kuchyňského koutu existuje také nebezpečí narušení parozábrany (např. při zavěšování skříněk kuchyňské linky), pokud by nebyla kryta další vrstvou izolace. Naopak výhody zmenšené tloušťky skladby bude využito u výstupů balkonovými dveřmi.

**3.1.4. Vnitřní nosné stěny.** Dřevěný rám vnitřních nosných stěn bude proveden opět z hranolů o průřezu 60x120 mm (svislých stojek s modulovou vzdáleností 625 mm, horního rámu a dolního prahu). Napojení vnitřních nosných stěn a stěn obvodových bude provedeno přidáním dalšího sloupku stejného průřezu do obvodové stěny v místě styku konstrukcí. Vnitřní nosné stěny jsou opět navrhovány ve variantách s předstěnou (v kuchyni) i bez předstěny (skladby stěn S4, S3 - viz přílohy práce). Akustická izolace bude provedena z minerální vlny Isover AKU, opláštění budou tvořit desky Fermacell.

**3.1.5. Vnitřní nenosné stěny.** Svislé prvky dřevěného rámu vnitřních nenosných stěn utvoří sloupky o průřezu 60x60 mm vyplněné izolací Isover AKU a opláštěné deskami Fermacell (viz skladba S5 v přílohách této práce). Osová vzdálenost sloupků bude opět modul 625 mm.

**3.1.6. Provádění konstrukcí stěn.** Základový práh bude na základové konstrukce připojen tzv. natloukací kotvou do předvrtaného otvoru o průměru 12 mm a délce 240 mm (s využitím tesařských podložek o průměru 50 mm) a uložen do výplňové malty Fermacell. Osová vzdálenost jednotlivých kotev bude u obvodových stěn cca 1500 mm (tak, aby kotva nebránila napojení svislého sloupku), u vnitřních nosných i nenosných stěn cca 1000 mm.

Napojení prahů, tj. spojení prahů obvodových stěn a napojení příček na obvodový práh bude provedeno přeplátováním a zajištěno hřebíky. Sloupky budou do prahu a horního rámu napojeny pomocí čepu a dlabu.

Okenní otvor bude proveden formou pevného rámu se začepovaným vodorovným hranolem o profilu 60x120 mm v úrovni parapetu a nadpraží. Rámy okenních otvorů budou konstruovány s výškovou i šířkovou rezervou 3 mm pro pozdější osazení oken. Podobně se bude postupovat u dveřních otvorů.

V průběhu stavby bude rám z vnitřní strany zavětrován.

**3.1.7. Konstrukce stropu.** Stropní trámy o průřezu 60x240 mm budou uloženy na horní rám v místě sloupků svislé nosné konstrukce. Do horního rámu se upevní hřebíky délky 300 mm. Trámy jsou navzájem rozepřeny ve vzdálenostech 1000 mm přesně seřezanými vložkami z OSB desek.

Na stropní trámy bude zavěšen akustický profil Fermacell, který ponese dvě sádrovláknité desky tloušťky 20 mm. Prostor mezi trámy bude izolován 120 mm Isover AKU a 120 mm vzduchové mezery (nevětrané) a zaklopen OSB deskou tloušťky 22 mm, na který již navážou konstrukce podlahy.

**3.1.8. Konstrukce schodiště.** Vnitřní schodiště bude řešeno jako sedlové se dvěma schodnicemi, upevněnými do základové desky a stropního trámu pomocí ocelových úhelníků. Materiálově bude provedeno z lepeného modřínového dřeva, bude dvouramenné (se dvěma shodnými rameny), přímé.

Schodiště bude mít 18 stupňů o výšce 168 mm. Rozměry schodišťových stupňů budou 168x294 mm a jejich délka 945 mm. Sklon schodiště je navržen 32°. Podesta bude uložena na trámcih 120x235 mm a 120x168 mm osazených na nosné sloupky připevněné k stěnám vruty. V prostoru zrcadla bude schodiště doplněno o ocelové zábradlí s dřevěným madlem výšky 900 mm.

**3.1.9. Střešní konstrukce.** Střešní konstrukce je v domě, jímž se zabývá tato bakalářská práce, navržena jako plochá jednoplášťová střecha s ozeleněným vnějším povrchem.

Zelená střecha bude realizována na dvou úrovních a v dvou různých skladbách. Prostor ploché střechy nad garáží je navržen jako pobytová ozeleněná terasa s polointenzivní zelení, nepřístupná střecha nad 2. NP bude střechou extenzivní s využitím systémového řešení pro zelené střechy Urbanscape.

Zelená střecha nad garáží bude přístupná po schodišti z úrovně 2. NP. Tloušťka substrátu 170 - 310 mm postačí pro výsev travních společenstev i pro některé suchomilné trvalky. Na střechu není navrženo umělé zavlažování.

Odvedení přebytečné dešťové vody bude zajištěno dvěma vytápěnými střešními vtoky (se zpětnými klapkami), k nimž bude vyspádována hlavní hydroizolační vrstva. Přebytečná dešťová voda se dále povede konstrukcí střechy a odvede do kanalizace (v místě návrhu je jednotná kanalizační síť). Bezpečnost osob pohybujících se na této pochozí střeše bude zajištěna 1200 mm vysokou atikou (dřevěné rámové konstrukce).

Druhá, extenzivní střecha nad 2. NP bude pro případ údržby dostupná žebříkem z pobytové střešní zahrady o úroveň níže. Nad hlavní hydroizolační vrstvou, která bude rovněž vyspádována do dvou střešních vtoků, se bude nacházet skladba zelené střechy Urbanscape tak, jak je popsána v kapitole 2.2.8.1. Vegetaci utvoří směs různých druhů rodu *Sedum* s malými nároky na tloušťku substrátu a množství vody.

Obě střechy budou až do vrstvy hlavní hydroizolace svou skladbou shodné. Půjde o jednoplášťové střechy s pojistnou a hlavní hydroizolační vrstvou. Nad záklopem hlavní nosné části ploché střechy bude umístěna pojistná hydroizolace, střecha bude dále zateplena vrstvami expandovaného polystyrenu. Poslední vrstva polystyrenu bude vyspádována se sklonem 3° a pokryta hlavní hydroizolací (odolnou proti prorůstání kořínků).

V případě pochůzně střechy (skladba Z1) bude nad hlavní hydroizolací nopová hydroakumulační fólie krytá separační geotextilií a poměrně tlustá vrstva substrátu s vegetací.

U extenzivní střechy (skladba Z2) se nad hlavní hydroizolační vrstvou budou nacházet opět nopová fólie a geotextilie, dále minerální vlna Urbanscape Green Roll krytá rozchodníkovým kobercem.

Výše popsané skladby jsou blíže znázorněny v rámci příloh této bakalářské práce v její výkresové části.

**3.1.10. Podlahy.** Konstrukce podlahy v obytných částech domu je navržena s celkovou tloušťkou 150 mm v 1. NP a 95 mm v 2. NP.

Podlahové konstrukce v rodinném domě jsou navrhovány s pomocí Fermacell systému suché výstavby. Je to jednak z důvodu poměrně rychlé instalace se zkrácením doby stavby



o případné technologické přestávky, do dřevostavby se tím také nevnaší žádný zbytečný mokřý proces. Firma Fermacell navíc deklaruje vhodnost svých podlahových dílců pro podlahové vytápění (podle brožury *Podlahové systémy*), kdy je možné do jednotlivých desek vyfrézovat drážky pro jeho vedení. Sádrovláknitý materiál desek pak teplo také částečně akumuluje.

Materiálové řešení nášlapného povrchu podlah se snaží jít jednak cestou vhodnosti použitých materiálů pro podlahové topení, dále co nejvíce usnadnit následnou údržbu dané podlahy a také zachovat co největší materiálovou jednotu v rámci celého domu. V obytných částech rodinného domu jsou tedy navrženy jen dva druhy podlahovin – keramická dlažba v předsíni, hale, WC a koupelně a dřevěná plovoucí podlaha (dvouvrstvá, z vhodného dřeva, např. dubu) v obývacím pokoji (spojeném s kuchyní), pracovně, ložnici a dětském pokoji. V garáži a v dílně bude také použita keramická dlažba (vhodná pro danou zátěž, mrazuvzdorná). Dilatační spára plovoucí podlahy u stěny bude překryta krycí lištou ze stejného dřeva.

**3.1.11. Tepelná a zvuková izolace.** V rodinném domě je navržena izolace pomocí výrobků firmy Isover. Jedná se o tepelnou izolaci minerální vlnou Isover UNI a polystyrenovými deskami Isover EPS 100 a akustickou izolaci Isover AKU. Tloušťky izolací jsou závislé na druhu konstrukce a jsou blíže popsány v rámci příloh této práce. Desky Isover EPS 100 v konstrukci zelených střech budou na objednávku připraveny se sklonem 3°.

**3.1.12. Hydroizolace, parozábrana a geotextilie.** Hydroizolační vrstva přiléhající na základovou konstrukci bude provedena PE fólií PENEFOIL 800, která zároveň poskytne ochranu proti pronikání radonu do vnitřních prostor objektu.

Jako pojistná i hlavní hydroizolační vrstva bude použita PVC fólie FATRAFOL P 918, která je odolná proti prorůstání kořínků.

Parozábranu v obvodovém plášti zajistí fólie JUTAFOL N 140, připevněná ke svislým sloupkům. Napojení bude provedeno s přesahem alespoň 15 mm a zaslepením páskou AIRSTOP FLEX.

**3.1.13. Obklady.** Vnitřní obklady stěn a podlah jsou vyznačeny a popsány v rámci příloh této práce.

**3.1.14. Truhlářské, zámečnické a ostatní doplňkové výrobky.** Všechna okna budou provedena z masivních smrkových EURO hranolů, ve variantě SOLID COMFORT firmy Slavona. Okna budou ošetřena tmavě červenou lazurou „Rubin“.

Balkonové dveře budou provedeny ve variantě s nalepovací příčkou. Všechny vnější dveře, tj. obě balkonové, vstupní dvojkřídlé a zadní jednokřídlé, budou provedeny z modřínového dřeva opět s lazurou „Rubin“. Výjimkou budou dveře z dílny v nenápadnější bílé barvě. Vnitřní dveře budou ošetřeny bezbarvým lakem. Typy zámků a kování jsou blíže popsány ve výpisu oken a dveří v přílohách této práce.

**3.1.15. Klempířské práce.** Okna budou vybavena vnějšími parapety z pozinkovaného plechu. Balkonové dveře budou opatřeny pochůznými nerezovými parapety Slavona (s protiskluzovým vzorkem). Atiky ozeleněných střech budou zakončeny pozinkovaným oplechováním.

**3.1.16. Malířské práce.** Vnitřní prostory domu budou bíle vymalovány. Vnější fasáda bude provedena bílou a tmavě šedou barvou KVK *Akrylátová fasádní barva* firmy Mamut.

**3.1.17. Větrání místností.** Větrání vnitřních prostor zajistí okenní otvory a prostupy patrné na projektové dokumentaci v přílohách této práce. Odvětrání WC je řešeno skrze svislou šachtu na střechnu.

**3.1.18. Vytápění objektu.** Vytápění objektu je zajištěno elektrickým podlahovým topením, ohřev vody zajišťuje bojler v koupelně v 2. NP.

### 3.2. Tepelně-technické posouzení skladby obvodového pláště

Výpočet součinitele prostupu tepla konstrukce byl určen s pomocí volně dostupného výpočtového online softwaru *Prostup tepla vícevrstvou konstrukcí a průběh teplot v konstrukci* (dostupného na serveru TZB-info.cz).

Pro výpočet bylo použito následujících vstupních parametrů.

$$R_{si} = 0,13 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1},$$

$$R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1},$$

návrhová teplota vzduchu v zimním období  $\theta_e = -13^\circ\text{C}$  (pro okr. Kolín a nadmořskou výšku cca 210 m n. m., návrhová vnitřní teplota v zimním období  $\theta_i = 20^\circ\text{C}$ , výpočtová teplota vnitřního vzduchu  $\theta_{ai} = 20,6^\circ\text{C}$ ).

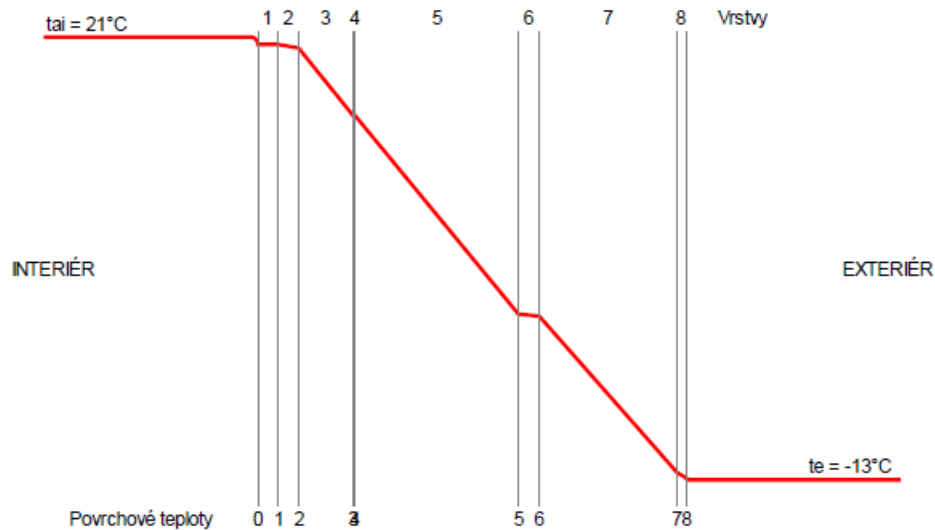
**3.2.1. Obvodová stěna s instalační předstěnou.** Skladbu obvodové stěny S1 ve směru od interiéru k exteriéru zachycují ve variantě a, kdy je znázorněn vstup tepla skrze konstrukci bez tepelného mostu, tabulka 1, a ve variantě b skrz tepelný most (dřevěný sloupek) tabulka 2.

Průběh teplot v konstrukci stěny zachycují schematicky obrázky 36 a 37.

Součinitel prostupu tepla skladbou S1 byl určen jako  $U_{S1} = 0,14 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ . Zvolená skladba je tedy vyhovující pro pasivní dům.

TAB. 1. Prostup tepla konstrukcí obvodové stěny s instalační předstěnou. Varianta a, vstup skrze výplňovou vrstvu tepelné izolace.

Tepelný odpor při přestupu tepla z interiéru $R_{si}$				0,13 [m <sup>2</sup> K/W]	$\theta_0 = 20,03^\circ\text{C}$
<i>j</i>	Materiál	<i>d</i> [m]	$\lambda_u$ [W/mK]	$R_j$ [m <sup>2</sup> K/W]	$\theta_j$ [°C]
1	Omítka vápenná	0,015	0,88	0,017	19,95
2	Sádrov. deska fermacell	0,015	0,32	0,047	19,75
3	Isover AKU	0,040	0,035	1,143	14,7
4	Parozábrana	-	0,172	0,006	14,69
5	Isover UNI	0,120	0,035	3,429	-0,41
6	Sádrovl. deska fermacell	0,015	0,32	0,047	-0,61
7	Isover EPS 100F	0,100	0,037	2,703	-12,52
8	Vnější omítka	0,0055	0,1	0,07	-12,82
Tepelný odpor při přestupu tepla do exteriéru $R_{se}$				0,04 [m <sup>2</sup> K/W]	$\theta_0 = -13^\circ\text{C}$



OBR. 36. Graf průběhu teplot v skladbě S1 (obvodová stěna s instalační předstěnou) v oblasti bez tepelného mostu.

TAB. 2. Prostup tepla konstrukcí obvodové stěny s instalační předstěnou. Varianta b, prostup skrze tepelný most tvořený dřevěným sloupkem.

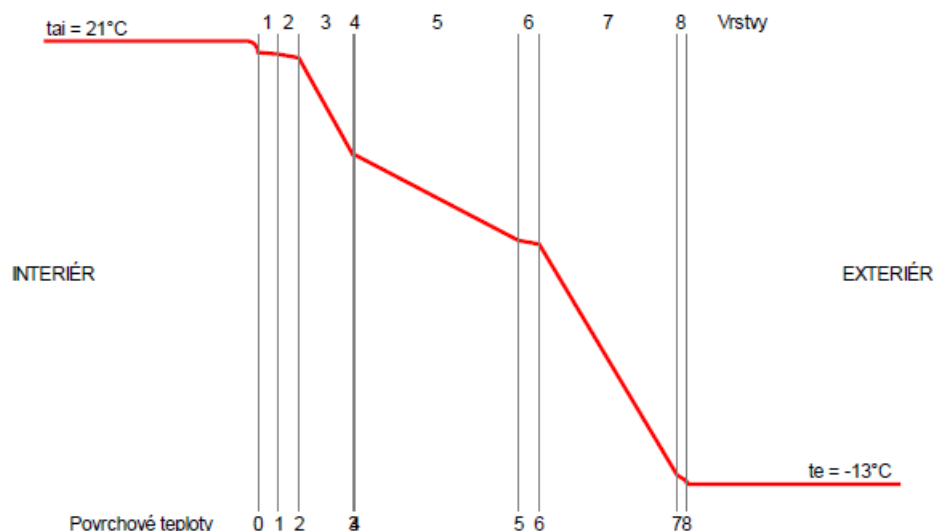
Tepelný odpor při přestupu tepla z interiéru $R_{si}$				0,13 [m <sup>2</sup> K/W]	$\theta_0 = 20,03^\circ\text{C}$
$j$	Materiál	$d$ [m]	$\lambda_u$ [W/mK]	$R_j$ [m <sup>2</sup> K/W]	$\theta_j$ [°C]
1	Omítka vápenná	0,015	0,88	0,017	19,65
2	Sádrov. deska fermacell	0,015	0,32	0,047	19,35
3	Isover AKU	0,040	0,035	1,143	11,97
4	Parozábrana	-	0,172	0,006	11,93
5	Dřevo (smrk)	0,120	0,120	1	5,47
6	Sádrovl. deska fermacell	0,015	0,32	0,047	5,17
7	Isover EPS 100F	0,100	0,037	2,703	-12,29
8	Vnější mítka	0,0055	0,1	0,07	-12,74
Tepelný odpor při přestupu tepla do exteriéru $R_{se}$				0,04 [m <sup>2</sup> K/W]	$\theta_0 = -13^\circ\text{C}$

**3.2.2. Obvodová stěna bez instalační předstěny.** Skladbu obvodové stěny S2 ve směru od interiéru k exteriéru zachycují ve variantě a, kdy je znázorněn prostup tepla skrze konstrukci bez tepelného mostu, tabulka 3, a ve variantě b skrz tepelný most (dřevěný sloupek) tabulka 4.

Průběh teplot v konstrukci stěny zachycují schematicky obrázky 38 a 39.

Součinitel prostupu tepla skladbou S2 byl určen jako  $U_{S2} = 0,17 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ . Zvolená skladba má tedy horší parametry než skladba S1, ale je stále svým součinitelem prostupu tepla vyhovující pro pasivní dům.

**3.2.3. Ploché střechy.** Tepelně technické posouzení skladeb zelených střech bylo kvůli neznámým tepelně-technickým parametrům substrátu provedeno po vrstvu hlavní hydroizolace. Z tohoto důvodu je tepelně-technické posouzení skladeb zelené střechy Z1



OBR. 37. Graf průběhu teplot v skladbě S1 (obvodová stěna s instalační předstěnou) v oblasti tepelného mostu.

TAB. 3. Prostup tepla konstrukcí obvodové stěny bez instalační předstěny. Varianta a, vstup skrze výplňovou vrstvu tepelné izolace.

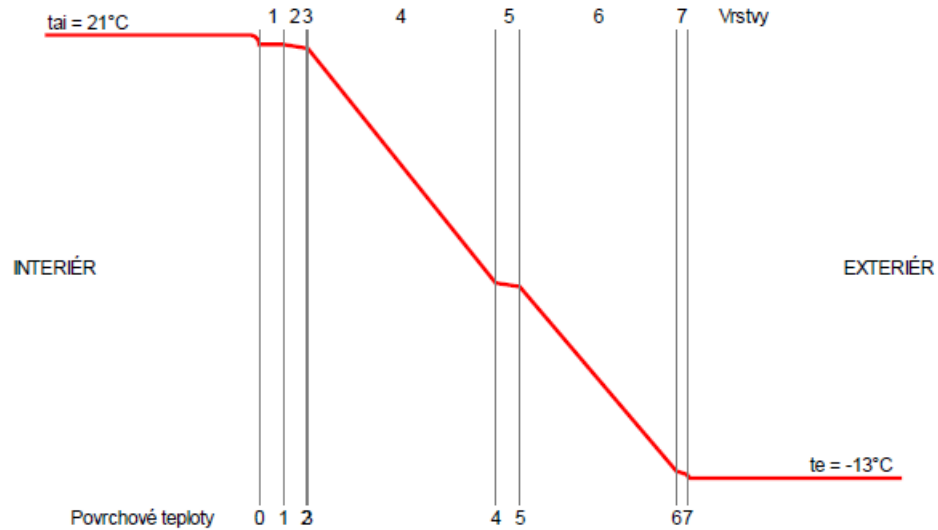
Tepelný odpor při přestupu tepla z interiéru $R_{si}$				0,13 [m <sup>2</sup> K/W]	$\theta_0 = 20,03^\circ\text{C}$
$j$	Materiál	$d$ [m]	$\lambda_u$ [W/mK]	$R_j$ [m <sup>2</sup> K/W]	$\theta_j$ [°C]
1	Omítka vápenná	0,015	0,88	0,017	19,84
2	Sádrov. deska fermacell	0,015	0,32	0,047	19,60
4	Parozábrana	0,001	0,172	0,006	19,57
5	Isover UNI	0,120	0,035	3,429	1,81
6	Sádrovl. deska fermacell	0,015	0,32	0,047	1,57
7	Isover EPS 100F	0,100	0,037	2,703	-12,43
8	Vnější omítka	0,0055	0,1	0,07	-12,79
Tepelný odpor při přestupu tepla do exteriéru $R_{se}$				0,04 [m <sup>2</sup> K/W]	$\theta_0 = -13^\circ\text{C}$

a Z2 shodné, neboť dané skladby se liší až vrstvami nad hlavní hydroizolační vrstvou (viz přílohy této bakalářské práce).

Podobně jako ve skladbách obvodových stěn je i tepelně-technické posouzení zelených střech provedeno kombinací dvou variant - a pro vstup mimo dřevěný stropní nosník a b pro vstup skrz tento dřevěný prvek. Tyto skladebné varianty jsou popsány v tabulkách 5 a 6. Byla provedena korekce pro spádovanou vrstvu polystyrenu.

Průběh teplot v konstrukci nebyl v tomto případě graficky vyjádřen, neboť se dá předpokládat, že teplota na vnější straně hlavní hydroizolační vrstvy bude vyšší než návrhových  $-13^\circ\text{C}$ . Z tohoto důvodu je nutné považovat i teploty jednotlivých vrstev v tabulce za spíše pomocné.

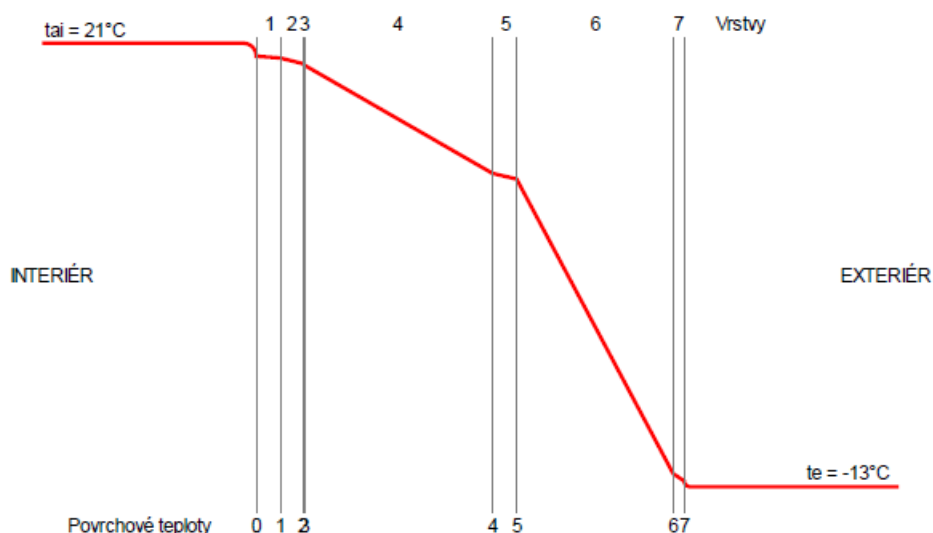
Součinitel prostupu tepla skladbou Z1, Z2 byl určen jako  $U_{Z1,Z2} = 0,07 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ .



OBR. 38. Graf průběhu teplot v skladbě S2 (obvodová stěna bez instalační předstěny) v oblasti bez tepelného mostu.

TAB. 4. Prostup tepla konstrukcí obvodové stěny bez instalační předstěny. Varianta b, prostup skrze tepelný most tvořený dřevěným sloupkem.

Tepelný odpor při přestupu tepla z interiéru $R_{si}$				0,13 [m <sup>2</sup> K/W]	$\theta_0 = 20,03^\circ\text{C}$
$j$	<b>Materiál</b>	$d$ [m]	$\lambda_u$ [W/mK]	$R_j$ [m <sup>2</sup> K/W]	$\theta_j$ [°C]
1	Omítka vápenná	0,015	0,88	0,017	19,38
2	Sádrov. deska fermacell	0,015	0,32	0,047	18,99
4	Parozábrana	0,001	0,172	0,006	18,95
5	Dřevo (smrk)	0,120	0,12	1	10,67
6	Sádrovl. deska fermacell	0,015	0,32	0,047	10,28
7	Isover EPS 100F	0,100	0,037	2,703	-12,09
8	Vnější omítka	0,0055	0,1	0,07	-12,67
Tepelný odpor při přestupu tepla do exteriéru $R_{se}$				0,04 [m <sup>2</sup> K/W]	$\theta_0 = -13^\circ\text{C}$



OBR. 39. Graf průběhu teplot v skladbě S2 (obvodová stěna bez instalační předstěny) v oblasti tepelného mostu.

TAB. 5. Prostup tepla konstrukcí ploché střechy až po vrstvu hlavní hydroizolace. Varianta a, prostup mimo tepelný most tvořený dřevěným nosníkem.

$j$	Materiál	$d$ [m]	$\lambda_u$ [W/mK]	Tepelný odpor při přestupu tepla z interiéru $R_{si}$	
				$R_j$ [m <sup>2</sup> K/W]	$\theta_j$ [°C]
				0,13 [m <sup>2</sup> K/W]	$\theta_0 = 20,03^\circ\text{C}$
1	Omítka vápenná	0,015	0,88	0,017	20,28
2	Sádrov. deska fermacell	0,010	0,32	0,031	20,21
3	Sádrov. deska fermacell	0,010	0,32	0,031	20,15
2	Akustický prvek fermacell	0,025	1,2	0,047	17,55
4	Parozábrana	-	0,172	0,006	17,54
5	Isover AKU	0,120	0,035	3,429	10,13
2	Vzduchová mezera	0,120	0,025	4,8	-0,25
6	OSB deska	0,022	0,13	0,169	-0,61
2	Pojistná hydroizolace	0,040	0,21	0,143	-0,92
7	Isover EPS 100F	0,200	0,037	5,405	-12,6
8	Hlavní hydroizolace	0,0040	0,21	0,143	-12,91
				0,04 [m <sup>2</sup> K/W]	$\theta_0 = -13^\circ\text{C}$

TAB. 6. Prostup tepla konstrukcí ploché střechy až po vrstvu hlavní hydroizolace. Varianta b, prostup přes tepelný most tvořený dřevěným nosníkem.

Tepelný odpor při přestupu tepla z interiéru $R_{si}$				0,13 [m <sup>2</sup> K/W]	$\theta_0 = 20,03^\circ\text{C}$
$j$	<b>Materiál</b>	$d[\text{m}]$	$\lambda_u[\text{W/mK}]$	$R_j[\text{m}^2\text{K/W}]$	$\theta_j[^\circ\text{C}]$
1	Omítka vápenná	0,015	0,88	0,017	20,07
2	Sádrov. deska fermacell	0,010	0,32	0,031	19,96
3	Sádrov. deska fermacell	0,010	0,32	0,031	19,84
2	Akustický prvek fermacell	0,025	1,2	0,047	15,52
4	Parozábrana	-	0,172	0,006	15,5
5	Dřevo (smrk)	0,240	0,12	2	8,28
6	OSB deska	0,022	0,13	0,169	7,67
2	Pojistná hydroizolace	0,040	0,21	0,143	7,16
7	Isover EPS 100F	0,200	0,037	5,405	-12,34
8	Hlavní hydroizolace	0,0040	0,21	0,143	-12,86
Tepelný odpor při přestupu tepla do exteriéru $R_{se}$				0,04 [m <sup>2</sup> K/W]	$\theta_0 = -13^\circ\text{C}$

## KAPITOLA 4

### Diskuze

Následující kapitola si klade za cíl blíže se zabývat možnými alternativami řešení, jež byla zvolena pro navrhovaný rodinný dům a popsána výše. Stejně tak budou uvedeny některé důvody pro volbu navržených řešení.

#### 4.1. Urbanismus, architektura a dispozice domu

Jak už bylo zmíněno v části 1.2, území, na něž byl rodinný dům navrhován, nabylo charakteru zastavěné oblasti teprve v posledních letech. Plocha byla rozdělena na víceméně pravidelné obdélníkové pozemky, přístup na hlavní silnici byl zajištěn pomocí zhutněných šterkových cest. Pod jejich povrchem jsou vedeny hlavní sítě, tj. jednotná kanalizace, vodovod a elektrická energie.

Podobných míst, kde ještě před deseti lety byly zahrady, louky či pole a kde nyní probíhá výstavba, je v České republice velké množství. Kromě nákladů na infrastrukturu, která musí být v nově urbanizovaném území vybudována, připravují obce venkovského charakteru o přechodný pás zeleně, kterým vesnice dříve navazovaly na okolní pole a lesy.

Obce se často snaží uchovat vesnický charakter zástavby různými regulativy, např. požadavkem na sedlovou střechu nově budovaných domů. Takovéto omezení platí i v katastru obce Krakovany (nicméně navrhovaný rodinný dům má plochou střechu v souladu se zadáním bakalářské práce), je ovšem otázkou, zda by z urbanistického hlediska nebylo lepší se vztahovat nikoli k estetice původních vesnických domů (která zcela určitě není definována pouze sedlovou střechou určitého sklonu), ale spíše k okolní kulturní krajině – polím a lesům.

Jednou z možných cest je navrhnout dům co nejméně nápadně, s využitím přírodních materiálů. Kratochvíl (2011) mezi tématy současné české architektury jmenuje snahu o udržitelné stavění, a kromě jiných požadavků a cest jmenuje i „návrat tradičních materiálů s jejich zapomenutými konstrukčními, ale i estetickými kvalitami; hledání harmonického vztahu s krajinným charakterem i inspirace přírodními formami.“

Zelené střechy jsou také jednou z možností, jak dosáhnout propojení vzhledu budovy s okolní krajinou. Oláh v Hanzalové a Šilarové (2005) uvádí: „V případě vegetačných plochých střeich možno dokonca povedať, že napomáhajú včleneniu budov do daného prostredia a pri vhodnej kombinácii takýchto střeich s fasádmi budov a urbanistického riešenia danej lokality vytvárajú subjektívny pocit jednoty prírody a umelého životného prostredia vytvoreného človekom.“

Navržený dům nejde cestou naprosté nenápadnosti, jak je tomu například u referenční realizace *Rodinný dům Vrabec* (viz 2.2.7.4). Takovýto přístup je obzvláště častý u osaměleji stojících rodinných domů, ale vzhledem ke způsobu rozmístění stavebních parcel v zastavovaném území obce Krakovany byl posouzen jako spíše méně vhodný. Navržená dřevostavba se snaží reagovat na svoje okolí – na členitý dům se sedlovou



střechou na sousedním pozemku, na předpokládanou výstavbu v okolí – stejnou mírou jako na okolní pole.

Rodinný dům, který je předmětem této práce, byl nakonec pojat jako spojení dvou bílých, jednoduchých hmot, z nichž obytná je převýšená. Na zelené střeše nad garáží (pobytové) se předpokládá vysazení i vyšších rostlin (levandule, keře, vyšší trvalky) tak, aby byla „střapatost“ povrchu částečně patrná i při pohledu zespodu (jako je to u *Rodinného domu v Praze - Kunraticích*, viz 2.2.7.6) a byla tak mírně narušena přísnost a jednoduchost celkového vyznění stavby.

Z dispozičního hlediska byl dům řešen ve své podstatě jako trojtrakt, kdy ve středu umístěná průchozí chodba odděluje část obsahující garáž a obytné prostory domu. Zároveň je tento průchod reakcí na fakt, že dům je jakoby uzavřen směrem k příjezdové komunikaci a otevírá se do zahrady – je tedy možné rovnou po vstupu hlavním vchodem pokračovat na venkovní terasu. Těžiště předpokládaného společenského života obyvatel je obývací pokoj spojený s kuchyní, který se opět otevírá do zahrady a má přímý vstup na terasu. Terasa půdorysně doplňuje zastavěnou plochu domu ve tvaru L na takřka čtverec.

Existovala samozřejmě možnost řešit garáž samostatně, eventuálně pouze jako kryté stání na pozemku. Podobným způsobem je řešeno místo pro auto v řadě okolních staveb. Z hlediska pohodlí pro užívání je nicméně žádoucí zajistit pro obyvatele z prostoru garážového stání co nejjednodušší přístup do domu, pokud možno bez vystavení nepřízní počasí. Uzamykatelná garáž navíc umožňuje využití pro skladování běžného dalšího vybavení automobilu, například sezónní sady pneumatik apod., bez obav z ukradení.

Přimknutí garáže na hlavní hmotu domu umožnilo využití plochy střechy pro zelenou střechu, která je tak navržena ve dvou úrovních (podobným způsobem je střecha využita v referenční realizaci *Rodinný dům Horská*, viz 2.2.7.5). Snížená hmota garáže je navíc bariérou při pohledu z komunikace na pozemek rodinného domu a opět tak chrání zahradu a také terasu před případnými nežádoucími pohledy.

Hlavní vyvýšená hmota domu je výškově rozdělena na společenské (1. NP) a soukromé (2. NP) obytné prostory. Jak už bylo výše zmíněno, rozměrný obývací pokoj zajišťuje obyvatelům prostor k přípravě pokrmů, stolování, relaxaci i setkávání s přáteli. V letních měsících je možné balkonovými dveřmi snadno z kuchyňského koutu transportovat na terasu nádobí, jídlo a nápoje.

Provedení obývacího pokoje v jednom i se stolováním a kuchyňským koutem má svoje zastánce i odpůrce. Kuchyně oddělená od společenských místností zabraňuje nečekaným hostům, aby nám takříkajíc „viděli až do kuchyně“ a mohli na základě případného neumytého nádobí usuzovat, co obyvatelé domu snídali. Na druhou stranu kuchyně jako pouhá přípravná pokrmů (i v méně extrémním příkladu než je tzv. *frankfurtská kuchyně*, podle Guzik, 2015) odsuzuje kuchařku či kuchaře v průběhu vaření k izolaci od okolí. Vzhledem k možnostem moderních digestoří byla zvolena varianta se spojenou přípravou pokrmů, stolováním a obývacím pokojem.

## 4.2. Konstrukční a materiálová řešení

Dřevostavby rámové konstrukce je možné budovat s různou mírou předchozí prefabrikace. Na českém trhu existují různá řešení – od situace, kdy jsou na místo stavby dodávány již kompletní panely s osazenými okny, až po výstavbu přímo na místě.

Budování rámové konstrukce *in situ* je nevýhodné z časového hlediska, nicméně otevírá prostor pro případné drobné změny v poloze oken, dveří apod., k nimž se objednatel rozhodne až v době výstavby. Stejně tak lze využít i možnosti stavění částečně svépomocí a z toho plynoucích finančních úspor. Proto bylo toto řešení zvoleno i pro rodinný dům, který je navrhován v rámci této bakalářské práce.

Všechny použité dřevěné prvky rámu jsou navrženy ze smrkového dřeva. Základový práh se podle Růžičky (2014) někdy provádí z odolnějších dřev (modřín, dub), eventuálně z aglomerovaných materiálů, ale navržená opatření by měla poskytovat i na vlhkost náchylnějšímu smrku dostatečnou ochranu.

Napojení sloupků na práh čepováním je poněkud náročnější na zručnost a provedení, bylo nicméně zvoleno kvůli větší pevnosti a spolehlivosti spoje.

Deskové materiály byly primárně vybírány z portfolia firmy Fermacell, tepelná izolace od firmy Isover. Bylo to proto, že obě firmy nabízejí certifikovaná řešení detailů konstrukcí vhodná pro navrhovanou stavbu (u Fermacellu to jsou řešení podlah vč. podlahového topení; u Isoveru systém Urbanscape pro zelené střechy) a následně je z finančních důvodů vhodné objednat již co největší množství výrobků od jedné společnosti.

Existuje samozřejmě celá řada použitelných tepelných izolací, z výše zmíněných důvodů však byla nakonec zvolena „tradiční“ minerální vlna v kombinaci s fasádním polystyrenem. Použití polystyrenu ve skladbě zelené střechy je navíc vhodné i proto, že na jeho funkčnost a stabilitu jeho vlastností nemá vliv jeho vlhkost, tj. i v případě selhání hlavní hydroizolační vrstvy by si zelená střecha uchovala své tepelně-izolační vlastnosti.

Navrhované podlahové topení je obvykle považováno za vhodné spíše pod nášlapné povrchy jako je dlažba než pod vlasy dřevěné podlahy. Nicméně výrobci dvouvrstevných plovoucích dřevěných podlah také deklarují dostatečnou vhodnost svých výrobků (o tl. 15 mm) pro podlahové vytápění.

Provedení terasy z modifikovaného dřeva Thermowood bylo zvoleno z důvodu nízké nutnosti údržby za současného zachování přirozeného vzhledu dřeva.

## Závěr

Hlavním cílem předkládané bakalářské práce bylo navrhnout rodinný dům. Tato dřevostavba, stavěná systémem rámové konstrukce a zastřešená plochou zelenou střechou, je popsána jak v textové části bakalářské práce, tak, a to především, v jejích výkresových přílohách. Návrh zelené střechy, kterou nelze v současné době řešit jako difúzně otevřenou, vedl k návržení skladeb stěn také jako difúzně uzavřených.

Navržená dřevostavba je založena na základových pasech, přilehlá terasa spočívá na betonových mikropilotech. Celková zastavěná plocha domu (vč. terasy) je 150,71 m<sup>2</sup>. Součástí objektu je i garáž.

Rodinný dům byl navržen v souladu s požadavky norem na umístění na pozemku, velikost podlahové plochy obytných místností, minimální šířku obytných místností a tepelně-technické vlastnosti obvodových konstrukcí. To, že dům splňuje požadavky normy na součinitel prostupu tepla, bylo v rámci bakalářské práce ověřeno v kapitole 3.2. Návrh se snaží v sobě integrovat požadavky na moderní, pohodlné bydlení, které zároveň není v rozporu s idejemi udržitelného rozvoje.

Zelené střechy, jejichž konstrukce a možné skladby byly zkoumány v části 2.2, byly inspirací pro návrh skladeb Z1 a Z2 ozeleněných střech rodinného domu. Zatímco prostor nad garáží je věnován pobytové, relaxační zelené střešní zahradě, na střechu 2. NP byla navržena vysoce úsporná skladba s využitím jednoho ze systémových řešení, jež jsou rovněž popsána v rámci této bakalářské práce. Stránky popisující důvody pro budování, výhody a nevýhody, skladby a vlastnosti zelených střech jsou těžištěm tohoto textu.

V menší míře pak tato bakalářská práce poskytla přehled o postavení rámových dřevostaveb v rámci konstrukčních systémů dřevěných staveb obecně a dále o historickém vývoji a současné podobě plochých střech.

## Summary

The main objective of the submitted bachelor thesis has been identified as designing a family home. This platform frame wooden building with a green roof is extensively described both in the text part of the thesis and its attachment containing plans of this house. The fact that it is currently not possible to design the green roof as vapour diffusion open one (due to the lack of suitable waterproofing materials), the walls of this structure have been designed as vapour diffusion closed ones as well.

The described wooden building has strip foundations (concrete strips that reach below the frost line). The adjacent Thermowood terrace is founded on a group smaller concrete isolated footings. The total built-on area (including an open terrace) is 150,71 m<sup>2</sup>. The house includes a garage.

The detached house was designed in accordance with all the requirements of the Czech norms pertaining to the placing of the building on the building lot, area of the house's rooms and their minimal dimensions and thermal comfort of future inhabitants based on the properties of the outer walls. The project is attempting to integrate the requirements for a modern, comfortable living standard that is not in conflict with the ideas of sustainable development.

Layers and possible ways of constructing green roofs were investigated in a separate section of this thesis and served as an inspiration for the two types of green roofs designed in the thesis project. One of them is intended to serve as a green terrace with semi-intensive vegetation; the other one is inaccessible and uses one of the system green roof solutions also investigated in this thesis. Pros and cons of constructing green roofs and their properties make up a large portion of the submitted text.

To a smaller extent, the thesis also researches the issues of platform frame buildings and their role among new house construction in the Czech Republic and flat roofs in general.

## Použitá literatura

- [1] ANDERSON, L. How to build a wood-frame house. New York: Dover Publications, 1973, vi, 223 p. Agriculture handbook (United States. Department of Agriculture), no. 73. ISBN 0-486-22954-8.
- [2] BANTING, Doug et al. Report on the Environmental Benefits and Costs of Green Roof Technology for the City of Toronto. Prepared For The City of Toronto and Ontario Centres of Excellence - Earth and Environmental Technologies. Ryerson University, 2005. Dostupné z: [http://www1.toronto.ca/city\\_of\\_toronto/city\\_planning/zoning\\_environment/files/pdf/full\\_report103105.pdf](http://www1.toronto.ca/city_of_toronto/city_planning/zoning_environment/files/pdf/full_report103105.pdf)
- [3] BOHUSLÁVEK, Petr. KUTNAR - Ploché střechy. Vyd. 6. Praha: DEKTRADE, 2007, 111 s. Skladby a detaily. ISBN 978-80-903629-4-9.
- [4] BOHUSLÁVEK, Petr, Vladimír HORSKÝ a Štěpánka JAKOUBKOVÁ. Vegetační střechy a střešní zahrady. Vyd. 2. Praha: DEKTRADE, 2009, 71 s. Skladby a detaily. ISBN 978-80-87215-05-0.
- [5] BOHUSLÁVEK, Petr, Zdeněk REINBERK a Vladimír VYMĚTALÍK. Prostup tepla vícevrstvou konstrukcí a průběh teplot v konstrukci. TZB-info [online]. 2014. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/140-prostup-tepla-vicевrstvou-konstrukci-a-prubeh-teplot-v-konstrukci>
- [6] LE CORBUSIER. Trois rappelles: Le plan. In: Vers une architecture. Vyd. 2. Paris: Les éditions G. Crés et Cie. 1925 Dostupné z: [http://www.mondothèque.be/wiki/images/d/d4/Corbusier\\_vers\\_une\\_architecture.pdf](http://www.mondothèque.be/wiki/images/d/d4/Corbusier_vers_une_architecture.pdf)
- [7] ČERMÁKOVÁ, Barbora a Radka MUŽÍKOVÁ. Ozeleněné střechy. 1. vyd. Praha: Grada, 2009, 246 s. Stavitel. ISBN 978-80-247-1802-6.
- [8] FERMACELL. Podlahové systémy. Plánování a zpracování. [Firemní brožura] Dostupné z: [https://www.fermacell.cz/cz/docs/Podlahove-systemy\\_fermacell-planovani-zpracovani.pdf](https://www.fermacell.cz/cz/docs/Podlahove-systemy_fermacell-planovani-zpracovani.pdf)
- [9] GUZIK, Hubert. Co zbylo z minimální kuchyně? In: DULLA, Matúš. Kapitoly z historie bydlení. Praha: Česká technika – nakladatelství ČVUT, 2015. ISBN 978-80-01-05433-8.
- [10] HÁJEK, Petr a kol. Pozemní stavitelství pro 1. ročník SPŠ stavebních. Vyd. 6., přeprac. Praha: Sobotáles, 2005, 166 s. ISBN 80-86817-12-1.
- [11] HÁJEK, Václav a kol. Pozemní stavitelství II pro 2. ročník SPŠ stavebních. 2. vyd. Praha: Sobotáles, 1999, 218 s. ISBN 80-85920-59-x.
- [12] HÁJEK, Václav. Pozemní stavitelství III: pro 3. ročník SPŠ stavebních. 3., upr. vyd., V Sobotáles vyd. 2. Praha: Sobotáles, 2004, 328 s. ISBN 80-86817-04-0.
- [13] HÁJEK, Petr a kol. Pozemní stavitelství IV: pro 4. ročník SPŠ stavebních. Vyd. 3., upr., V Sobotáles 2. Praha: Sobotáles, 2006, 207 s. ISBN 80-86817-18-0.
- [14] HANZALOVÁ, Lenka a Šárka ŠILAROVÁ. Ploché střechy. Praha: Informační centrum ČKAIT, 2005. Technická knižnice autorizovaného inženýra a technika. ISBN 80-86769-71-2.
- [15] HIMMELHUBER, Petr. Dřevěné terasy. Praha: Grada, 2012, 104 s. ISBN 978-80-247-4003-4. Dostupné z: [https://books.google.cz/books/about/D%C5%99ev%C4%9Bn%C3%A9\\_terasy.html?id=SklurnWlnPkC&redir\\_esc=y](https://books.google.cz/books/about/D%C5%99ev%C4%9Bn%C3%A9_terasy.html?id=SklurnWlnPkC&redir_esc=y)
- [16] ISOVER. Vegetační střechy. Hydrofilní a hydrofobní minerální vlna. Pěnový polystyren. [Firemní brožura] Dostupné z: [http://www.isover.cz/sites/isover.cz/files/assets/documents/vegetacni\\_strechy\\_12-2016.pdf](http://www.isover.cz/sites/isover.cz/files/assets/documents/vegetacni_strechy_12-2016.pdf)

- [17] JEHLÍK, Jan. Jiný pohled: Problém měst. Be the Best. Praha: C.O.T. media, 2010(3), 20-21. ISSN 1214-6315. Dostupné z: <http://cotmedia.cz/ecasopisy/bethebest/0310/>
- [18] JELÍNEK, Lubomír. Dřevěné a kovové konstrukce. Strakonice: Economy Class Company, 2008.
- [19] KOHOUT, Jaroslav, Antonín TOBEK a Pavel MÜLLER. Tesařství: tradice z pohledu dneška. 8. upr. a dopl. vyd. Praha: Grada, 1996, 255 s. Stavitel. ISBN 80-7169-413-4.
- [20] KOLB, Josef. Dřevostavby: systémy nosných konstrukcí, obvodové pláště. 2., aktualiz. vyd. v České republice. Praha: Grada, 2011, 317 s. ISBN 978-80-247-4071-3.
- [21] KRATOCHVÍL, Petr. Současná česká architektura a její témata. Praha: Paseka, 2011. ISBN 978-80-7432-110-8.
- [22] LANGENBACH, Randolph. Resisting Earth's Forces: Typologies of Timber Building in History. In: Structural Engineering International, 2/2008, s.137-140. ISSN 1683-0350.
- [23] NOVOTNÝ, Jan. Cvičení z pozemního stavitelství pro 1. a 2. Konstrukční cvičení pro 3. a 4. ročník SPŠ stavebních. Praha: Sobotáles, 2007. ISBN 978-80-86817-23-1.
- [24] NOVOTNÝ, Marek, Ivan MISAR a Stanislav ŠUTLIAK. Hydroizolace plochých střech. Vyd. 1. Praha: Grada, 2014, 224 s. ISBN 978-80-247-5002-6.
- [25] OSN: Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. Sustainable development knowledge platform [online]. [cit. 2017-02-26]. Dostupné z: <https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld>
- [26] POČINKOVÁ, Marcela a Danuše ČUPROVÁ. Úsporný dům. 1. vyd. Brno: ERA, 2004, x, 183 s. 21. století. ISBN 80-86517-96-9.
- [27] ROY, Robert L. Timber framing for the rest of us: a guide to contemporary post and beam construction. Gabriola Island, BC: New Society Publishers, 2004, xi, 177 p. ISBN 0865715084.
- [28] RŮŽIČKA, Martin. Moderní dřevostavba. 1. vyd. Praha: Grada, 2014, 156 s. ISBN 978-80-247-3298-5.
- [29] SHERWOOD, Gerald E a Robert C STROH. Wood-frame house construction. Dover ed. New York: Dover Publications, 1990, v, 260 p. ISBN 0-486-26401-7.
- [30] TRELOAR, Graham John. A Comprehensive Embodied Energy Analysis Framework. Geelong, 1998. Disertační práce. Faculty of Science and Technology, Deakin University. Vedoucí práce Roger Fay. Dostupné z: <https://dro.deakin.edu.au/eserv/DU:30023444/treloar-comprehensive-embodied-1998.pdf>
- [31] VANWOERT, Nicholas D. et al. Green Roof Stormwater Retention: Effects of Roof Surface, Slope and Media Depth. Journal of Environmental Quality. 2005, 34(3). Dostupné také z: <http://hrt.msu.edu/assets/PagePDFs/tom-fernandez/VanWoert-JEQ-2005.pdf>
- [32] VAVERKA, Jiří a kol. Dřevostavby pro bydlení. 1. vyd. Praha: Grada, 2008, 376 s. Stavitel. ISBN 978-80-247-2205-4.
- [33] VEDAG. Zelená střecha VEDAFLOR. [Firemní brožura] Dostupné z: [http://www.vedag.cz/fileadmin/fm-cz/Ke\\_stazeni/Brozury/Zelena\\_strecha\\_2010\\_web.pdf](http://www.vedag.cz/fileadmin/fm-cz/Ke_stazeni/Brozury/Zelena_strecha_2010_web.pdf)
- [34] YANG, Hong Seok, Jian KANG et Min Sung CHOI. Acoustic effects of green roof systems on a low-profiled structure at street level. Building and Environment. 2011, (50).