

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV POZEMNÍHO STAVITELSTVÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF BUILDING STRUCTURES

SEMINÁRNÍ PRÁCE ZELENÉ STŘECHY

AUTOR PRÁCE

BC.MIROSLAV ROSZKA

VEDOUCÍ PRÁCE

ING. MIROSLAV SPÁČIL CSC.

BRNO 2013

1 Obsah

1	Obsah.....	1
2	Historie vegetačních střež 4	4
3	Význam vegetačních střež..... 5	5
3.1	Výhody 5	5
3.1.1	Stavebně fyzikální vlivy:..... 5	5
3.1.2	Ekologické vlivy 6	6
3.1.3	Ekonomické vlivy 6	6
3.2	Nevýhody: 6	6
4	Dělení vegetačních střež..... 7	7
4.1	<i>Extenzivní ozelenění</i> 7	7
4.2	<i>Intenzivní ozelenění</i> 8	8
4.3	Biotopní vegetační střežy 9	9
5	Vrstvy vegetačního souvrství 10	10
5.1	Nosná konstrukce 10	10
5.2	Tepelně izolační vrstva..... 11	11
5.3	Hydroizolační vrstva 12	12
5.4	Separáční vrstva 12	12
5.5	Dilatační vrstva 12	12
5.6	Drenážní vrstva 12	12
5.7	Filtrační vrstva..... 13	13
5.8	Hydroakumulační vrstva 14	14
5.9	Vegetační vrstva 14	14
5.10	Ochranná vrstva proti prorůstání kořenů..... 14	14
5.11	Půda..... 16	16
5.11.1	Obecné požadavky 16	16
5.11.2	Složení substrátu 16	16
5.12	Rostliny 17	17
5.12.1	<i>Extenzivní ozelenění</i> 17	17
5.12.2	<i>Intenzivní ozelenění</i> 18	18
6	Konstrukční zásady 19	19
6.1	Zelené ploché střežy 19	19

6.2	Zelené šikmé střechy	19
7	Bezpečnostní opatření	20
7.1	Opatření proti technickým závadám	20
8	Fungování vegetačních střech	21
8.1	Extenzivní zeleň	21
8.2	Intenzivní zeleň	21
9	Zavlažování zelených střech	22
9.1	Závlahový systém OPTIGREEN	22
9.2	Závlahové systémy GARDENA	23
9.2.1	Originál GARDENA systém	23
9.2.2	GARDENA Sprinkler – systém	24
10	Závěr.....	25
11	Použitá literatura	26
12	Přílohy	27

2 Historie vegetačních střeš

Vegetační střešy mají tisíciletou historii. Intenzivní vegetační střešy neboli střešní zahrady se realizovaly již ve starověku převážně jako součást vzhodných sídel panovníků.

První střešní zahrady byly prokázány již za doby panování krále Šalamouna v letech 917 - 929 př. n. l. Z této doby pocházejí vykopávky v Ninive, které dokazují existenci střešních zahra. Známe jsou rovněž visuté zahrady Semiramidiny. (viz. příloha – obr. 1) vybudované v Babylónu za panování krále Nabukadnesara II. v letech 605 – 562 př. n. l. Tyto zahrady byly považovány za jeden z tehdejších sedmi divů světa. Ve starověkém Římě se dokonce stala vegetační střeš (střešní zahrada) nezbytnou součástí většiny patricijských domů a paláců. Příkladem je Diomédův palác objevený za hradbami Pompejí. V roce 28 př. n. l. vznikla kruhová hrobka císaře Augusta. (viz. příloha – obr. 2) Tato stavba měla taktéž terasu osázenou zelení, jako byly například cypřiše a květiny v přenosných nádobách. [1]

V prvních čtyřista letech našeho letopočtu, je vývoj zelených střeš přerušen. Další významnou stavbou je palác Medicejských, nazývaný Villa Careggi. Tento palác vznikl v renesanci ve Florencii. Zajímavý je mimo jiné i tím, že střešní zahrada a osázené terasy mají rozlohu více než 1000 m². V renesanci a pozdějším období se i nadále vyvíjejí a rozšiřují terasovité zahrady a stavby zelených střeš. Většinou se ale jedná o reprezentativní a nákladné stavby, a proto je to záležitost spíše vyšších vrstev obyvatelstva.

Od roku 1867 dochází k významnému zjednodušení a bezpečnějšímu řešení zelených střeš. Dochází k vynálezu železobetonu, který navíc prodlužuje životnost konstrukcí. Stavbou u které dochází ke spojení těchto prvků je nájemní dům v Lombardii, postavený roku 1887 architektem F. Hennebiquem.

Počátek 20. století přináší rozvoj střešních zahrad. O tuto skutečnost se nemálo zasloužil i významný světový architekt Le Corbusier. Architekt prohlásil, že zelenou střešou nahoře se vrátí přírodě zastavěná plocha dole. Vegetační střešní plochy se stávají důležitou součástí jeho urbanistických koncepcí.

Do 40. let vzniká poměrně dost střešních a terasovitých zahrad. Přesto mnoho projektů zůstalo bez realizace. Objevují se různé problémy ve stavebním a konstrukčním řešení střeš. Stále nejsou vyjasněny otázky vhodných rostlin a půdních substrátů. Dále je zde problém nadměrné hmotnosti půdních substrátů a stavebních materiálů. Toto vše je hlavní překážkou rozvoje vegetačních střeš a zelených teras. [1]

Po druhé světové válce, kdy dochází k rozvoji chemického průmyslu i plastických hmot. To vede současně k mnohým uspokojivým řešením vegetačních souvrství. K rozvoji projektů a staveb dochází zejména ve Švýcarsku a Německu po roce 1950.

Kolem 80. let 20 století přibývá významných ozeleněných ploch. Střešní zeleň se stává významnou podporovanou součástí humanizace obytných prostředí. K největšímu rozvoji dochází v té době v Německu. Dochází k využití nových stavebních technologií a poznatků. Střešní zahrady jsou zde zakládány na střeších s poměrně malou únosností a rostliny jsou osazovány do tenkých vrstev substrátu (4 – 10 cm.). Z těchto technologických poznatků vycházejí i dnešní moderní koncepce a studie.

Na našem území se zelené střešní zahrady začínají osazovat od druhé poloviny 19. století. Z historických průzkumů, které jsou zásluhou světových válek mnohdy neúplné, lze vyčíst, že prvním doloženým pokusem o ozelenění střešní konstrukce je zámecká konírna v Lipníku nad Bečvou. (viz. příloha – obr. 3) Další z mnoha významných staveb na našem území je hotel Thermal v Karlových Varech, postavený v poválečném období, roku 1976.

3 Význam vegetačních střech

Dnes je hlavní význam extenzivních vegetačních střech spojený s humanizací a ekologizací lidských obydlí. V Německu bylo například v roce 1989 realizováno zhruba milion čtverečních metrů vegetačních střech. V některých částech této země musí být střechy průmyslových budov ozeleněny povinně. Ve švýcarských městech, platí podobný zákon pro všechny novostavby a u stávajících budov včetně historických je požadováno ozelenění 20% střešní plochy.

3.1 Výhody

3.1.1 Stavebně fyzikální vlivy:

- Ochrana před výkyvy teplot v zimním a letním období
- Ochrana před mechanickým poškozením střešního pláště
- Lepší zvuková izolace, snížení odrazu zvuku
- Jsou považovány za nehořlavé (pokud není vegetace vyschlá dlouhodobým suchem)

3.1.2 Ekologické vlivy

- Zpětné získání významné ekologické plochy (vytváří životní prostor pro hmyz)
- Snížení prašnosti a filtrace škodlivin z ovzduší
- Absorpce kyslíčnicku uhličitého a dodávání kyslíku fotosyntézou do ovzduší
- Důsledek odpařování vody – zlepšení mikroklimatu (zmenšuje kolísání vlhkosti vzduchu)
- Zadržování srážkové vody (podle regionu a typu může zelená střecha zadržet 30 až 99% z celkového množství srážkové vody za rok)
- Zajištění ochrany před elektrosmogem

3.1.3 Ekonomické vlivy

- Úspora energií (vegetace zlepšuje tepelné izolační vlastnosti střechy)
- Snížení nákladů na údržbu celé střešní konstrukce (účinná ochrana vegetační vrstvou)
- Intenzivní ozelenění vytváří nový využitelný prostor např. obytnou zahradu (bez nutnosti dalšího záboru půdy)
- Estetická funkce
- Významný architektonický prvek
- Možnost využití zelených ploch pro pobyt lidí a relaxaci (zlepšení prostředí člověka pro práci a bydlení)
- Šíření aromatické vůně do okolního prostředí

3.2 **Nevýhody:**

- Vyšší finanční prostředky (nutná kvalitnější hydroizolace, pracnost výstavby)
- Statické zesílení nosné střešní konstrukce (značné přetížení od vegetačního souvrství)
- Náročnost při vybudování, následná nutná péče (u intenzivního ozelenění také náročná údržba, u extenzivního ozelenění je také nutná údržba porostu 1 – 2x ročně)

4 Dělení vegetačních střech

Pod pojmy vegetační nebo zelená střecha si lze představit různé podoby této konstrukce. Některé formy vegetace (lišejníky, mechy) se vyskytují na téměř každé střeše. Pojem vegetační střecha však zahrnuje konstrukce, na kterých byla úmyslně vybudována vrstva půdy vhodná pro růst rostlin.

V literatuře se vyskytuje mnoho různých druhů dělení střech, avšak základní dělení vegetačních střech rozlišuje střechy dle způsobu provedení vegetační vrstvy a dle osázení rostlinami na extenzivní a intenzivní ozelenění. Rozdíl mezi těmito dvěma typy vegetačních střech je převážně v hmotnosti vegetačního souvrství a tloušťce substrátu. V některých případech je používáno doplňující dělení na „biotopní“ střešní zeleň nebo „jednoduchou intenzivní“ a „intenzivní“ zeleň, popřípadě je možno se setkat i s pojmy typu „vegetační střecha“ a „střešní zahrada“.

4.1 Extenzivní ozelenění

Extenzivní ozelenění plní v první řadě funkci estetickou (vyznačuje se nižší vrstvou substrátu) a ve většině případů není poružná. Principem extenzivní střechy je, že lze zakládat i na střechách s menší únosností střešního pláště. Minimální přípustná únosnost pro ozelenění střešního pláště však je $0,6 \text{ kN/m}^2$. Tato malá únosnost dovoluje používat jen nižší vrstvy vegetačních substrátů (objemová hmotnost hlíny je cca $0,17 \text{ kN/m}^2$). Vysazují se pouze specifické druhy zeleně, které vyžadují jen velmi malou péči a údržbu. Takovými rostlinami jsou různé druhy trvalek, trav a některé druhy polokeřů a nízkých keřů. Je však důležité vědět, že veškeré rostliny na površích střech vyžadují jistý způsob údržby a obnovy.

Takto ozeleněná střecha vyžaduje dodatečné osívání, hnojení a doplňování složek substrátu v cyklech tří až pěti let. Zároveň vyžaduje zavlažování po dlouhých obdobích sucha a kosení.

Optimální tloušťka substrátu je 40 – 180 mm. Pro výsadbu keřů se doporučuje zvýšit tloušťku substrátu jen lokálně, což vyvede menší požadavky na statiku stavby. Podrobněji lze ještě ozelenění rozlišit dle tloušťky na:

- 3–6 cm; mechy a předpěstované koberce trávy
- 6–15 cm; skalničky a tráva vysazovaná přímo na střeše
- 15–20 cm; některé plazivé dřeviny.

Pro úplnost uvádu specifikaci dle Ing. Botana a Doc. Ing. Koutský, CSc. vydanou v časopise Stavební obzor 2/94 pod názvem ZELENE STRECHY I:

„Zakládají se na střeších s malou únosností, ve vegetační úpravě dosahují hmotnosti 60 ~ 300 kg/m², vzhledem k tomu mají rostliny k dispozici jen malou vrstvu vegetačního substrátu (2 až 15 cm). Na extenzivní střešní zeleň se nejlépe hodí víceleté trávy, domácí divoké byliny, dřeviny, plošně se rozrůstající trvalky a především takové druhy rostlin, které bez ujmy přežijí období vyschnutí, při dodání vláhy snadno regenerují a nevyžadují pravidelnou a častou údržbu. Zpravidla se tyto střechy nebudují jako pochůzné, ale plní více funkcí, zejména ekonomickou, estetickou, ekologickou a psychologicko-hygienickou.

4.2 Intenzivní ozelenění

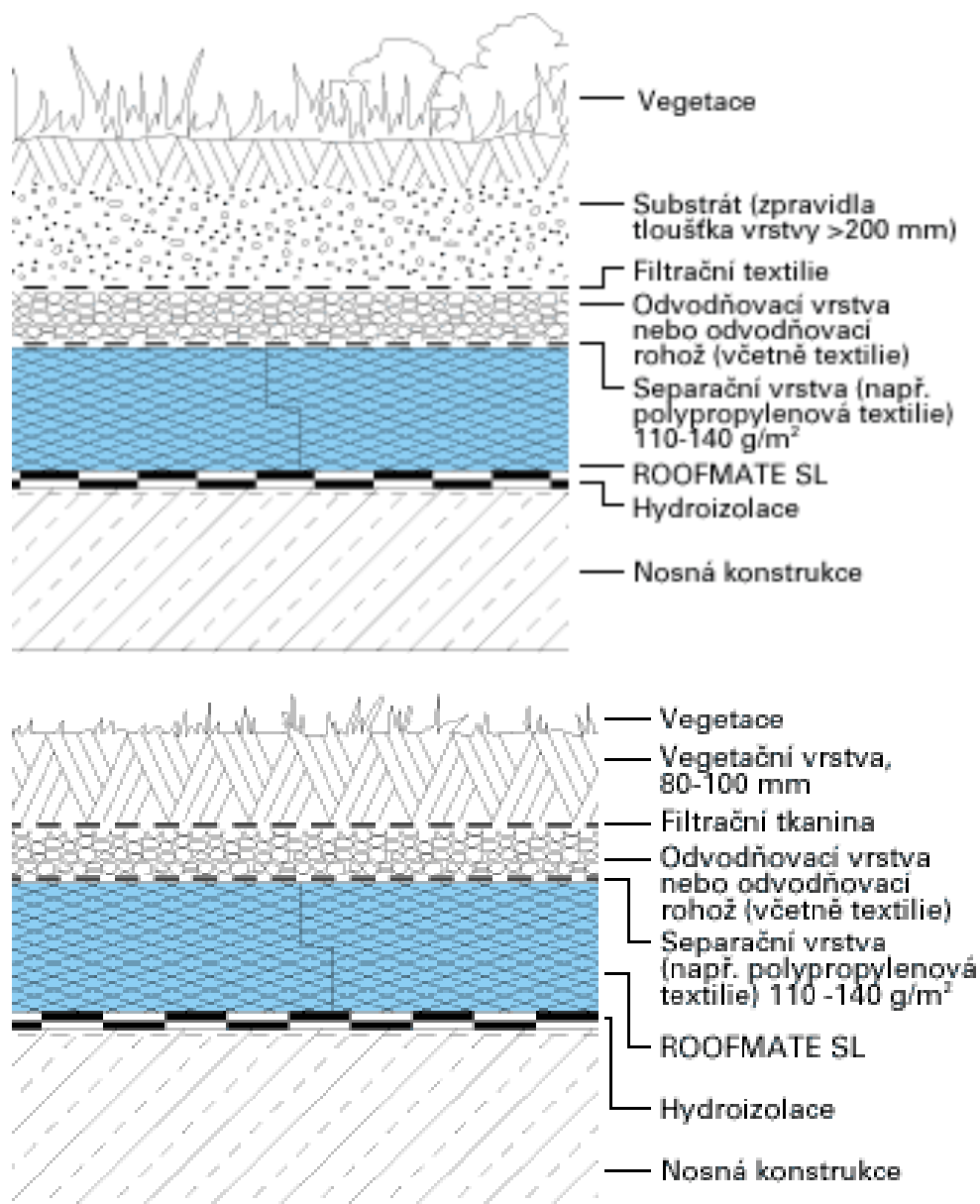
Intenzivní střechy se navrhují jako střechy porůzné. Střešní zeleň se zakládá na střešních konstrukcích, které mají únosnost vyšší. Pro tyto střechy je charakteristická větší tloušťka substrátu, která se pohybuje v rozmezí 30 – 100 cm a může být i vyšší. Mohou sloužit i jako plocha určená k rekreaci, reprezentaci, nebo komerčním účelům (např. zahradní restaurace). V budoucnu je možné, takovéto plochy využívat i zemědělsky. Rostliny lze pro osázení vybírat jakékoliv, pouze u dřevin je potřeba přihlížet k únosnosti střešní konstrukce.[2]

Střešní zeleň můžeme rozdělit na:

- jednoduchou, zakládanou z druhů odolných a rozrůstavých, aby byla méně náročná na údržbu;
- náročnou, využívající široký sortiment rostlin (trvalky, keře a menší stromy), udržované trávničky.

O takovouto zahradu musí být pravidelně pečováno a náklady na údržbu mohou být vyšší, vzhledem k horší dostupnosti střešní plochy. U této zahrady je vhodné použití závlahového systému, z důvodu nutnosti pravidelné závlahy porostu. Závlahové systémy se dají pořídít jako nadpovrchové, nebo podpovrchové.

Obr. 1) Příklady extenzivního a intenzivního ozelenění střechy [10]



4.3 Biotopní vegetační střechy

Biotopní střechy plní především ekologickou funkci, vzhled střechy je zcela podřízen místním podmínkám pro vegetaci a může se během let měnit. Náklady na běžnou údržbu biotopní střechy jsou srovnatelné s klasickou plochou střechou.

Při biotopním ozelenění je vegetace na střeše ponechána nerušeně sama sobě bez péče a nákladů na údržbu. Jedná se o přirozenou symbiózu rostlinných společenstev schopných samostatného přežití a případné samoobnovy. Biotopní rostlinný pokryv se skládá ze sukulentů, mechů a některých druhů trav a bylin, kterým vyhovují konkrétní stanovištní podmínky a jsou schopny přežít jak extrémní sucha, tak občasné přemokření.

Biotopní porosty se zakládají na minerálním substrátu se stabilní strukturou odolnou působení všech klimatických činitelů. Optimální tloušťka substrátu je 40 – 120mm. Při vyšší tloušťce substrátu dochází k bujení rychleji rostoucích a méně odolných rostlin, které původní flóru uduší a samy pak v méně příznivém období uhynou. U biotopních střech se v žádném případě nepočítá s přihnojováním, zavlažováním, ani jinými nepřírozenými zásahy do koloběhu života rostlin.[11]

5 Vrstvy vegetačního souvrství

5.1 Nosná konstrukce

Nosná konstrukce pod vegetační střechou musí přenést zatížení od vegetační vrstvy při plném nasycení (zatížení) vodou. Z výše uvedeného vyplývá, že nosná konstrukce vegetačních střech musí být staticky dosti únosná. Pokud je střecha osázena intenzivním ozeleněním, je možné i lokální přetížení od keřů a stromů. Zároveň je nutné uvažovat i o dynamických účincích, například od větru a sněhu, které závisí na velikosti a výšce osázených dřevin.

Tab. 1) Příklady plošných hmotností střech a zatížení hrubou vegetační vrstvou tl. 1 cm, při zatížení vodou [3]

Materiál nasycený vodou ve vrstvě tl. 1 cm	Plošná hmotnost [kg/m²]	Zatížení [kN/m²]
<i>Zemina průměrné kvality</i>	16 - 20	0,16 – 0,20
<i>Písek, štěrkopísek</i>	20 – 22	0,20 – 0,22
<i>Štěrk</i>	16 – 18	0,16 – 0,21
<i>Rašelina</i>	7 – 9	0,07 – 0,09
<i>Zemina a rašelina</i>	13 - 15	0,13 – 0,15

5.2 Tepelně izolační vrstva

Tepelná izolace obecně zabraňuje nežádoucímu úniku tepla – zamezuje tepelným ztrátám popř. tepelným ziskům, čímž zajišťuje požadovaný stav vnitřního prostředí. Tento fakt zcela platí i v případě vegetačních střeš.

Obecná dimenze tepelně izolačních vrstev vycházejí z požadavků ČSN, nebo EN na minimální tepelný odpor R . Pro posouzení platí že, $R \geq R_n$. Pro výpočet tepelného odporu platí:

$$R = \sum \frac{d_i}{\lambda_i}, \text{ kdy } d_i \text{ jsou tloušťky jednotlivých vrstev střešního pláště a}$$

λ_i jsou tepelné vodivosti jednotlivých vrstev střešního pláště.

U vegetačních střeš je však nutnost používat takové materiály tepelných izolací, které jsou odolné proti namáhání v tlaku, z důvodů velkého zatížení vegetačního souvrství

Tab. 2) Materiály tepelných izolací a jejich objemová hmotnost [3]

Materiál	Objemová hmotnost [kg/m³]
<i>Pěnové plasty</i>	
Pěnový polystyrén	13 – 30
Extrudovaný polystyrén	20 – 35
Pěnový polyuretan	20 – 50
Polyuretan pěněný zvláštními pěnidly	20 – 40
Pěnové PVC	30 – 40
<i>Lehčené pěnové tepelné izolace</i>	
Pěnové sklo	160
Expandovaný perlit	120
<i>Vláknité tepelné izolace</i>	
Desky z minerální plsti	150 – 200
Rohože ze skleněné plsti	15 – 70
Rohože z minerální plsti	40 – 70
<i>Ekologické tepelné izolace</i>	
Korkové	50 – 150
Na bázi papíru	20 – 100

5.3 Hydroizolační vrstva

Tato vrstva zajišťuje vodotěsnost střešního pláště. Chrání před atmosférickou, případně provozní a technologickou vodou. Materiály pro provádění této vrstvy jsou asfaltové pásy, povlaky z PVC, popřípadě pryžové fólie.

U zelených střech je nutné, aby byla hydroizolační vrstva odolná proti případnému prorůstání kořínků rostlin. Spoje takovéto izolace musí být provedeny lepením, či svařováním a ve všech případech musí být vytažena nad všechna souvrství, tedy až nad vegetační vrstvu. Minimální sklon hydroizolační vrstvy by měl být 1%, ideální však je sklon zvýšit na 2%.

5.4 Separační vrstva

Separační vrstva od sebe odděluje dvě vrstvy střešního pláště. Tyto vrstvy je většinou nutné oddělit od sebe z výrobních důvodů. Nemusí, ale může zároveň zajišťovat také funkci dilatační. Tuto vrstvu lze vytvořit z volně položených asfaltových pásů (typu A), folií PVC či nenasákavých textilií. Taktéž tato vrstva by měla být odolná proti prorůstání kořenů. [3]

5.5 Dilatační vrstva

Dilatační vrstva má zabránit mechanickému poškození hydroizolačního systému a případné akumulaci vody. Pro vytvoření této vrstvy je možné použít materiály jako asfaltové pásy (minimálně typ R s nenasákavou nosnou vložkou), z různých nenasákavých a nehnijících polyesterových, propylenových nebo skleněných textilií. Všechny tyto materiály mohou zároveň plnit funkci separační.

Pokud však pod dilatační vrstvu umístíme vrstvu separační, je možné použít jako materiál dilatační vrstvy, také písek, nebo jemný popílek, v minimální tloušťce 10 mm.

5.6 Drenážní vrstva

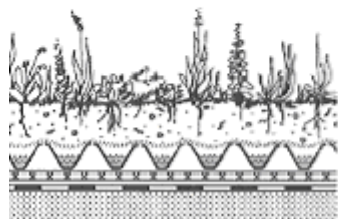
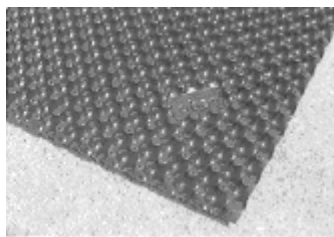
Tato vrstva plní odvodňovací funkci celého souvrství. Odvádí přebytečnou vodu srážkovou či závlahovou pryč od kořenového systému rostlin. U extenzivního ozelenění musí

rozmístění zrn v drenážní vrstvě odvést vodu bez lokálních či plošných přebytků. U intenzivního ozelenění se drenážní vrstva využívá i jako zásobárna vody.

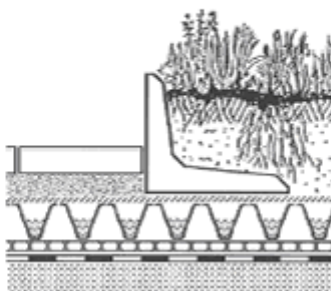
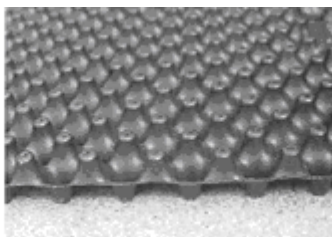
Tloušťka drenážní vrstvy závisí na druhu vegetace, druhu materiálu, spádu a způsobu zhotovení. Doporučené materiály pro tuto vrstvy jsou: štěrk, hrubě drcený lávový štěrk, keramzit, smyčková rohož z plastické vlny, desky z pěnové hmoty, nebo vzájemně slepené velké kuličky EPS.

Obr. 2) Příklady drenážních vrstev FLORADRAIN [8]

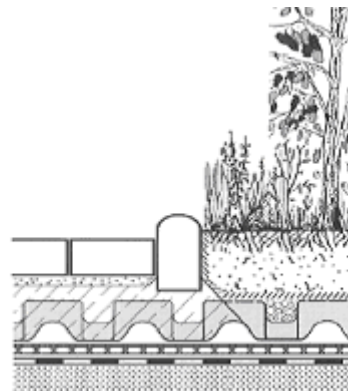
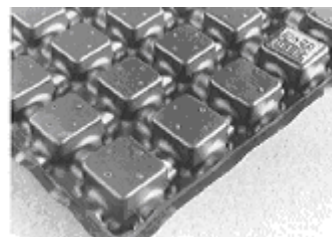
A) Systém pro extenzivní
zazelenění na střechách
se sklonem.



B) Systém pro náročná
extenzivní a nenáročná
intenzivní ozelenění.



C) Systém pro rozsáhlé
využití střešních
prostor.



5.7 Filtrační vrstva

Filtrační vrstva tvoří úlohu filtru. Chrání drenážní vrstvu před usazováním drobných částic vymývaných závlahou nebo deští z půdní vrstvy. Obvykle se používají rohože z minerální nebo čedičové plsti, tkaniny a rouna ze syntetických textilií. Pokládka se provádí s přesahem nad úroveň drenážní vrstvy.

5.8 Hydroakumulační vrstva

Hydroakumulační vrstva má jímat a zadržovat potřebnou vodu pro růst rostlin. Provádí se ze směsí stelivové rašeliny, zahradnické zeminy, borové kůry i vylehčujících složek z perlitu. Tloušťka vrstvy závisí na navrhované vegetaci (300 – 1500 mm). Tuto vrstvu je možné provádět také z tuhých minerálních desek, které nejsou hydrofobizované a jejich dominantní vlastností je schopnost intenzívně jímat značné množství vody. [4], [2]

5.9 Vegetační vrstva

Do této vrstvy se osazují rostliny, nebo se opatřuje kobercem s předpěstovanou vegetací. V závislosti na typu ozelenění, by se měla volit skladba substrátů tak, aby vytvářela co nejpřirozenější prostředí pro růst rostlin. Struktura zeminy by měla být stabilní, bez plevelných rostlin. Měla by být dostatečně savá, propustná, aby se při deštích nerozbahňovala a přirozeně vzdušná. [3]

Nejčastěji se používá směs rašeliny, zahradní zeminy, borové kůry, ale lze použít i hydrofilní desky z minerálních plstí, např. ORSIL AGRO.

Tloušťky vegetační vrstvy:

- 150 – 200 mm, pro zatravnění
- 200 – 300 mm, pro letní květiny a květinové keře
- 400 – 700 mm, pro stromy a keře s malými korunami
- 800 – 1500 mm, pro ostatní stromy a keře [2]

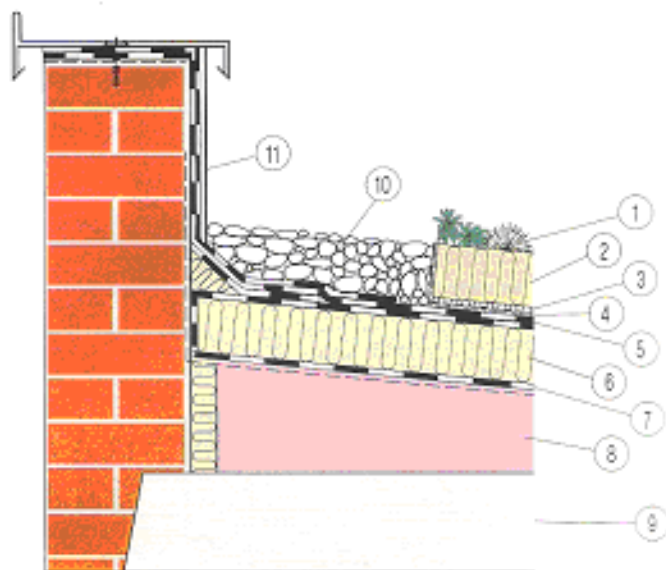
5.10 Ochranná vrstva proti prorůstání kořenů

Pro správnou funkci je nutné zajistit, aby kořeny rostlin neprorůstaly hydroizolační vrstvou. Dříve se jako ochranná vrstva používaly betonové mazaniny, a speciální tuhé polyetylenové fólie.

V dnešní době má řada hydroizolačních materiálů speciální atest proti prorůstání kořenů a proto není tato vrstva v konstrukci potřebná.

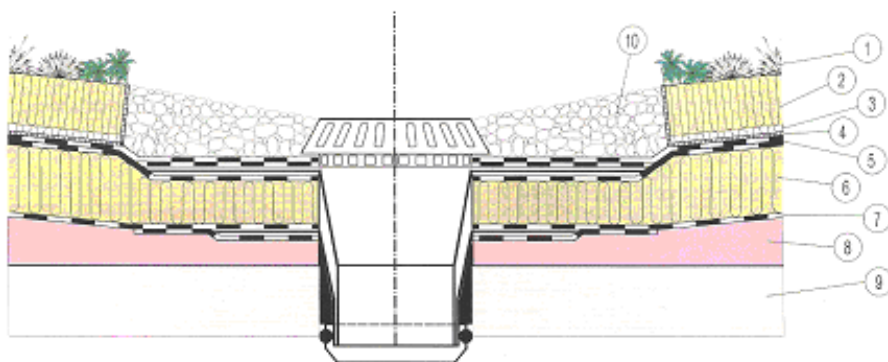
Detailní skladby střešního souvrství u atiky a u vpusti viz. obrázky níže.

Obr. 4) Detail skladby u atiky [5]



- 1) Krycí vrstva s vegetací
- 2) ORSIL AGRO
- 3) Drenážní vrstva
- 4) Separační vrstva
- 5) Hydroizolační souvrství
- 6) Tepelná izolace – desky Orsil S
- 7) Parozábrana
- 8) Spádová vrstva
- 9) Stropní konstrukce
- 10) Zásyp oblázky
- 11) Ochrana svislé hydroizolace

Obr. 5) Detail skladby u vpusti [5]



- 1) Krycí vrstva s vegetací
- 2) ORSIL AGRO
- 3) Drenážní vrstva
- 4) Separační vrstva
- 5) Hydroizolační souvrství
- 6) Tepelná izolace – desky Orsil S
- 7) Parozábrana
- 8) Spádová vrstva
- 9) Stropní konstrukce
- 10) Zásyp oblázky

5.11 Půda

5.11.1 Obecné požadavky

Půda vegetačních střeš se pochopitelně svou mocností i složením musí uzpůsobit dle typu střechy, zda se jedná o extenzivní popř. intenzivní. V obecném případě by substrát měl mít tyto vlastnosti:

- dle možností maximálně lehký;
- dostatečné uvolňování živin;
- dobré udržování vláhy;
- odolnost vůči erozi;
- propustnost vody;
- dostatečný podíl vzduchových pórů;
- minimální obsah výživných látek s ohledem na možné zatížení životní prostředí jejich vyplavováním;
- výchozí materiály pro vegetační substráty by neměly obsahovat žádná semena, živé rostliny nebo regenerace schopné rostlinné části (například kořínky rostlin).

5.11.2 Složení substrátu

Zjednodušený popis uvádí, že substrát by měl obsahovat 30 až 40 objemových procent pevných látek, 60 až 70 procent objemových procent pórů. Z toho 35 až objemových procent vody a 15 až 20 objemových procent vzduchu. Nejvhodnější je lehce kyselá půda – pH okolo 6. Uvedená fakta se vztahují na extenzivní zeleň.

„Zemina pro extenzivní střešní zeleň má zcela specifický charakter a posuzuje se podle řady kritérií:

- rozdělení zrnitosti
- odolnosti proti mrazu a obecně proti vlivům povětrnosti
- stability struktury (tvaru zrn)
- propustnosti pro vodu
- schopnosti jímat vodu
- obsahu klíčivých semen a částí rostlin, které jsou schopny regenerovat a které se řadí do kategorie plevelů
- přírůstku hmotnosti
- chování při požáru [2]

Níže uvedené rozdělení a složení půdy je uváděno firmou Dektrade. Zakládá se na rozdílu suchomilných a ostatních rostlin. Sledují se tyto vlastnosti:

Plná vodní kapacita v zabudovaném stavu:

- pro suchomilné rostliny 35% objemu;
- pro ostatní rostliny 45% objemu.

Obsah vzduchu:

- pro suchomilné rostliny 25% objemu;
- pro ostatní rostliny 20% objemu.

Hodnota pH:

- pro suchomilné rostliny 6,5 – 9,5;
- pro ostatní rostliny 5,5 – 8,0

Obsah solí:

- pro suchomilné rostliny $\leq 3,5$ g/l
- pro ostatní rostliny $\leq 2,0$ g/l

Lze říci, že skladby substrátů pro intenzivní střechu se snaží co nejvíce přiblížit přirozenému půdnímu profilu.

„Pro intenzivní zeleň lze použít kvalitní ornici nebo kompost. V zahraničí se lze setkat se dvěma základními směry v náhledu na složení půdy pro intenzivní zeleň.

Zemina, v níž převládá:

- minerální složka a humusovitá složka je v menšině;
- humusovitá složka, např. rašelina a kompostovaná borka, menšinovým přídatkem je keramzit.“ [2]

5.12 Rostliny

5.12.1 Extenzivní ozelenění

Extenzivního ozelenění střechy lze dosáhnout několika způsoby. Jednak výsadbou – klasické sázení drnů a výhonků, pokrytím hotovým trávníkem (trávník se vypěstuje ve specializovaných prostorách ve složení, které odpovídá zadání investora a poté se pouze přemístí na střešní konstrukci), výsevem (rozsívání speciální směsi travních semen) popř. rozsázením částí výhonků sukulentů.

Činnosti se dají poměrně vhodně kombinovat s uplatněním mnoha estetických hledisek.

Dle druhu lze vegetaci rozdělit na:

- mechově rozchodníkovou (je tato střecha nejodolnější a nejméně náročnou z hlediska údržby)

- rozchodníkově mechově bylinnou (Výška substrátu u tohoto typu se doporučuje 70 až 100 mm. Nevhodné je hnojení takové střechy případně pouze vysoce odborně připravenými a posouzenými přípravky).
- rozchodníkově travo-bylinnou (V tomto druhu střechy ovládne významnou plochu travní porost a konstrukce již budí dojem zatravnění. Místa více vystavená slunci jsou obrostena rovněž rozchodníky a jinými sukulenty. Je třeba výrazně vyšší vrstva zeminy – až 150 mm)
- travo-bylinnou (Hlavní složku porostu tvoří druhy trav. Vegetace je srovnatelná s travními společenstvy polosuchých a suchých stanovišť. Vytváří se při výšce půdy 150 až 300 mm)

5.12.2 Intenzivní ozelenění

Rostliny pro intenzivní výsadbu jsou téměř libovolné. Vše se odvíjí od únosnosti střešní konstrukce. Podstatnou nutností je instalace zavlažovacího systému (tloušťky zeminy nad cca 300 mm)

Rostliny intenzivních střech jsou do výšky cca 1 m nad povrchem střechy sázeny volně. Nad tuto výšku se obvykle kotví k podkladu (stabilizace proti vyvrácení). Kotvení se z pravidla provádí ocelovým roštem o velké ploše, do kterého jsou rostliny zachyceny.

Specifikace firmy DEKTRADE:

Rostliny pro výšku substrátu nad 300 mm

- zelenina, drobné ovoce, květiny na řez (substrát od 300 mm)
- ovocné stromy (substrát od 400 až 500 mm)
- vzrostlejší jehličnan (substrát od 500 mm)

Tento druh zeleně může prakticky splňovat všechny požadavky které se kladou u klasických zahrad na zemi. Tyto střešní zahrady musí být však založeny podle pravidel půdního profilu, pravidelně musí být dodávány živiny na základě rozborů, udržováno pH půdy podle požadavků pěstovaných rostlin. Zahradu je nejlépe doplnit řízenou závlahou, což umožní pěstovat všechny běžně volně rostoucí druhy rostlin. Rostliny vyššího vzrůstu, které lze pěstovat v tomto substrátu, jsou vystaveny zatížení větrem. Je tedy nutné dbát na hlubší osazení do substrátu. Z výše uvedeného popisu vyplývá, že základním požadavkem těchto zahrad je pravidelná a stálá péče o rostliny.[12]

Tab. 3) Informační hodnoty běžných systémů zatravnění pro výpočet zatížení [6]

	<u>Extenz.</u> <u>Min. údržba</u>	<u>Extenz.</u> <u>Min. údržba</u>	<u>Extenz.</u> <u>Min. údržba</u>	<u>Intenz.</u> <u>Nutná péče</u>	<u>Intenz.</u> <u>Nutná péče</u>
	mechy	mechy	rozchodníky	byliny	Byliny, trávy
	rozchodníky	rozchodníky	byliny	trávy	křoviny, keře
		byliny	trávy	křoviny,keře	malé stromy
<i>Zatížení od vegetačního souvrství nasáklého vodou zahrnující rostliny v kN/m²</i>	0,4	0,7	1,0 - 1,5	1,5 – 2,0	3,0
<i>Tloušťka substrátu v cm</i>	2 - 5	6 - 12	8 - 18	15 - 25	20 – 40

6 Konstrukční zásady

6.1 Zelené ploché střechy

Ploché střechy mohou být nepochůzná – přístupné pouze pro kontrolu, údržbu a opravy, nebo pochůzná – mohou být využity jako terasy, parkoviště nebo zahrady.

Spád střechy je nutno vyspádovat směrem ke střešním vtokům s minimálním spádem 1%, lepší však je spád 2%. Vždy je lepší a střechu instalovat rezervní odvod vody, aby se zabránilo překročení dovoleného zatížení vodou následkem ucpané vpusti. Lepší je se vyhnout bodovému odvodnění a upřednostnit odvodnění úžlabím, nebo zaatikovým žlabem. Výška ukončení hydroizolace je podobná jako u nezeleněných střech. Měří se od horního okraje poslední vrstvy. Mechanická fixace se provádí z důvodu ochrany před sáním větru a kvůli zajištění vrstev konstrukce proti deformaci v kritických částech střechy. (viz. příloha - obr. 7)

Pro všechny spojovací a okrajové části střechy jsou doporučeny pásy ze šterku, dlaždic nebo desek. Musejí být snadno odstranitelné a umožňovat kontrolu. Zvláštní důležitost mají v místech dilatačních spojů. Zároveň jsou šterkové dělicí pásy často požadovány i jako ochrana proti šíření požáru. [6]

6.2 Zelené šikmé střechy

U dřevěných konstrukcí je doporučeno navrhovat rozměry nosných prvků větší než minimální, protože u minimálních rozměrů je často viditelný průhyb konstrukce. Pro odvětrané ozeleněné střešní pláště je nutné, aby vzduchová mezera zůstala vegetací

nedotčená, jinak se mohou objevit „mokrý závady“. Maximální sklon střechy by měl být navržen na max. 30°. Je ale nutné ochránit vegetační souvrství proti sesunutí, např. protiskluzovými zábranami (již od 10° sklonu). [6]

7 Bezpečnostní opatření

Od počátku je potřeba v projektu zelené střechy počítat s prostředky na zajištění proti pádu osob jako s pevnou součástí budovy. Bezpečnostní prvky jsou potřeba jak při provádění, tak při údržbě. U intenzivních zelených střezech je doporučeno pevné zábradlí, u extenzivních zelených střezech stačí zařízení pro připevnění jisticího lana pro pracovníka údržby. Pro ploché střechy do sklonu 5°, existují systémy k zajištění proti pádu, jako např. systém OPTISAFE (patentovaný systém firmy Optigreen). Jisticí body včetně zajišťovacích lan jsou vytvořeny tak, že nenarušují hydroizolaci. Stabilita tohoto systému je zajištěna plošným zatížením, kterým na jisticí systém lan působí souvrství vegetační střechy.

7.1 Opatření proti technickým závadám

Obecně lze říci několik zásad, které je pro správnou technickou funkčnost vegetačních střezech nutno dodržovat, abychom zamezili vzniku závad.

- V místech, kde je vůči sobě nesnášenlivá hydroizolační vrstva a ochranná vrstva proti prorůstání kořenů, je nutné umístit separační vrstvu.
- Nesmí vznikat mezery mezi vrstvou bránící proti prorůstání kořenu rostlin a spodní konstrukcí.
- Na hydroizolaci nesmí být umístěny žádné ostré předměty, které by mohly způsobit její porušení, před položením vegetačního souvrství.
- Před položením vegetačního souvrství a ochranné vrstvy musí být povrch střechy důkladně očištěný.
- V místech ukončení vegetační vrstvy u konstrukčních prvků svislých, musí být i filtrační vrstva umístěna svisle.
- U rekonstrukcí, kde není izolace ve spádu je potřeba umístit vpusti níž a zabránit tak vzniku kaluží.
- V místech dotyku vegetační vrstvy a jiných konstrukcí, je potřeba umístit ochranu proti poškození zahradní technikou.

- U ozeleněných střech, je potřeba dbát zvýšené opatrnosti již z důvodu nutných prací a údržby. Je potřeba také dohlédnout na používání pouze takových strojů, zařízení a techniky určených pro údržbu zahrady, které vylučují poškození jakékoliv ochranné vrstvy a hydroizolace. [6]

8 Fungování vegetačních střech

8.1 Extenzivní zeleň

Po ukončení stavebních prací na střeše se vegetace vyvine sama podle odpovídajících podmínek panujících na objektu. Uplatní se pouze ty druhy, které se dokážou vyrovnat s půdními a klimatickým podmínkami dané lokality a ostatní druhy vytlačí. náletem semen s uchytí nové druhy trav a bylin a tak postupně vzniká rostlinné společenství přizpůsobené střešním podmínkám.

Čím vyšší je vegetační vrstva, tím více se rozšíří silně kořenící druhy trav a bylin. na střeších s velmi tenkou vrstvou substrátu se naproti tomu uplatňují společenstva rozchodníků a netřesků.

Po několika letech bez významnějších zásahů a údržby střechy se na porostlé konstrukci vytvoří v závislosti na výšce vegetační vrstvy osvětlení tyto zóny:

- zóny s velmi mělkým substrátem;
- zóny s mělkým substrátem;
- zóny se substrátem vysokým více než 150 mm.

Během dalšího vývoje mělce kořenící trávy (např. kostřava červená nebo lipnice) potlačí mnoho rostlin. Čím je půda chudší a čím obsahuje více písku, tím více druhů suchomilných travních společenstev se tu postupně uchytí. Proto lze doporučit přidání písku.

Ploché střechy lze později ponechat sukcesi, takže se sem hodí například ostrůvkovitě rostoucí druhy. Tyto střechy se osejí vhodnou směsí semen. Vznikne vegetace bohatá bylinami, která vyhovuje mnoha druhům hmyzu.[13]

8.2 Intenzivní zeleň

Vývoj vegetace a celé intenzivní vegetační vrstvy závisí na prvotním návrhu a celkové pozdější údržbě. Lze předpokládat, že u většiny střech bylo uvažováno s následnou údržbou a bez ní by se vývoj intenzivních střech přeměnil na chátrání.

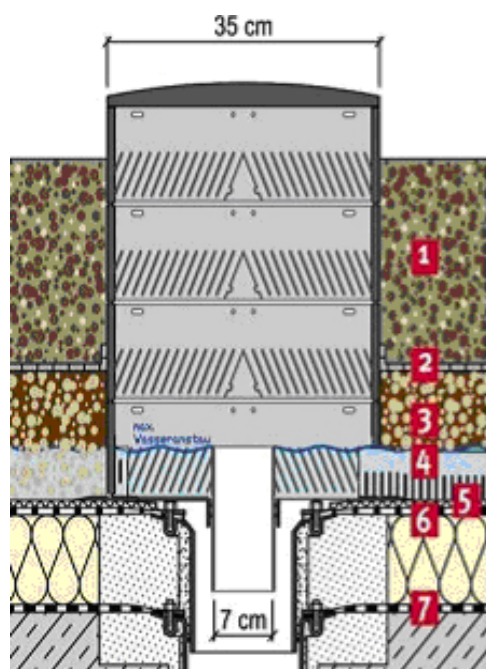
9 Zavlažování zelených střech

Již v počátku projektu, je nutné, aby projektant počítal se zavlažovacím systémem. I když je střecha extenzivní (nepotřebuje údržbu), je nutné alespoň v počátku růstu rostlin střechu zavlažovat. Z toho důvodu je nutná dimenze vodovodního potrubí na střeše, nebo v blízkém okolí tak, aby bylo dostatečné pro přívod vody.

9.1 Závlahový systém OPTIGREEN

U intenzivního ozelenění, je potřeba počítat se zavlažováním pravidelným. Výhodné je, umístit zavlažovací systém do drenážní vrstvy, kde v této vrstvě dochází zároveň k zadržování vody atmosférické (systémové řešení nabízí např. firma Optigreen – Střešní zahrada). Tím se sníží náklady na zavlažování, protože je v první řadě spotřebovávána voda zadržaná, pak teprve voda ze závlahového systému.

Obr. 6) Spodní zavlažování Optigreen, umístěné v drenážní vrstvě. [7]



- 1) Substrát Optigreen – typ I
- 2) Filtrační rohož Optigreen P 200
- 3) Drenážní (odvodňovací) vrstva Optigreen Typ Perl 8/16
- 4) Optigreen – trojúhelníkový systém pro vedení vody



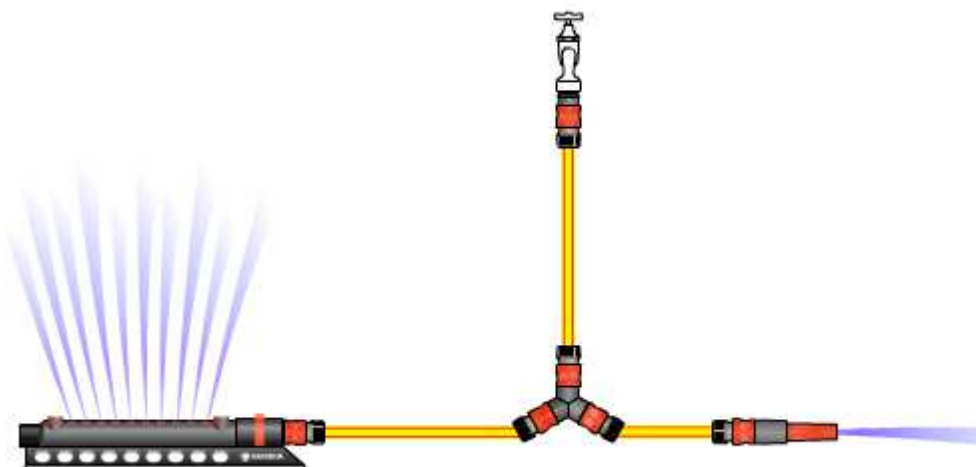
- 5) Optigreen – ochranná a oddělovací vrstva RMS 500
- 6) Střešní hydroizolace odolná proti kořenům (maximální vydutí na tepelnou izolaci 100 mm), jinak nutná hydroizolace dle platných norem.
- 7) Parotěsná vrstva

9.2 Závlahové systémy GARDENA

9.2.1 Originál GARDENA systém

Jiný typ závlahových systémů nabízí např. firma GARDENA. Mezi sortimentem této společnosti nalezneme např. zavlažovače trávníku – odborně nazvané zadešřovače, které se dají snadno připojit k originálnímu systému závlahy. Originál GARDENA systém je na trhu již od roku 1968 a díky tomuto systému se stalo zavlažování jednodušším a příjemnějším i v hůře dostupných místech.. K systému lze připojit hadice, potrubí, či zalévací sprchy, které jsou ovládány automatickými spínači proto je tento systém vhodný kromě zahrad, také pro střechy s intenzivním ozeleněním.

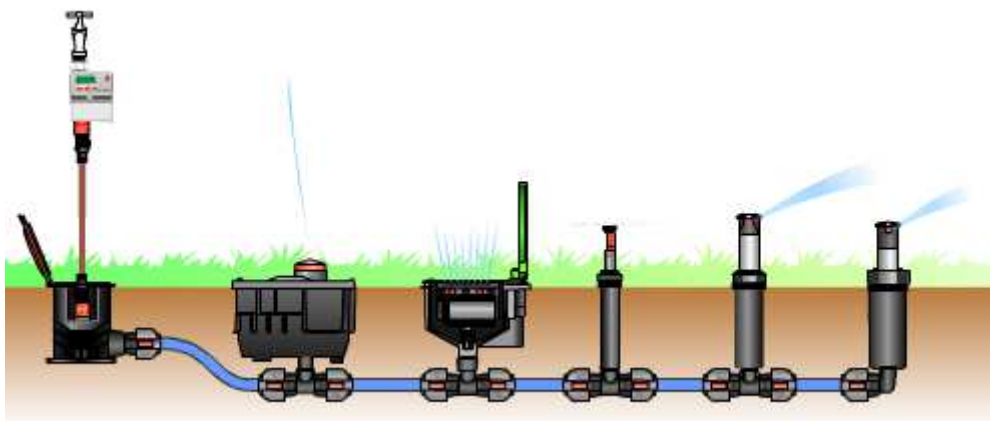
Obr. 7) Originál GARDENA systém [9]



9.2.2 GARDENA Sprinkler – systém

Pro obzvláště relaxační zalévání GARDENA doporučuje využívat Sprinkler-systém. U tohoto systému je nutné instalovat rozvodnou trubku a výsuvné zavlažovače pod zemí, které tam zůstanou trvale. Díky automatickému odvodňování je systém odolný vůči mrazu a může se řídit plně automaticky. Výsuvné zadržovače vyjedou na povrch právě v době potřebné pro osvěžení zahrady. Jsou vhodné zvláště pro trávníky, velké plochy, a také pro vegetační souvrství střechy. U střešního využití by bylo vhodné instalovat rozvodnou trubku do drenážního souvrství, tak jako tomu bylo již v případě závlahových systémů Optigreen. Pro závlahu různých ploch, existují různé modely výsuvných zavlažovačů. Díky tomu je možné najít model vyhovující jak tvaru, tak rozměrům plochy tak, aby byly zajištěny všechny části střechy.

Obr. 8) Sprinkler – systém [9]



10 Závěr

Vzhledem k realitě současné doby, kdy je v drtivé většině měst nedostatek zeleně, ať už z hlediska relaxace nebo z hledisek ekologických, jsou zelené střechy vhodnou alternativou jak skloubit novou výstavbu se zelení, která bývala z měst novou výstavbou spíše vytlačována. Jak již jsem zmiňoval, města nezbytně potřebují zelené zóny nejen jako plochy určené pro relaxaci obyvatel, ale také jako důležité ekologické činitele - zlepšující životní prostředí.

Výše v seminární práci byly uvedeny výhody, které nelze podceňovat a rovněž bylo uvedeno, že v některých zemích (viz Švýcarsko) se zelené střechy zvýhodňují i legislativní cestou. Hlavním negativem zelených střech je jejich cena, avšak je nutné si uvědomit a stanovit si priority, ať už ekologické, estetické, popřípadě vlivu na celý ekosystém.

Je potřeba říci, že obliba zelených střech stále stoupá a můžeme se s nimi setkávat stále častěji, což bezpochyby znamená uvědomování si všech zmíněných hodnot širokou veřejností.

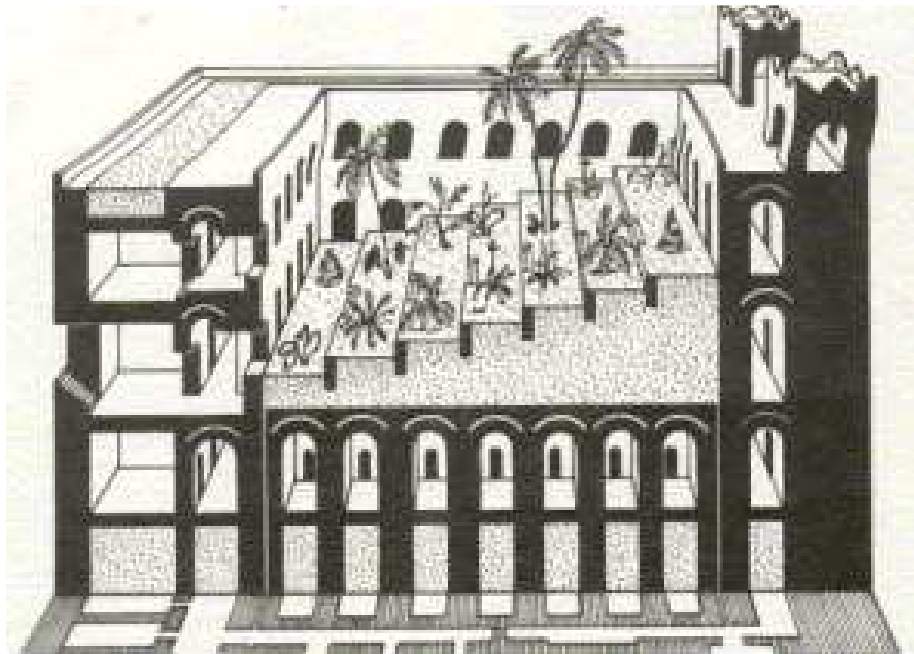
11 Použitá literatura

- [1] Hýbner, P.: *Konstrukce střech – Vegetační střechy*, 1999
- [2] Koutský, Botan: *Zelené střechy I*, Stavební obzor 2/94
- [3] Harazimová, S.: *Střešní zahrady – Závěrečná ročníková práce*, Střední průmyslová škola strojnická Tábor, Technické lyceum, 2006
- [4] Kos, J. a kol.: *Konstrukce pozemních staveb III*, CERM s.r.o., Brno, 1997, ISBN 80-7204-027-8
- [5] Orsil: *Ekostřechy Orsil Agro*, propagační materiál, 1999
- [6] Wolf IB: *Výrobní příručka*, Brno, 1997
- [7] Optigreen: *Zelené střechy*, propagační materiál, 2008
- [8] ZinCo: *Systémové nástavby s Floradrainem*, propagační materiál
- [9] *Závlahové systémy* URL: <http://www.gardena.com/INT/source/sprachauswahl.jsp>
- [10] *Zelené střechy* URL: <http://building.dow.com/europe/cz/app/strech/zelena.htm>
- [11] *Biotopní střechy* URL: <http://gazda.webpark.cz/gr/theory.htm>
- [12] Bohuslávka, P.: *Vegetační střechy a střešní zahrady*, DEKTRADE, leden 2003
- [13] Werk, K; Mehl, U: *Kletterpflanzen, Falkon – Verlag GmbH Niedernhausen/Ts*, Germany, 1993; český překlad Ing. Eva Hanišová, Ing. Eva Skalská: *POPÍNAVÉ ROSTLINY- Domy, ploty, pergoly v živé zeleni a ozeleňování střech*, Nezávislost' a.s., Bratislava

12 Přílohy

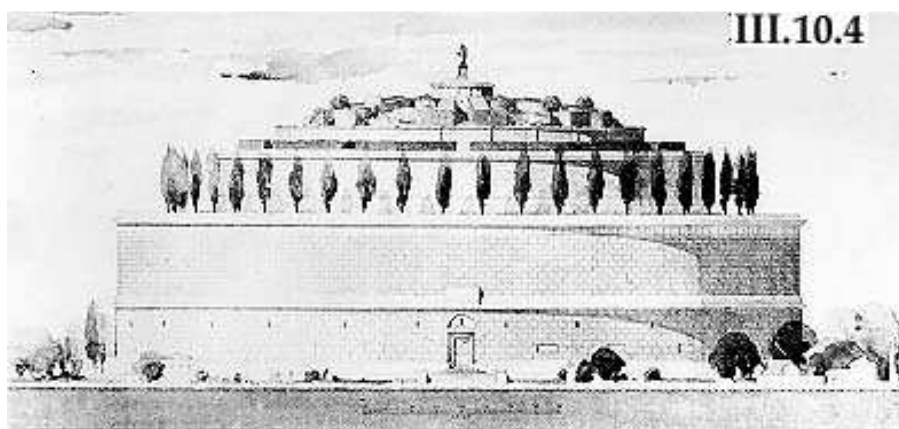
Obr. 1) Visuté zahrady Semiramidiny, asi 600 př.n.l.

zdroj: [http:// antika.avonet.cz/article.php?ID=1870](http://antika.avonet.cz/article.php?ID=1870)



Obr. 2) Hrobka císaře Augusta, 28 př.n.l.

zdroj: <http://www.quido.cz/Objevy/zahrady.htm>



Obr. 3) Unikátní střešní zahrada, Lipník nad Bečvou

zdroj: http://www.vyletnik.cz/mesta-a-obce/stredni-morava/prerovsko-hranicko/6284-lipnik_nad_becvou/



Obr. 4) Systém bezpečnostního řešení Optisafe proti zajištění pádu osob

zdroj: Optigreen: Zelené střechy, propagační materiál, 2008



Obr. 7) Opatření proti sání větru a erozi

zdroj: <http://www.obcanskavystavba.cz/clanek/595-zaklady-navrhovani-zelenych-strech/>



Obr. 8) Intenzivní zelená střecha – střešní zahrada

zdroj: <http://www.optigreen.cz/>

