



# STANDARDY

**PRO NAVRHOVÁNÍ, PROVÁDĚNÍ A ÚDRŽBU**

VEGETAČNÍ SOUVRSTVÍ  
ZELENÝCH STŘECH



SVAZ  
ZAKLÁDÁNÍ  
A ÚDRŽBY ZELENĚ

#### **Kolektiv autorů**

Ing. Samuel Burian  
Ing. Jitka Dostalová  
Ing. Martin Dubský, Ph.D.  
Ing. Petr Halama  
Ing. Karel Chaloupka  
Ing. Jiří Komzák  
Ing. Roman Pařava  
Ing. Marie Straková, Ph.D.  
RNDr. František Šrámek, CSc.  
Ing. Petr Vacek, Ph.D.  
Bc. Josef Vokál

**Vydal:**

Odborná sekce Zelené střechy  
při Svazu zakládání a údržby zeleně  
Údolní 33, 602 00 Brno  
tel: 777 581 544  
zelenestrechy@szuz.cz, www.zelenestrechy.info  
09/2016

redakční úprava: Ing. Jana Šimečková  
tisk a grafické zpracování: Tiskárna Didot, spol. s r.o.

Vznik standardů podpořilo Ministerstvo životního prostředí.



Ministerstvo životního prostředí

Publikace je součástí projektu Zelené střechy – naděje pro budoucnost II. podpořeného v grantovém řízení Ministerstva životního prostředí. Materiál nemusí vyjadřovat stanoviska Ministerstva životního prostředí.

Případné připomínky, doporučení nebo podněty zasílejte na e-mail zelenestrechy@szuz.cz.  
Budou využity při aktualizaci standardů v budoucnosti.

# OBSAH

<b>1</b>	<b>OBLAST UPLATNĚNÍ.....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>POJMY.....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>FUNKCE A PŮSOBNÍ ZELENÝCH STŘECH.....</b>	<b>5</b>
3.1	Funkce urbanistická a krajinářská.....	5
3.2	Environmentální funkce a působení.....	5
3.3	Ochranné působení a ekonomické funkce.....	5
3.4	Zelené střechy jako adaptační opatření v urbanizované krajině.....	5
<b>4</b>	<b>ROZDĚLENÍ ZELENÝCH STŘECH.....</b>	<b>6</b>
4.1	Rozdělení zelených střech podle druhu vegetace.....	7
4.2	Rozdělení zelených střech podle přístupnosti.....	8
4.3	Rozdělení zelených střech podle funkce.....	8
4.4	Rozdělení zelených střech podle skladby vegetačního souvrství.....	8
4.5	Rozdělení zelených střech podle sklonu.....	9
4.6	Rozdělení zelených střech podle prostorové vazby na terén.....	9
<b>5</b>	<b>STŘEŠNÍ KONSTRUKCE PRO ZELENÉ STŘECHY.....</b>	<b>9</b>
5.1	Požadavky na střešní konstrukci.....	9
5.2	Požadavky na souvrství střešního pláště plochých střech.....	13
5.3	Požadavky na souvrství střešního pláště šikmých, strmých nebo geometricky zakřivených střech s vegetačním souvrstvím.....	15
5.4	Zřízení vegetačního souvrství na stávajících plochých střechách.....	16
5.5	Tepelně technické posouzení zelených střech.....	17
5.6	Speciální požadavky na realizaci vegetačního souvrství.....	17
<b>6</b>	<b>DRENÁŽNÍ VRSTVA.....</b>	<b>18</b>
6.1	Požadavky na jednotlivé materiály.....	18
6.2	Dimenzování drenážní vrstvy vegetačního souvrství.....	19
<b>7</b>	<b>HYDROAKUMULAČNÍ VRSTVA.....</b>	<b>20</b>
7.1	Požadavky na jednotlivé materiály.....	20
<b>8</b>	<b>FILTRAČNÍ VRSTVA.....</b>	<b>21</b>
<b>9</b>	<b>OCHRANNÁ VRSTVA.....</b>	<b>21</b>
<b>10</b>	<b>SEPARAČNÍ/DILATAČNÍ VRSTVA.....</b>	<b>21</b>
<b>11</b>	<b>KOŘENOVZDORNÁ VRSTVA.....</b>	<b>21</b>
<b>12</b>	<b>VEGETAČNÍ VRSTVA.....</b>	<b>22</b>
12.1	Požadované vlastnosti sypaných substrátových směsí.....	22
12.2	Materiály použitelné pro výrobu sypaných substrátových směsí.....	23
12.3	Mocnost vegetační vrstvy.....	23
<b>13</b>	<b>VEGETACE.....</b>	<b>24</b>
13.1	Účel, požadavky na funkci, parametry.....	24
13.2	Podmínky stanoviště.....	24
13.3	Výběr druhů.....	24
13.4	Požadavky na osivo a sadbu.....	27
13.5	Provedení – způsoby založení vegetace.....	28
13.6	Zajištění stability větších dřevin.....	28
<b>14</b>	<b>ROZVOJOVÁ (DOKONČOVACÍ) PÉČE.....</b>	<b>29</b>
<b>15</b>	<b>PODMÍNKY PŘEVZETÍ VEGETACE.....</b>	<b>29</b>
<b>16</b>	<b>NÁSLEDNÁ PÉČE A ÚDRŽBA.....</b>	<b>30</b>
16.1	Intenzivní zelené střechy – péče a údržba.....	30
16.2	Extenzivní zelené střechy.....	31
16.3	Kontrola souvisejících technických prvků a zařízení.....	31
<b>17</b>	<b>ZÁRUČNÍ PODMÍNKY.....</b>	<b>31</b>
<b>18</b>	<b>POUŽITÁ LITERATURA.....</b>	<b>32</b>
<b>19</b>	<b>NORMY A VYHLÁŠKY.....</b>	<b>32</b>
<b>20</b>	<b>PŘÍLOHY.....</b>	<b>33</b>
20.1	Příloha č. 1: Metody měření.....	33

# 1 OBLAST UPLATNĚNÍ

Cílem těchto standardů je stanovit zásady a požadavky pro navrhování, provádění a údržbu zelených střech, tj. střech s vegetačním souvrstvím. Standardy popisují různé způsoby ozelenění a rovněž používané materiály a vegetaci, jsou také doporučením pro projektanty, investory a zhotovitele zelených střech.

Veškeré informace jsou uvedeny dle nejlepšího vědomí autorů, bez právní závaznosti, a odpovídají stupni poznání z doby zpracování standardů. Standardy se zabývají především vegetačním souvrstvím. Stavební část standardů je zpracována s ohledem na rozsah publikace v omezené míře tak, aby poskytla základní technické informace o střechách s vegetačním souvrstvím.

## 2 POJMY

Správné používání pojmů v oboru zeleně na střechách, resp. konstrukcích je zatím problematické. Dosud neexistuje definice, která by byla všeobecně uznávána a používána. Nejednotnost terminologie je dána často rozdílnými překlady cizojazyčné literatury. Nejčastěji jsou používána spojení: „střešní zahrada“, „střešní zeleň“, „zelená střecha“, „travnaté střechy“, „zeleň na konstrukcích“, „vegetační střecha“ či popřípadě kombinace těchto slovních spojení.

Pro aplikaci těchto standardů platí následující pojmy:

**Zelená střecha / střešní zahrada / vegetační střecha** – střecha, kterou pokrývá vegetační souvrství s vegetací. Všechny tři pojmy vyjadřují totéž, jsou dovolené, rovnocenné a obecně zavedené.

**Vegetační souvrství** – soubor funkčních vrstev, které svými vlastnostmi a společným působením tvoří vhodné a trvalé prostředí pro život a růst rostlin.

**Mechy (Bryophyta)** jsou zelené vyšší, ale necévnaté rostliny malého vzrůstu, s výraznou schopností zadržovat vodu. Většinou preferují vlhká a stinná stanoviště. Jako pionýrské rostliny mají schopnost osidlovat plochy téměř bez substrátu. V zahraničí se uvádějí jako vhodný typ vegetace na nejtenčí vegetační souvrství spolu s netřesky. U nás je jejich použití předmětem diskusí.

**Rozchodníky (Sedum)** jsou reprezentanty sukulentních (tučnolistých) rostlin se specifickým metabolismem, který jim umožňuje přežít velmi dlouhá období sucha (fotosyntetická fáze, kdy je poután vzdušný oxid uhličitý a musí být otevřené průduchy, probíhá v noci potmě). Rozchodníky a další sukulentní rostliny jsou víceleté nebo vytrvalé rostliny (trvalky), pro výrazná specifika se ale v zahradnické praxi uvádějí jako samostatná skupina. Dalšími hojně používanými zástupci tučnolistých jsou netřesky (*Sempervivum*).

Tab. 1: Funkční vrstvy vegetačního souvrství

Funkční vrstva	Funkce
<b>Vegetace</b>	je souborem rostlin, který tvoří pokryv zelené střechy
<b>Vegetační vrstva</b>	je základním prostředím pro kořenění a růst rostlin a svým fyzikálním, chemickým a biologickým složením a vlastnostmi je k tomu uzpůsobena
<b>Filtrační vrstva</b>	zabraňuje vyplavování drobných částic z vegetační vrstvy do vrstvy drenážní a trvale chrání drenážní vrstvu před zanesením
<b>Hydroakumulační vrstva*</b>	akumuluje srážkovou nebo závlahovou vodu pro potřeby rostlin
<b>Drenážní vrstva</b>	umožňuje dostatečně rychlý a efektivní odtok přebytečné vody k odvodňovacím zařízením
<b>Ochranná vrstva</b>	trvale chrání hydroizolaci střechy před mechanickým poškozením
<b>Separáčnická vrstva*</b>	navzájem od sebe odděluje sousední materiály nebo prvky, které by se mohly vzájemně negativně ovlivňovat
<b>Kořenovzdorná vrstva**</b>	ochranná vrstva proti prorůstání kořenů, chrání hydroizolaci střechy před poškozením kořeny rostlin

\* Nemusí být součástí vegetačního souvrství, používá se v opodstatněných případech.

\*\* Samostatná ochranná vrstva proti prorůstání kořenů rostlin se používá spíše výjimečně, a to v případech, kdy stávající hydroizolace střechy není odolná proti prorůstání. Stává se to převážně u vegetačních souvrství zřizovaných na stávajících střechách s původní hydroizolací. U nově zřizovaných zelených střech nebo u rekonstrukcí, na kterých se předpokládá zřízení vegetačního souvrství, se dnes již používají hydroizolační výrobky (fólie i asfaltové pásy) s potřebnou odolností proti prorůstání kořenů rostlin a příslušným atestem.

**Byliny** – odlišně od botanického pojetí se bylinami v tomto textu označují jen dvouděložné byliny rostoucí společně s travinami ve stepních trávnících.

**Trávy – byliny** – v tomto textu se takto označuje směs xerofytních (suchomilných) travin a dvouděložných kvetoucích bylin, obdoba přirozených stepních trávníků. Tyto porosty se kosí jen jednou nebo dvakrát ročně.

**Trvalky (pereny)** – zahradnický výraz zahrnující pěstované druhy a odrůdy vytrvalých bylin, které jsou podle botanické definice víceletými nedřevnatými rostlinami. Nepříznivé vegetační podmínky, např. zimu a sucho, velmi často přecházejí pouze podzemní orgány – kořeny, oddenky, hlízy, cibule. Pro výrazná specifika se v zahradnické praxi považují trávy, sukulenty a cibuloviny za samostatnou skupinu, i když také odpovídají definici „trvalky“.

**Trávník** – travní porost bez příměsi dvouděložných rostlin, intenzivně zavlažovaný a hnojený, pravidelně kosený na malou výšku vícekrát ročně (v období bujného růstu každý týden).

**Užitkové rostliny** – na intenzivní zelené střechě lze pěstovat také užitkové rostliny, zeleninu a ovoce. Substráty běžně používané pro zelené střechy nejsou pro pěstování příliš vhodné, s pěstováním zeleniny se tedy musí počítat již při realizaci vegetačních vrstev. Zelenina se proto na střechách pěstuje zpravidla v nádobách.

**Funkční vrstva** – vrstva vegetačního souvrství plnící konkrétní funkci nezbytnou pro bezproblémovou trvalou existenci vegetace na střechě (viz tabulka č. 1). Vícefunkční (polyfunkční) vrstva plní několik funkcí současně (např. nopová fólie plní funkci drenážní i hydroakumulační).

## 3 FUNKCE A PŮSOBENÍ ZELENÝCH STŘECH

### 3.1 FUNKCE URBANISTICKÁ A KRAJINÁŘSKÁ

Zelené střechy a fasády jsou plochy zeleně s přímým vysoce pozitivním účinkem na životní prostředí a mají v mnoha případech ohromný potenciál dalšího využití jako příjemná místa pro pobyt a relaxaci především ve městech, kde je zeleně nedostatek. Atraktivita takových objektů je zřejmá např. u bytových projektů – byty s ozeleněnou střechou, terasou nebo fasádou jsou stále žádanější.

**Mezi významné urbanistické funkce zelených střech patří:**

- vytvoření nových ploch zeleně a venkovních obytných prostor na zastavěném pozemku,
- zvýšení podílu zeleně v sídlech a urbanizované krajině,
- zlepšení vzhledu měst a krajiny,
- zlepšení obytného i pracovního prostředí.

### 3.2 ENVIRONMENTÁLNÍ FUNKCE A PŮSOBENÍ

Pozitivní účinek zelených střech na kvalitu ovzduší se může zdát vzhledem k jejich běžným velikostem nepodstatný. Výzkumy však prokázaly opak. Zlepšení ovzduší není podmíněno úplným ozeleněním střech. Stačí vytvořit alespoň jejich síť, která pak dokáže nepříznivé vlivy okolí značně redukovat.

**K hlavním environmentálním funkcím zelených střech patří:**

- zlepšení mikroklimatu ve srovnání se střechami s holou hydroizolací nebo vrstvou šterku,
- vyrovnávání extrémních teplot,
- snížení intenzity vyzařování na sousední plochy,
- zvýšení vlhkosti vzduchu,
- snížení prašnosti.

**Zpomalení odtoku, zadržování dešťové vody a její vrácení do přirozeného koloběhu vody**

- zadržaná voda se odpařuje, což vede ke zlepšení mikroklimatu,
- přebytečná voda odtéká do kanalizace s časovým zpožděním a utlumeně,
- ve srovnání s neozeleněnými plochami snižují zelené střechy špičkové odtoky,

- retenční výkon vegetačního souvrství nezávisí na vlastnostech půdy v dané lokalitě a hladině podzemních vod.

**Vytvoření náhradních ploch a životního prostoru pro flóru a faunu v oblasti lidských sídel** (podpora biodiversity).

### 3.3 OCHRANNÉ PŮSOBENÍ A EKONOMICKÉ FUNKCE

- ochrana hydroizolace před degradací v důsledku UV záření a kolísání teplot,
- snížení nebezpečí mechanického poškození hydroizolace následkem vnějších vlivů,
- snížení hlučnosti díky nižší zvukové odrazivosti vegetačních ploch,
- zlepšení tepelné ochrany v zimě a především v létě,
- snížení náporu na kanalizační síť při vydatných srážkách,
- zvýšení účinnosti fotovoltaických panelů v důsledku snižování extrémních teplot prostředí,
- zvýšení užitné hodnoty nemovitosti.

### 3.4 ZELENÉ STŘECHY JAKO ADAPTAČNÍ OPATŘENÍ V URBANIZOVANÉ KRAJINĚ

Základním cílem adaptačních opatření v urbanizované krajině je zvýšení odolnosti sídel a jejich schopnosti přizpůsobit se projevům změny klimatu, čehož lze dosáhnout jejich trvale udržitelným rozvojem při zachování potřebné kvality života obyvatel. V zájmu naplnění tohoto cíle je třeba zajistit udržitelné hospodaření s vodou (zasakování či využívání srážkových vod, úsporná opatření) a funkční propojení ploch s převažujícími přírodními složkami, tvořícími systém sídelní zeleně. Důležitou roli přitom hrají vegetační plochy a prvky, protože mohou významně ovlivňovat sídelní mikroklima a snižovat teplotu ve městech během letního období.

Základním mechanismem je odpařování vody z vegetace (evapotranspirace) a vodních ploch, což snižuje teplotu okolního prostředí (odpaření jednoho litru vody představuje ekvivalent cca 0,7 kWh energie potřebné pro provoz i chladicího zařízení, tedy 1 mm srážky).



Regionální klimatické poměry a specifické podmínky objektu (orientace ke světovým stranám, sklon ...) se někdy mohou výrazně lišit, a proto je třeba zvolit přiměřeně větší nebo menší mocnost souvrství v daném rozpětí.

U extenzivní zelené střechy není vhodné zvyšovat mocnost vegetačního souvrství nad doporučenou mez, stupňuje se tím pravděpodobnost uchycení nežádoucí vegetace.

#### 4.1.1 EXTENZIVNÍ ZELENÉ STŘECHY

Podstatou extenzivní zelené střechy je vegetace s maximální mírou autoregulace, schopná udržet se v odpovídající kvalitě bez pravidelné závlahy a jen s minimální péčí člověka (obvykle 1–2× ročně kontrola, odstranění nežádoucí vegetace, přihnojení dle typu substrátu a vývojové fáze porostu). Výběr použitých rostlinných druhů je nutné maximálně přizpůsobit stanovištním podmínkám.

Vegetaci extenzivních zelených střech tvoří rostliny s vysokou regenerační schopností a schopné přizpůsobit se extrémním podmínkám stanoviště. Rostliny musí být v daných podmínkách dostatečně konkurenční schopné, aby potlačovaly rozvoj nežádoucí rostlin. Porost extenzivní střechy tvoří vegetace s předvídatelným sukcesním vývojem, který může zahrnovat i spontánní osídlení dalšími, při realizaci nepoužitými druhy.

Mocnost vegetačního souvrství extenzivních zelených střech se obvykle pohybuje v rozmezí 60–150 mm. Pro vhodně zvolené druhy sukulentů může postačovat mocnost souvrství jen 40 mm (i méně), naopak pro stepní trávobylinné typy porostu může být použito souvrství o mocnosti až 200 mm. Extenzivní zelené střechy jsou obvykle nepochozí, tj. vstup na plochy s vegetací je dovolen poučeným osobám pouze pro kontrolu a technickou údržbu.

#### Typy porostu

Nejčastější typy porostů extenzivních zelených střech:

- mechy,
- rozchodníky, případně další sukulenty,
- trávy a byliny,
- případně jejich kombinace.

#### 4.1.2 POLOINTENZIVNÍ ZELENÉ STŘECHY

Polointenzivní zelené střechy (také nazývané jednoduché intenzivní) tvoří přechodný typ mezi extenzivními a intenzivními střechami.

Kromě vegetace vhodné pro extenzivní zelené střechy lze na polointenzivních zelených střechách využít i další rostlinné druhy jako trávy, trvalky, dřeviny, které mají vyšší nároky na skladbu vegetačního souvrství, zásobování vodou a živinami. Vyšší intenzita péče spočívá zejména v nutnosti závlahy v sušších obdobích roku. Ostatní péstební zásahy výrazně nepřevyšují péči o extenzivní zelenou střechu (2× ročně kontrola, odstranění nežádoucí vegetace, přihnojení dle typu substrátu a vývojové fáze porostu, případně pokosení). Na střeše se nepočítá se spontánním osídlením dalšími, při realizaci nepoužitými druhy.

Mocnost vegetačního souvrství se u polointenzivních zelených střech obvykle pohybuje v rozmezí 150–350 mm. V příznivých klimatických podmínkách může postačovat mocnost souvrství jen 120 mm, naopak při použití trvalek a dřevin může být použito souvrství o mocnosti až 350 mm (někdy i více).

#### Typy porostu

Nejčastější typy porostů polointenzivních zelených střech:

- trávy a byliny,
- trvalky,
- keře,
- případně jejich kombinace.

#### 4.1.3 INTENZIVNÍ ZELENÉ STŘECHY

Podstatou intenzivní zelené střechy je úprava podmínek pro zvolenou vegetaci včetně intenzivní pravidelné údržby (závlaha, přihnojování, kultivace a odstraňování nežádoucí rostlin, pravidelné sečení trávníku a další). Výběr rostlin se podřizuje architektonickému záměru a (zpravidla) pobytové funkci. Podmínky a péče se maximálně přizpůsobují vegetaci.

Vegetaci intenzivních zelených střech tvoří rostliny s vysokou estetickou a užitnou hodnotou, výběr je omezen těmi faktory prostředí, které nelze dostupnými technickými prostředky upravit.

Mocnost vegetačního souvrství intenzivních zelených střech odpovídá velikosti a nárokům použitých rostlin a obvykle je vyšší než 300 mm. Povrch vegetačního souvrství bývá často modelován a v některých částech pak může být mocnost i nižší. Intenzivní zelené střechy jsou obvykle pochozí nebo pobytové a bývají doplněny zpevněnými plochami a mobiliářem. Vyžadují samostatný zavlažovací systém.

#### Typy porostu

Intenzivní zelené střechy mohou zahrnovat téměř neomezenou rozmanitost výběru rostlin a designu, podobně jako zahrady na rostlém terénu. Případná omezení závisí na konkrétním objektu, lokalitě a stanovišti. Vegetaci intenzivních zelených střech tak mohou tvořit prakticky všechny typy porostů:

- trávník,
- trvalky,
- keře,
- stromy,
- užitkové rostliny (zelenina, ovoce).

## 4.2 ROZDĚLENÍ ZELENÝCH STŘECH PODLE PŘÍSTUPNOSTI

### 4.2.1 NEPOCHOZÍ STŘECHY

Nepochozí zelená střecha není primárně určena k pobytu osob. Předpokládá se, že se zde pohybují pouze poučené osoby za účelem kontroly a údržby vegetace, střešních a doplňkových konstrukcí, případně technologických zařízení. Bezpečnost osob může být zajištěna prvky osobního jištění. Vzhledem k tomu, že se jedná o plochy obtížně přístupné s omezenou možností údržby, je na těchto střechách žádoucí takový typ souvrství a vegetace, který je dlouhodobě stabilní, nejméně náchylný k zaplevelení a má minimální nároky na údržbu.

#### 4.2.2 POCHOZÍ STŘECHY

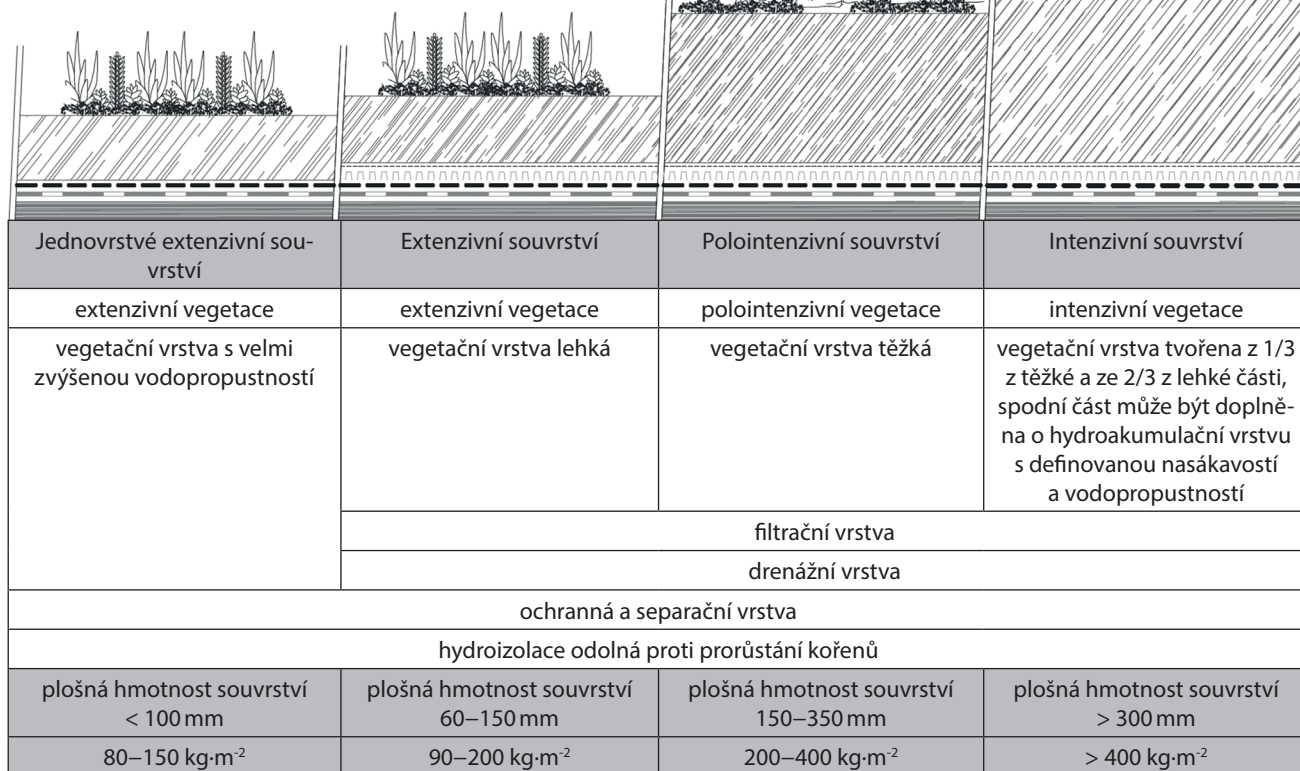
Pochozí zelená střecha je přístupná vyhrazenému okruhu poučecných osob v omezeném rozsahu (obvykle za účelem pravidelné obsluhy určitého zařízení). Pro tyto účely je vhodné zřídit chodníčky z kameniva, dlaždic, roštů nebo kamene, aby nedocházelo k poškození vegetace. Bezpečnost osob a ochrana před pádem musí být zajištěna vhodným způsobem.

#### 4.2.3 POBYTOVÉ STŘECHY

Pobytové zelené střechy jsou střechy určené pro pohyb a pobyt osob a bývají běžně přístupné. Mohou to být např. zelené střechy soukromé (terasy a střechy bytů a rodinných domů), vyhrazené (přístupné zaměstnancům a klientům firem a institucí) nebo veřejné (přístupné široké veřejnosti). Bezpečnost osob před pádem musí být zajištěna zábradlím nebo jinou zábranou.

### 4.3 ROZDĚLENÍ ZELENÝCH STŘECH PODLE FUNKCE

- **Retenční zelené střechy:** zelené střechy určené k zadržování maximálního množství srážkové vody a zpomalení odtoku do kanalizace.
- **Zelené střechy podporující biodiverzitu:** zelené střechy navrhované s důrazem na velkou rozmanitost rostlinných a živočišných druhů.
- **Fotovoltaické zelené střechy:** zelené střechy v kombinaci s fotovoltaickými panely.<sup>1</sup>
- **Pěstební zelené střechy:** zelené střechy využité k rostlinné, zahradnické nebo zemědělské výrobě, soukromé nebo komerční.



Uvedené hodnoty plošné hmotnosti souvrství jsou orientační a vztahují se na vegetační souvrství ve stavu nasyceném vodou. Podle konkrétních použitých materiálů se mohou lišit. Objemové hmotnosti substrátů v suchém a nasyceném stavu viz: Parametry sypané substrátové směsi.

### 4.4 ROZDĚLENÍ ZELENÝCH STŘECH PODLE SKLADBY VEGETAČNÍHO SOUVRSTVÍ

#### Jednovrstvé vegetační souvrství

V jednovrstvé skladbě plní substrát funkci vegetační, drenážní i hydroakumulační. Jednovrstvá skladba se uplatní především u jednoduchých extenzivních a u šikmých zelených střech. Základním požadavkem je minimální obsah vyplavitelných částic v substrátu a jeho dostatečná propustnost, zajišťující odvádění přebytečné vody.

#### Vícevrstvé vegetační souvrství

Vegetační souvrství se skládá z několika samostatných funkčních vrstev, nejčastěji je tvořeno vrstvou vegetační, filtrační, hydroakumulační, drenážní a ochrannou. Vícevrstvá skladba se uplatní u intenzivních a většiny plochých extenzivních zelených střech.

Obr. 1 - Rozdělení zelených střech podle druhu vegetace a skladby souvrství

<sup>1</sup> Účinnost fotovoltaiky v letním období při teplotách nad 25 °C obvykle klesá; chladičový efekt vegetace působí pozitivně.

#### Na volbu vhodného typu vegetačního souvrství a formu vegetace má rozhodující vliv:

- způsob využití (bez využití, příležitostný pobyt osob, trvalý pohyb osob, provoz veřejnosti, provoz vozidel, soukromá nebo komerční zemědělská/zahradnická činnost),
- stavebně technické podmínky (nosnost stavební konstrukce, sklon, způsob odvádění srážkové vody, skladba střešního pláště),
- vlastnosti stavební konstrukce (použité materiály, průhyb),
- konkrétní podmínky stanoviště (např. orientace ke světovým stranám, odraz světla nebo zastínění, větrná poloha, dešťový stín),
- výška objektu a jeho umístění v krajině (viditelnost střechy, namáhání sáním větru),
- možnosti následné údržby (přístupové cesty, možnost využití mechanizace, likvidace odpadu, finanční stránka).

Uvedené hodnoty plošné hmotnosti jsou orientační a vztahují se na vegetační souvrství ve stavu nasyceném vodou. Podle konkrétních použitých materiálů se mohou lišit. Objemové hmotnosti substrátů v suchém a nasyceném stavu viz: Parametry sypané substrátové směsi.

#### 4.5 ROZDĚLENÍ ZELENÝCH STŘECH PODLE SKLONU (DLE ČSN 731901 Z ROKU 2011)

- **plochá střecha:** střecha se sklonem vnějšího povrchu  $\alpha \leq 5^\circ$ ,
- **šikmá střecha:** střecha se sklonem vnějšího povrchu  $5^\circ < \alpha \leq 45^\circ$ ; s ohledem na konstrukci vegetačního souvrství a zajištění proti sjíždění vrstev dělíme šikmé střechy na střechy s mírným sklonem  $5-20^\circ$  a s velkým sklonem  $20-45^\circ$ ,
- **strmá střecha:** střecha se sklonem vnějšího povrchu  $45^\circ < \alpha \leq 90^\circ$ .

## 5 STŘEŠNÍ KONSTRUKCE PRO ZELENÉ STŘECHY

Rozhodnutí o zřízení zelené střechy musí respektovat řadu požadavků, a to nejen technických, ale i dispozičních.

#### Problematické může být situování zelené střechy:

- do dešťového stínu (tedy do zastíněných míst, kam neprší),
- do uzavřených atrií (kde v létě dochází k významnému zvyšování teploty nebo nedostatečné výměně vzduchu),
- tam, kde s ohledem na okolní zástavbu nebo umístění objektu dochází k místnímu dlouhodobému intenzivnímu proudění vzduchu (může vést k likvidaci celých pásů vegetace na střeše),
- do blízkosti komínů nebo i výdechů od technologických zařízení či vzduchotechniky (negativní vliv soustavného působení vysokých nebo nízkých teplot, proudění vzduchu a výskyt chemických látek může vést k úhynu vegetace).

Významný vliv na rozhodnutí o zřízení zelené střechy má i výška budovy – nejen z hlediska její viditelnosti z okolí, ale především kvůli sání větru. Sáním větru jsou nejvíce ohroženy okraje a rohy

#### 4.6 ROZDĚLENÍ ZELENÝCH STŘECH PODLE PROSTOROVÉ VAZBY NA TERÉN

Podle prostorového vztahu k parteru nebo rostlému terénu vymezujeme tři základní typy zelených střech:

##### • V úrovni s parterem

Střešní zahrady v úrovni s parterem představují velmi cenné veřejné prostory. Bývají vnímány jako neodmyslitelná součást města a uživatel zpravidla netuší, že se pohybuje na stropní konstrukci podzemního objektu. Takový objekt může plnit nejrůznější funkce – např. podzemní garáže, stanice metra, obchody, občanská vybavenost apod. Tyto úpravy jsou s ohledem na intenzitu provozu zakládány nejčastěji jako intenzivní střešní zahrady.

##### • V dotyku s parterem

Střešní zahrady v dotyku s parterem představují silný nástroj architektů při hledání nových forem utváření především městských prostorů. Použití tohoto typu střešní zahrady ve volné krajině umožňuje začlenění budovy nebo její části do okolního prostředí. Především s ohledem na extrémní podmínky pro vegetaci jsou tyto úpravy nejčastěji zakládány jako extenzivní, popř. jednoduché intenzivní střešní zahrady.

##### • Bez dotyku s parterem

Střešní zahrady bez dotyku s parterem jsou nejčastějším typem střešních zahrad. Tyto úpravy mohou plnit nejrůznější funkce při respektování provozních a kompozičních omezení, která vyplývají z funkce objektu a požadavku uživatele. Těmto omezením musí odpovídat i forma střešní zahrady – extenzivní, intenzivní, resp. jednoduchá intenzivní zelená střecha.

střechy. Pokud se uvažuje na zelené střeše s výsadbou vyšších keřů nebo stromů, doporučuje se situovat tyto rostliny do vnitřní části střechy, která je z hlediska sání větru nejméně ohrožena. Zajištění stability větších dřevin je samostatně popsáno v kapitole 13.6 těchto standardů. Důležitým faktorem je také možnost účelového využití zelené střechy pro pohyb a pobyt osob.

#### 5.1 POŽADAVKY NA STŘEŠNÍ KONSTRUKCI

Zelené střechy – tedy střechy s vegetačním souvrstvím – patří mezi střechy s provozním souvrstvím, podobně jako balkony, lodžie a terasy. Na rozdíl od klasických plochých nebo šikmých střech mají zelené střechy řadu technických podmínek a požadavků nejen na nosnou konstrukci, ale i na výběr a vlastnosti vhodných výrobků tvořících souvrství jejich střešního pláště. Zelené střechy velmi často navazují na terasy nebo jsou jejich součástí chodníky. Proto musí tyto střechy splňovat i řadu bezpečnostních požadavků, zejména v případech veřejně přístupných provozních střech.

Zelené střechy se nejčastěji realizují na plochých střechách, které ze stavebního hlediska mohou být provedeny jako:

- **jednoplášťové ploché střechy s klasickým pořadím vrstev**, které jsou definovány jako střechy oddělující chráněné vnitřní prostředí od vnějšího jedním pláštěm. V mimořádných případech (např. střechy nad otevřenými skladovacími nebo garážovými prostory) mohou být provedeny bez tepelné izolace, jen s hydroizolací,
- **jednoplášťové ploché střechy s opačným pořadím vrstev** (také označované jako střechy obrácené nebo střechy inverzní), které jsou definovány jako střechy s hydroizolační vrstvou umístěnou pod vrstvou tepelně izolační,
- **dvouplášťové ploché střechy**, které jsou definovány jako střechy oddělující chráněné vnitřní prostředí od prostředí vnějšího dvěma střešními plášti, mezi nimiž je (zpravidla vždy větraná) vzduchová vrstva.

#### **Základní požadavky na střechy s vegetačním souvrstvím:**

- dostatečná únosnost nosné konstrukce střešního pláště,
- hydroizolace střechy odolná proti prorůstání kořenů rostlin,
- u střech s tepelnou izolací dostatečná pevnost jejich tepelné izolace v tlaku a velmi kvalitní parozábrana.

Rozhodování o zřízení zelené střechy však může ovlivnit i využití interiéru pod střechou.<sup>2</sup> Je proto nutné vždy zvážit (a následně ověřit tepelně technickým výpočtem) výběr vhodných výrobků – zejména druh a tloušťku tepelné izolace, výběr vhodné parozábrany a někdy i nosné konstrukce střechy nebo materiálové provedení hydroizolace (asfaltové pásy nebo hydroizolační fólie).

**Návrh střešního pláště zelené střechy, včetně nezbytných detailů střechy a tepelně technického posouzení střechy (s tepelně technickým výpočtem), by měl proto vždy zpracovat zkušený projektant.**

#### **5.1.1 ORIENTACE VŮČI SVĚTOVÝM STRANÁM**

Z hlediska vhodného výběru rostlin a zejména případného provozního využití zelené střechy pro pohyb a pobyt osob je důležité, jak bude vybraná střecha orientovaná vůči světovým stranám. Střecha na severní straně objektu bude mít jiné tepelné namáhání a ve spojení s terasou i menší provozní využití než střecha orientovaná na jižní nebo západní stranu objektu.

#### **5.1.2 VÝBĚR VHDNÉ NOSNÉ KONSTRUKCE STŘEŠNÍHO PLÁŠTĚ**

Používají se zpravidla tyto nosné konstrukce:

- železobetonová monolitická nebo prefabrikovaná konstrukce,
- keramická (nebo keramobetonová) skládaná nosná konstrukce,
- ocelová konstrukce s nosným trapézovým plechem,
- dřevěné bednění s dřevěnou nosnou konstrukcí.

#### **5.1.3 ÚNOSNOST NOSNÉ KONSTRUKCE A STATICKÉ POŽADAVKY**

Z hlediska únosnosti i možného provozního využití zelené střechy je nejvhodnější železobetonová konstrukce střešního pláště. Lehké jednoplášťové střešní konstrukce (na trapézovém plechu nebo na dřevěném bednění) lze použít jen u zelených střech s extenzivní zelení.

#### **Zatížení nosné konstrukce střechy s vegetačním souvrstvím závisí na:**

- typu zeleně,
- hmotnosti celého souvrství střešního pláště včetně vegetačního souvrství při maximálním nasycení vodou,
- zatížení sněhem v dané lokalitě dle mapy sněhových oblastí,
- zatížení sáním větru,
- požadovaném užitém zatížení.<sup>3</sup>

U střech s opačným pořadím vrstev nebo u klasických jednoplášťových střech s volně položenou hydroizolační fólií zajišťuje vegetační souvrství stabilitu střešního pláště (tedy volně položené tepelné izolace z extrudovaného polystyrenu XPS nebo volně položené hydroizolační fólie) vůči sání větru. Minimální požadovanou hmotnost vegetačního souvrství je v tomto případě proto nutné ověřit statickým výpočtem na namáhání sáním větru – a to pro vegetační a hydroakumulační vrstvu v suchém stavu.

#### **Technické parametry vegetačního souvrství zelených střech podle druhu vegetace – orientační údaje:**

**Extenzivní zelená střecha** má obvykle malou stavební výšku. Její plošná hmotnost v nasyceném stavu se zpravidla pohybuje od 90 do 200 kg·m<sup>-2</sup>. Výška extenzivního vegetačního souvrství bývá nejčastěji od 60 do 150 mm.

**Polointenzivní (jednoduchá intenzivní) zelená střecha** je přechodovým typem mezi vegetační střechou s extenzivní a intenzivní zelení. Výška polointenzivního vegetačního souvrství má hodnotu od 150 do 350 mm. Plošná hmotnost v nasyceném stavu tohoto vegetačního souvrství bývá zpravidla od 200 do 400 kg·m<sup>-2</sup>.

**Intenzivní zelená střecha** má větší stavební výšku – s výškou vegetačního souvrství nad 300 mm. Jeho plošná hmotnost v nasyceném stavu závisí na skutečné výšce a materiálovém provedení vegetační vrstvy a na druhu zeleně a je obvykle vyšší než 400 kg·m<sup>-2</sup>. V případě větší mocnosti souvrství může být plošná hmotnost výrazně vyšší (1500–2000 kg·m<sup>-2</sup>) a je třeba ji individuálně stanovit pro konkrétní situaci. V případě jejího dalšího provozního využití (pokud je např. umožněn pohyb a pobyt osob na zelené střeše s intenzivní zelení) je nutné ještě zohlednit užité zatížení předepsané pro terasy.

Je však také třeba zohlednit přetížení nosné konstrukce střechy obypem z kameniva, který je vyžadován z technických a z požárních důvodů.

Na terasách nebo přímo na střešních zahradách je rovněž nezbytné zohlednit případy rozmístění velkoobjemových nádob s intenzivní zelení (i se stromy nebo keři), jejichž hmotnost by mohla i několikrát překročit užité zatížení uvažované pro návrh (či posouzení stávající) nosné konstrukce střechy.

U lehkých střech s nosnou konstrukcí z trapézového plechu nebo z dřevěného bednění je nutné ještě kontrolovat, zda jsou splněny

<sup>2</sup> Z hlediska vnitřní teploty a relativní vlhkosti v interiéru bude jistě rozdíl v požadavcích na souvrství střešního pláště bytového objektu nebo plaveckého bazénu.

<sup>3</sup> ČSN EN 1991-1-1 (Eurokód 1). Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užité zatížení pozemních staveb. ČNI, 2004.

normové požadavky na maximálně dovolený průhyb nosné konstrukce.

Objektové dilatační spáry na střeše je třeba zachovat trvale přístupné – bez ozelenění.

#### 5.1.4 VÝBĚR VHDNÉHO TECHNICKÉHO PŘEVEDENÍ STŘECHY

Nejčastěji se k vytvoření zelené střechy využívají jednoplášťové ploché střechy s klasickým pořadím vrstev, méně často ploché střechy s opačným pořadím vrstev (tzv. obrácené střechy) a mimořádně horní pláště dvouplášťových plochých střech. Při sklonech střech nad 5° (tedy již v oblasti šikmých střech, mimořádně i strmých nebo geometricky zakřivených střech) je podkladem pro vegetační souvrství zelené střechy souvrství střešního pláště obvyklé pro jednoplášťové střechy. Střechy se sklonem nad 3° (tedy nad 5,2%) již musí mít vhodným způsobem zajištěno souvrství střešního pláště proti sjíždění (viz kapitola 5.3).

Z hlediska technického provedení se bude vždy jednat o střechy s povlakovými hydroizolacemi (tedy s izolacemi z asfaltových pásů nebo z hydroizolačních fólií). Výběr vhodných výrobků včetně jejich pokládky je však vždy nutné předem projednat s jejich výrobcem s podmínkou dodržení nezbytných požadavků a doporučení. Zelené střechy lze realizovat i na střeších bez tepelné izolace – např. nad otevřenými skladovacími nebo garážovými prostorami. Jejich vegetační souvrství včetně stanovení minimální výšky vegetační vrstvy, jejího provedení a výběru vhodných odolných rostlin je v tom případě nutné přizpůsobit náročnějším klimatickým podmínkám v dané lokalitě.

#### 5.1.5 SKLON STŘECHY

Obecně u nás není předepsán minimální sklon ploché střechy, pouze v normě ČSN 73 1901 *Navrhování střech – Základní ustanovení* je v informativní příloze G jen uvedeno, že „kaluže se obvykle tvoří při sklonu povrchu střechy do 3%“. Kaluže vody mají zejména v případě extenzivních zelených střech negativní vliv na vegetaci. Pro zelené střechy se proto zpravidla doporučuje minimální sklon povrchu ploché střechy k odvodňovacím prvkům 3%. V zahraničí je doporučován minimální sklon ploché střechy 2%, ale byly realizovány i ploché střechy bez sklonu, a to pro intenzivní vegetační souvrství s trvalou hladinou vody v hydroakumulační vrstvě.<sup>4</sup> V případě, že se kombinuje zelená střecha s terasou, doporučuje se, aby sklon povrchu pochozí plochy terasy byl 1,5–2% k odvodňovacím prvkům. V případě dlažby na podložkách nebo dlažby do podsypu může být povrch pochozí plochy terasy i vodorovný (ale její hydroizolace musí být ve sklonu k odvodňovacím prvkům).

#### 5.1.6 POŽADAVKY NA PŘEVEDENÍ HYDROIZOLACE STŘECHY

Používá se buď dvouvrstvá izolace vytvořená z hydroizolačních modifikovaných asfaltových pásů, nebo jednovrstvá izolace z hydroizolační fólie tloušťky minimálně 1,5 mm (v závislosti na druhu fólie). Důležitou podmínkou je dlouhodobá odolnost hydroizolace vůči prorůstání kořenů rostlin. Této podmínce však nevyhoví běžné povlakové izolace. Většina výrobců asfaltových pásů nebo hydroizolačních fólií proto k vytvoření vodotěsné izolace zelených střech nabízí speciální výrobky, které prošly zkouškami.<sup>5</sup> Dokladem o kladném výsledku těchto zkoušek je u zahraničních výrobců zpravidla tzv. atest FLL, kterým je garantována odolnost konkrétního hydroizolačního výrobku proti prorůstání kořenů rostlin. V České republice se tyto hydroizolační výrobky zkouší dle ČSN EN 13948 (Stanovení odolnosti proti prorůstání kořenů) a výsledky zkoušky jsou následně uvedeny v Protokolu o zkoušce.

Odolnost proti prorůstání kořenů rostlin je u modifikovaných asfaltových pásů zajištěna obvykle pomocí speciálních přísad v asfaltové krycí hmotě.<sup>6</sup> Hydroizolace z modifikovaných asfaltových pásů se provádí zásadně dvouvrstvá, kde uvedenou podmínku odolnosti proti prorůstání kořenů rostlin musí vždy splňovat vrchní hydroizolační asfaltový pás.

V případě zelených střech s náročnými požadavky na zeleň nabízí někteří výrobci na vytvoření dvouvrstvé hydroizolace i spodní modifikované asfaltové pásy odolné proti prorůstání kořenů rostlin.<sup>7</sup>

Pokud je zelená střecha provedena jen na části střechy nebo je kombinovaná s terasou či parkovištěm, zpravidla se doporučuje, aby byla hydroizolace odolná proti prorůstání kořenů rostlin položena nejméně 2 m za vnějším obvodem zelené střechy (v závislosti na druhu rostlin a na provedení souvrství terasy či parkoviště).

Hydroizolace klasické ploché střechy musí být v souladu s požadavky ČSN 73 1901 vyvedena na nadstřešní zdivo, světlíkové obruhy, prostupy potrubí nebo na atiky do výšky nejméně 150 mm nad povrch střechy, v případě zelených střech potom tedy nejméně do výšky 150 mm nad povrch vegetačního souvrství nebo obsypu z kameniva (tedy výrazně výše než u izolace klasické ploché střechy). Vegetační souvrství nesmí mechanicky narušit hydroizolaci střechy.

#### 5.1.7 ODVODNĚNÍ STŘECHY

Gravitační odvodnění zelených střech se provádí zpravidla pomocí střešních vtoků (ploché střechy) nebo odvodňovacích žlabů (ploché i šikmé střechy). Odvodňovací prvky musí být trvale přístupné pro pravidelnou kontrolu a čištění. Z tohoto důvodu se nad střešní vtoky zelených střech obvykle umísťují kontrolní šachty.<sup>8</sup>

<sup>4</sup> Zelené střechy s trvalou vodní hladinou není ale možné realizovat u střech s opačným pořadím vrstev – došlo by k poškození tepelné izolace z extrudovaného polystyrenu XPS.

<sup>5</sup> Při těchto náročných zkouškách byly výrobky vystaveny po předepsané vegetační období účinkům vybraných agresivních kořenů rostlin. Při zkouškách se prověřuje, zda nedošlo k prorůstání kořenů rostlin jak v ploše zkoušeného hydroizolačního výrobku, tak v jeho spojích.

<sup>6</sup> V minulosti (někteří výrobci je mají v jiném provedení dodnes ve své nabídce) se používaly na vytvoření vodotěsné izolace zelených střech i speciální asfaltové pásy se zabudovanou měděnou fólií, u kterých však byl z hlediska prorůstání kořenů rostlin problematický spoj navazujících asfaltových pásů v místě jejich podélného a příčného přesahu.

<sup>7</sup> S ohledem na dlouhodobou spolehlivost hydroizolace vystavené účinkům kořenů rostlin je proto nutné použití konkrétních výrobků konzultovat s jejich výrobcem, zejména v případě zelených střech s intenzivní zelení (některé hydroizolační výrobky mohou být určeny jen na vytvoření hydroizolace střech s extenzivní zelení).

<sup>8</sup> Ty dnes nabízí řada výrobců střešních vtoků.

V místech odvodňovacích žlabů se doporučuje vždy provést obsyp z praného kameniva (např. z oblázků) frakce 16/32 mm v šířce 500 mm na každou stranu od osy žlabu a obsyp po obvodě střešních vtoků v šířce minimálně 500 mm od okraje vtoků (podobně kolem kontrolních šachet nad vtoky). Okapové žlaby nesmí zarůstat a nesmí být omezena jejich funkce.

Jedna střešní plocha má být odvodněna nejméně dvěma střešními vtoky. Použije-li se u malých střešních vtoků, měl by být vždy doplněn bezpečnostním (nouzovým) přepadem. Okolí střešních vtoků i bezpečnostních přepadů musí být udržováno bez zeleně a musí umožnit odtok vody. Doporučuje se vždy používat kvalitní střešní vtoky nebo přepady s napojovací manžetou, u klasických plochých střešních vtoků s tepelnou izolací je třeba aplikovat vtoky dvoustupňové.

Pro návrh odvodnění plochých i šikmých střešních ploch se výpočtem stanovuje součinitel odtoku  $C$ , jehož hodnota vyjadřuje schopnost povrchu střešního povrchu odvádět srážkovou vodu. Hodnota součinitele odtoku  $C$  je ovlivněna nejen sklonem střešního povrchu, ale závisí i na provedení jejího povrchu. Pro zelené střechy je v normě ČSN 75 6760 pro vnitřní kanalizace v závislosti na tloušťce vegetační vrstvy uvedena hodnota součinitele odtoku  $C = 0,3-0,8^9$ . V této souvislosti je však třeba upozornit na to, že vegetační souvrství není v průběhu stavby vždy realizováno, bývá dokonce někdy uskutečněno až s větším odstupem, a zároveň není vyloučeno, že z různých důvodů nebude v budoucnu odstraněno. Dodatečné zvětšení profilu dešťových odpadních potrubí nebo zvýšení jejich počtu je však téměř vždy nerealizovatelné. Při dimenzování odvodňovacího systému budovy se proto doporučuje k této skutečnosti přihlídnout. Množství srážkových vod odváděných ze střešního povrchu a způsob jejich odvedení musí odpovídat podmínkám a požadavkům platným pro dané území a danou stavbu. Pokud je požadováno zřízení zelené střešního povrchu i s ohledem na významné snížení odtoku srážkových vod ze střešního povrchu (např. do kanalizace), musí být zelená střecha vždy realizována, nebo v opačném případě musí být vyšší odtok srážkových vod předem projednán a schválen příslušnými úřady.

### 5.1.8 HYGIENICKÉ POŽADAVKY NA POCOŽÍ ZELENE STŘECHY A ZELENE STŘECHY SPOJENÉ S TERASAMI

Je-li na tyto střechy umožněn přístup veřejnosti, musí se zabránit pronikání zápachu z kanalizační sítě na střešním povrchu, např. střešními vtoky se zápachovou uzávěrkou nebo jiným vhodným řešením. Mechanická zápachová uzávěrka vložená do střešních vtoků však významně snižuje odtokovou kapacitu vtoků. Ze stejného důvodu je nutné situovat větrací potrubí kanalizace do těch míst na střeše nebo na terase, odkud nebude případný zápach obtěžovat okolí. Nejmenší vodorovná vzdálenost vyústění větracího potrubí kanalizace od terasy nebo od obytné zóny zelené střešního povrchu by proto měla být větší než 3 m. Při menších vzdálenostech je třeba vyústit toto odvětrávací potrubí nejméně 3 m nad úroveň terasy nebo zelené střešního povrchu. Pro vyústění vzduchotechnických potrubí na střeše platí uvedené požadavky přiměřeně.

### 5.1.9 PŘÍSTUP NA STŘECHU

V souladu s Vyhláškou č. 268/2009 o technických požadavcích na stavby musí mít pochozí zelené střechy a terasy zajištěny bezpečný přístup a musí na nich být provedena opatření zajišťující bezpečnost provozu. Vstup na střešním povrchu je třeba zajistit dle ČSN 73 1901:2009 alespoň průchozím otvorem o šířce větší než 600 mm a výšce větší než 1800 mm. Nepochozí zelené střechy (označované jako střechy bez provozu) mohou být přístupné po žebříku, průlezným otvorem přes skladbu střešního povrchu s čistým rozměrem minimálně 600 x 600 mm nebo otvorem v přilehlé stěně velikosti minimálně 600 x 1200 mm. Uvedené rozměry nesmí být zužovány žebříky, stupni schodišť nebo stupadly.

### 5.1.10 BEZPEČNOSTNÍ POŽADAVKY

Střešním povrchem musí být navržena tak, aby se zabránilo pádu uvolněných částí konstrukcí nebo vrstev a složek materiálů do prostoru kolem objektu (viz čl. 5.6.14 normy ČSN 73 1901:2011). V průběhu stavby i při vlastní realizaci střešního povrchu nesmí docházet k nekontrolovatelnému hromadění stavebního materiálu včetně výrobků pro vegetační souvrství na střeše. Pochozí zelené střechy a terasy, na které má přístup veřejnost nebo jejich uživatelé, musí být vybaveny souvislým zábradlím podél všech volných okrajů nebo mohou být ohraničené i jinými dostatečně vysokými stavebními konstrukcemi. Na ostatních plochách, které budou přístupné jen za účelem údržby, je nutné zajistit ochranu pracovníků proti pádu z výšky. Proto je třeba na střeše vybudovat záchranný systém, který by měl být navržen pokud možno jako zádržný – to znamená, že by měl zabránit pádu pracovníků zajišťujících údržbu přes volný okraj střešního povrchu.

Záchranné a zádržné systémy jsou tvořeny soustavou kotvicích bodů upevněných nejčastěji přímo do nosné konstrukce střešního povrchu. Jednotlivé kotvicí body mohou být propojené permanentním nerezovým lanem umožňujícím plynulý pohyb po okraji střešního povrchu. Mimořádný význam má kvalitní a spolehlivý zabezpečovací systém zejména u šikmých a strmých střešních ploch. Proto musí být zajištěno pro danou stavbu odborné zpracování projektu zabezpečovacího systému, včetně odborné realizace.

### 5.1.11 NAPOJENÍ NA OKRAJE STŘECHY, NADSTŘEŠNÍ ZDIVO A PROSTUPY STŘEŠNÍM PLÁŠTĚM

Podél okrajů střešního povrchu, atik, nadstřešního zdiva a podél střešních žlabů, kolem obrub střešních světlíků nebo střešních oken a kolem všech trubních prostupů vyvedených nad střešním povrchem má být proveden obsyp z praného kameniva z oblázků frakce 16/32 mm v šířce minimálně 500 mm (u velmi malých střešních ploch samostatných přízemních objektů lze zvážit jeho zúžení na 300 mm). Obsyp umožňuje kontrolu a údržbu střešního povrchu a brání kořenům rostlin proniknout pod oplechování na střeše. Je požadován i z požárních důvodů a s ohledem na účinky sání větru (u vyšších objektů s ohledem na sání větru i ve větší šířce a tloušťce). Chrání fasádu nadstřešního zdiva proti znečištění odstříkující vodou při dešti a snižuje riziko vyplavení rostlin vodou stékající ze zasklených ploch světlíků. Zpravidla se odděluje od vegetační vrstvy filtrační vrstvou.

<sup>9</sup> Při hodnotě součinitele odtoku  $C = 0,3$  odečte 30 % srážkové vody a 70 % zůstane naakumulováno ve vegetačním souvrství.

### 5.1.12 ZKOUŠKY VODOTĚSNOSTI STŘEŠNÍHO PLÁŠTĚ

S ohledem na to, že vegetační souvrství (někdy i s velkou výškou vegetační vrstvy) překryje hydroizolaci střechy, bývá velmi nákladné dodatečné vyhledávání její netěsnosti. Nelze ani vyloučit poškození hydroizolace při realizaci vegetačního souvrství střechy, a bývá proto velmi problematické následné zjišťování míry zavinění. Doporučuje se tedy před realizací vegetačního souvrství provést vhodným způsobem zkoušku vodotěsnosti střešního pláště (nejlépe za účasti zástupce firmy, která bude realizovat vegetační souvrství na střeše) a s výsledky prokazatelně seznámit realizační firmu. Zkoušek vodotěsnosti je celá řada – např. zátopová, jiskrová, podtlaková zkouška spojů, přetlaková zkouška, nebo termografická defektoskopie. Při použití zátopové zkoušky vodotěsnosti musí statik předem prokazatelně potvrdit únosnost podkladních vrstev a nosné konstrukce střešního pláště hmotností napuštěné vody.

### 5.1.13 PŘÍVOD VODY A ELEKTRICKÉ ENERGIE

S ohledem na realizaci, záruční a pozáruční údržbu zelených střech je třeba počítat s přívodem vody pro zavlažování rostlin. U střech s extenzivní zelení obvykle postačí alespoň suchovod s možností napojení na přívod vody, u intenzivních zelených střech musí být téměř vždy zajištěn jak přívod vody (chráněný před poškozením mrazem), tak přívod elektrické energie, aby mohl být realizován samostatný doplňkový zavlažovací systém a případně i osvětlení na střeše. Následná vzájemná koordinace a umístění jednotlivých rozvodů vody a elektrických kabelů po střeše (včetně napojovacích míst) musí být navržena a provedena podle platných technických norem a předpisů.

### 5.1.14 OSTATNÍ POŽADAVKY

U střech s intenzivní zelení se doporučuje vytvořit vhodné technické zázemí (místnost na nářadí a údržbu). U objektů, které mají na střechách vyústěny výdechy klimatizace nebo vzduchotechnická potrubí s výdechy teplého vzduchu či od technologického zařízení, je nutné zvážit rozsah zelené střechy a výběr vhodných rostlin.

## 5.2 POŽADAVKY NA SOUVRSTVÍ STŘEŠNÍHO PLÁŠTĚ PLOCHÝCH STŘECH

Návrh střešního pláště musí být zpracován v souladu s požadavky platných českých technických norem a ostatních předpisů.

### 5.2.1 OCHRANNÁ VRSTVA

Ochranná vrstva chrání povlakovou hydroizolaci střechy před mechanickým poškozením dynamického nebo statického charakteru – a to jak při vlastní realizaci vegetačního souvrství, tak při následné údržbě zeleně. Ochrannou vrstvu obvykle tvoří geotextilie s předepsanou plošnou hmotností nebo jiné vhodné výrobky.

### 5.2.2 HYDROIZOLACE STŘECHY

Specifické požadavky na hydroizolaci střech s vegetačním souvrstvím byly popsány v předchozí části. Je však nutné ještě upozornit na jeden požadavek a tím je dlouhodobá odolnost povlakové hydroizolace vůči UV záření a povětrnostním vlivům. Některé hydroizolační pásy nebo hydroizolační fólie odolné proti pro-

růstání kořenů rostlin však nejsou rezistentní vůči UV záření a povětrnostním vlivům (např. vyšším teplotám). Jsou to např. „černé“ asfaltové pásy bez ochranného posypu z drčené břidlice nebo hydroizolační fólie některých výrobců. V případě použití takových výrobků je nutné zajistit neprodlenou realizaci vegetačního souvrství, které uvedené výrobky před těmito povětrnostními vlivy a UV zářením spolehlivě ochrání. Tyto výrobky proto také nejsou použitelné na vytvoření hydroizolace pod dlažbou na podložkách (tercích), protože mezerami mezi dlaždicemi proniká k povrchu hydroizolace UV záření. Všechny části střechy, na kterých může být hydroizolace vystavena těmto účinkům, však musí být provedeny z výrobků, které jsou odolné vůči povětrnostním vlivům a UV záření (např. z asfaltových pásů s posypem z drčené břidlice na horním povrchu nebo z hydroizolačních fólií vhodných pro toto použití). Jedná se zejména o opracování atik, napojení na nadstřešní zdivo, prostupy střešním pláštěm, světlíkové obruby, rámy střešních oken apod. Dobu možné expozice obnažené hydroizolace vystavené uvedeným účinkům musí stanovit její výrobce. U teras nebo veřejně přístupných zelených střech a tam, kde bude zajišťována údržba zeleně pomocí mechanizace (např. sekačky, vertikutátory aj.), je nutné ještě zajistit vhodnou ochranu hydroizolace proti jejímu mechanickému poškození oplechováním nebo vhodným obkladem.

### 5.2.3 SEPARAČNÍ VRSTVA

Úkolem separační vrstvy je vzájemné oddělení dvou vrstev střešního pláště z výrobních, mechanických, chemických či jiných důvodů. Separací vrstva se používá zpravidla u jednoplášťových plochých střech s hydroizolací z hydroizolační fólie (obvykle z měkčeného PVC-P) nebo u střech s opačným pořadím vrstev. Při přímém kontaktu tepelné izolace z pěnového polystyrenu EPS nebo extrudovaného polystyrenu XPS s hydroizolační fólií z PVC-P dochází totiž k výraznému migrování změkčovadel z PVC do pěnového či extrudovaného polystyrenu – a tím jak k rychlému stárnutí hydroizolační fólie, tak k poškození struktury EPS nebo XPS. Separací vrstva proto navzájem odděluje tepelnou izolaci z polystyrenu od hydroizolační fólie. Zpravidla se používá separační geotextilie o hmotnosti 300 g·m<sup>-2</sup> nebo skelná rohož o hmotnosti minimálně 120 g·m<sup>-2</sup>. U střech s opačným pořadím vrstev se v případě realizace vegetačního souvrství nevyužije předností tzv. drenážně-separační fólie, která se pokládá na povrch tepelné izolace z XPS, kde redukuje protékání vody skrz spoje desek z extrudovaného polystyrenu XPS na hydroizolaci. Proto se u těchto střech s vegetačním souvrstvím používají pro vytvoření separační vrstvy na povrchu tepelné izolace z extrudovaného polystyrenu XPS klasické geotextilie – s ohledem na nižší hodnotu jeho trvalé tepelné odolnosti se v případě zelených střech ale doporučuje použít nenasákovou geotextilii světlé barvy s hmotností optimálně 140 g·m<sup>-2</sup>, výjimečně až 200 g·m<sup>-2</sup>.

### 5.2.4 TEPELNÁ IZOLACE

Tepelnou izolaci souvrství střešního pláště zelených střech mohou tvořit jen takové tepelné izolační materiály, které mají potřebné technické parametry – zejména pevnost v tlaku a malou stlačitelnost. Z hlediska tepelné technických požadavků má však významnou roli i faktor difúzního odporu  $\mu$  a součinitel tepelné vodivosti  $\lambda$  tepelné izolačního materiálu. V zásadě je možné použít tyto zá-

kladní druhy tepelných izolací:

- pěnový polystyren EPS,
- extrudovaný polystyren XPS,
- pěnový polyuretan PUR nebo PIR,<sup>10</sup>
- pěnové sklo,
- v mimořádných případech u střeš s vhodnou skladbou celoplošně působícího vegetačního souvrství zelené střechy s extenzivní zelení lze použít i minerální vlnu.

Nejčastěji se používá tepelná izolace ze stabilizovaného pěnového polystyrenu EPS, která se dodává v několika typech podle pevnosti v tlaku v kPa při 10% stlačení (EPS 100, nebo EPS 150 či nejpevnější EPS 200). Vynikající hodnoty součinitele tepelné vodivosti má tepelná izolace z pěnového polyuretanu PIR. S tepelnou izolací z pěnového polyuretanu lze proto významně snížit stavební výšku souvrství střešního pláště pod vegetačním souvrstvím. Pevnost v tlaku pěnového polyuretanu PIR se u některých výrobců blíží hodnotám pěnového polystyrenu EPS 150. U střeš s opačným pořadím vrstev lze použít jen tepelnou izolaci z extrudovaného polystyrenu XPS. Jeho trvalá tepelná odolnost je však jen +75 °C, a proto se nemá používat jako tepelná izolace klasických plochých střeš. Tepelná izolace z pěnového skla je nejspolehlivější izolací tohoto druhu na našem trhu. Používá se jen v tzv. kompaktní skladbě ploché střeš. Má největší pevnost v tlaku a při pokládce do horkého asfaltu vytvoří skutečně parotěsnou vrstvu – nepotřebuje tedy žádnou další parozábranu.

Ve vegetačním souvrství plochých střeš se dnes často používají tzv. nopové fólie (obvykle vyráběné z vysokohustotního polyetyleny HDPE), které zpravidla tvoří hydroakumulační a drenážní vrstvu. Dosedací plocha nopů těchto tuzemských i zahraničních nopových fólií však někdy nepřesahuje 10% jejich celkové plochy. Ve svých důsledcích to však znamená poměrně velké bodové zatížení hydroizolace a zejména tepelné izolace střešního pláště. Při překročení přípustných hodnot možného trvalého zatížení tepelné izolace proto může dojít k zatlačování nopů do tepelné izolace a k následnému poškození hydroizolace. Zároveň se tím výrazně sníží drenážní schopnost zatlačené nopové fólie.<sup>11</sup> Z tohoto důvodu je nutné zvolit vhodnou nopovou fólii a navrhnout odpovídající druh tepelné izolace střeš (např. pevnější typ pěnového polystyrenu EPS 150 nebo EPS 200 či zajistit roznošení zatížení od nopů nopové fólie deskami z extrudovaného polystyrenu XPS tloušťky minimálně 50 mm položenými na hydroizolaci klasické ploché střeš).

Navazuje-li však zelená střeš na terasy, chodníky nebo parkoviště, výběr vhodné tepelné izolace (někdy i vodotěsné izolace) výrazně ovlivní nejen zatížení předepsané pro tyto pochozí nebo pojížděné plochy, ale i provedení těchto ploch.<sup>12</sup>

### 5.2.5 PAROZÁBRANA

Je definována jako hydroizolační vrstva podstatně omezující či téměř zamezující pronikání vodní páry do stavební konstrukce. Provedením vegetačního souvrství, které bývá díky akumulaci vrstev a někdy i díky pravidelnému zavlažování zelené střeš po většinu roku vlhké, se významně sníží prostup vodní páry střešním pláštěm. Vegetační souvrství totiž významně omezuje pozitivní vliv slunečního záření na vypařování vodní páry ze střešního pláště do exteriéru. Mohlo by proto docházet k trvalému nárůstu zkonkondenzované vodní páry ve střešním pláště. Kvalitní parozábrana (parotěsná vrstva) je tak vždy nutnou součástí střeš s vegetačním souvrstvím. Z hlediska vzduchotěsnosti střešního pláště má mimořádný význam zejména u střeš s nosnou konstrukcí z trapézového plechu nebo z dřevěného bednění. V souvrství střešního pláště střeš s vegetačním souvrstvím by měly být proto vždy používány kvalitní parozábrany – nejlépe z asfaltových pásů s nosnou vložkou z hliníkové fólie, které mají výrobcem garantovanou hodnotu tzv. ekvivalentní difúzní tloušťky  $s_d \geq 1500$  m (podrobněji viz literatura).

### 5.2.6 SPÁDOVÁ VRSTVA

Spádová vrstva zajišťuje sklon střešního pláště k odvodňovacím prvkům. Lehké střeš z trapézového plechu nebo z dřevěného bednění mají zpravidla sklon již vytvořen nosnou konstrukcí střeš. U nosné železobetonové konstrukce střeš mohou být spádové vrstvy z lehčených nebo prostých betonů, v současné době se obvykle vytváří sklon vodotěsné izolace z tepelně izolačních materiálů (nejčastěji z pěnového polystyrenu EPS, pěnového polyuretanu PIR, pěnového skla nebo u zelených střeš s extenzivní zelení mimořádně i z minerální vlny – pomocí spádových desek neboli klínů).

### 5.2.7 NOSNÁ KONSTRUKCE STŘEŠ

Byla již popsána v předchozí části.

### 5.2.8 POŽÁRNÍ PŘEDPISY

Součástí projektové dokumentace by vždy mělo být „Požárně bezpečnostní řešení stavby“, které musí zohlednit případné požadavky na nezbytné stavební úpravy i na provedení zelené střeš na konkrétním objektu z hlediska požární ochrany.

V době zpracování těchto standardů nejsou u nás přímo definovány požadavky na požární parametry zelených střeš – tedy

<sup>10</sup> Výrobky z tvrdé polyuretanové pěny PUR se vyrábí průmyslovým způsobem vysokotlakým směšováním izokyanátu a polyolu s různými přísadami. V současné době se však vyrábí pod názvem PIR pěnový polyizokyanurát s vyšším podílem izokyanátu ve směsi izokyanát a polyol. Tento výrobek má oproti klasickému pěnovému polyuretanu PUR lepší vlastnosti, zejména větší odolnost proti ohni, lepší tepelně izolační vlastnosti, vyšší rozměrovou stabilitu a vyšší pevnost v tlaku.

<sup>11</sup> Například při běžně používané výšce vegetačního substrátu 100 mm u střeš s extenzivní zelení je plošná hmotnost celého vodou nasyceného vegetačního souvrství cca 150 kg·m<sup>-2</sup> a s připočtením hmotnosti sněhu v zimě např. 70 kg·m<sup>-2</sup> dosahuje celková hmotnost souvrství ležícího na nopové fólii hodnoty 220 kg·m<sup>-2</sup>. V úrovni nopů je však jejich malou kontaktní dosedací plochou přenášen na hydroizolaci tlak odpovídající hodnotě až 2200 kg·m<sup>-2</sup>.

<sup>12</sup> Například v případě teras působí dlažba na podložkách (tercích) vůči hydroizolaci a tepelné izolaci velkým zatížením v soustředěném tlaku a zároveň umožňuje přístup UV záření mezerami mezi dlaždicemi k někdy nechráněné hydroizolaci klasické jednovrstvé střeš. Musí být proto použita jak vhodná hydroizolace, tak tepelná izolace – z hlediska roznošení zatížení se doporučuje pod podložky vždy umístit vhodnou separační a roznošecí vrstvu (např. desky z XPS tloušťky minimálně 50 mm se separační geotextilií).

na šíření požáru střešním pláštěm s vegetačním souvrstvím (požár shora). Pro hodnocení střež z hlediska šíření požáru střešním pláštěm jsou střechy v České republice zařazeny do dvou základních tříd – a to do třídy  $B_{\text{ROOF}}(t1)$ , která je určena pro střešní pláště umístěné mimo požárně nebezpečný prostor, a do třídy  $B_{\text{ROOF}}(t3)$  určené pro střešní pláště do požárně nebezpečného prostoru. Střešní pláště zařazené do třídy  $B_{\text{ROOF}}(t3)$  nešíří požár a brání vznícení hořlavých částí konstrukce. Ploché střechy mají v tom případě hydroizolaci vytvořenou zpravidla ze speciálních vrchních modifikovaných asfaltových pásů nebo z hydroizolačních fólií s podkladní skelnou rohoží o hmotnosti minimálně  $120 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ . Podmínkou pro zařazení střešních pláštů do uvedených tříd je jejich zařazení dle klasifikační normy ČSN EN 13501-5 + A1 na základě úspěšně provedené zkoušky konkrétní skladby střešního pláště (s konkrétní hydroizolací a tepelnou izolací) v požární zkušebně dle zkušební normy ČSN P CEN/TS 1187 nebo na základě rozšířené aplikace výsledků zkoušek dle normy ČSN P CEN/TS 16459 vycházející z úspěšných zkoušek střež. Řada výrobců či dovozců hydroizolačních fólií nebo modifikovaných asfaltových pásů odolných proti prorůstání kořenů rostlin má pro některé své výrobky v konkrétních skladbách střešních pláštů odzkoušené uvedené atesty  $B_{\text{ROOF}}(t1)$  nebo  $B_{\text{ROOF}}(t3)$ . Střechy s vegetačním souvrstvím však zkoušeny nebyly (stav v roce 2015). Jsou také předepsány požadavky na požární odolnost střešní konstrukce, kde se hodnotí působení požáru na střešní konstrukci při požáru zevnitř budovy (požár zdola).

Z požárního hlediska je v zahraničí na zelených střežách obvykle předepsán pruh praného kameniva z oblázků frakce 16/32 mm tloušťky minimálně 50 mm, provedený v šířce nejméně 500 mm na vodotěsné izolaci střež s vegetačním souvrstvím (nebo na tepelné izolaci z extrudovaného polystyrenu u střež s opačným pořadím vrstev) po obvodu střežy a kolem prostupů, jak již bylo uvedeno v předchozí části. Pro Českou republiku lze využít údaje z informativní Přílohy A normy ČSN 73 0810 *Požární bezpečnost staveb – Společná ustanovení*: Mezi výrobky pro střešní krytiny, u nichž lze podle „ROZHODNUTÍ KOMISE 2000/553/ES“ bez zkoušení předpokládat, že splňují všechny požadavky na funkční charakteristiku chování při vnějším požáru, pokud jsou splněny všechny vnitrostátní předpisy pro navrhování a provádění staveb, je v tabulce A10 uveden i „volně ložený štěrk o tloušťce nejméně 50 mm nebo hmotnosti  $\geq 80 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$  (minimální velikost zrn 4 mm, maximální 32 mm).“

Ploché střechy o ploše větší než  $1500 \text{ m}^2$ , které nejsou v požárně nebezpečném prostoru a u kterých není požadována jejich požární odolnost, mohou tvořit souvislý celek, pokud splňují klasifikaci  $B_{\text{ROOF}}(t1)$  nebo  $B_{\text{ROOF}}(t3)$ . V opačném případě se musí střecha o ploše větší než  $1500 \text{ m}^2$  dělit v souladu s ČSN 73 0810:2009 požárními pásy širokými alespoň 2 m, které jsou druhu DP1 dle ČSN 73 0810:2009. Zelené střechy o ploše větší než  $1500 \text{ m}^2$  tedy musí být odděleny požárními pásy širokými 2 m, které mohou být vytvořeny z kameniva frakce 16/32 tloušťky minimálně 50 mm (a větší tloušťky dle výšky vegetačního souvrství, výšky budovy a ve vazbě na únosnost nosné konstrukce). V zahraničí je však požadováno po každých 40 m střešní zahrady provedení pásu z kameniva v šířce 1000 mm nebo přepážky z nehořlavého materiálu

výšky 300 mm. Pro konkrétní případy je proto nutné po prověření požárním specialistou splnit požadavky uvedené v „Požárně bezpečnostním řešení stavby“.

Je nezbytné také upozornit, že dle požadavku normy ČSN 73 0810 *Požární bezpečnost staveb – Společná ustanovení* se střešní pláště strmých střež se sklonem větším než  $70^\circ$  k vodorovné rovině již posuzují z požárního hlediska jako obvodové stěny.

Vegetační souvrství s vegetací jakéhokoli druhu bude pravděpodobně problematické ohodnotit jako takové, které v průběhu celého roku nešíří požár. Výška vegetační vrstvy, její materiálové provedení a druh zeleně může mít vliv na omezení šíření požáru střešním pláštěm, ale suchá vegetace (zejména v období vegetačního klidu) může šířit požár po střeše velmi dobře.

### 5.3 POŽADAVKY NA SOUVRSTVÍ STŘEŠNÍHO PLÁŠTĚ ŠIKMÝCH, STRMÝCH NEBO GEOMETRICKY ZAKŘIVENÝCH STŘEŽ S VEGETAČNÍM SOUVRSTVÍM

V zásadě lze použít všechny předchozí požadavky platné pro ploché střechy s klasickým pořadím vrstev, ale souvrství střešního pláště střež se sklonem nad  $3^\circ$  (tedy nad 5,2%) již musí být vhodným způsobem zabezpečeno proti sjíždění. Je proto nutné zajistit polohu povlakové hydroizolace a tepelné izolace pomocí vhodných kvalitních kotevních prvků nebo pomocí samostatné doplňkové konstrukce upevněné k podkladu. Nosná konstrukce střežy tak musí umožnit spolehlivé mechanické přikotvení (ověřuje se provedením tzv. výtažných zkoušek). V této souvislosti je nutné upozornit na to, že klasické kotevní prvky spolehlivě přenášejí jen osovou tahovou sílu vyvolanou sáním větru, ale nejsou schopné odolávat smykovým silám, které na ně u šikmých nebo strmých střež působí jak od hmotnosti tepelné a vodotěsné izolace, tak od sněhu či od hmotnosti vegetačního souvrství. Z tohoto pohledu jsou nejvíce ohroženy teleskopické kotevní prvky v místě hlavy šroubu v plastové teleskopické podložce. Teleskopické kotevní prvky jsou tedy vhodné jen pro ploché střechy. U šikmých nebo strmých střež se proto doporučuje zajistit přenášení uvedených smykových sil samostatnou konstrukční úpravou provedenou zpravidla v tepelné izolaci, v případě použití jen mechanického kotvení je na místě využít kovové kotevní prvky s kovovou přitlačnou talířovou podložkou – a kotevní systém přiměřeně předimenzovat (výběr vhodných kotevních prvků je třeba předem konzultovat s jejich výrobcem). Použití vhodných kotevních prvků může limitovat i tloušťka tepelné izolace. V zásadě se tedy používá buď systém kotvení hydroizolace i tepelné izolace pomocí bodových kotevních prvků, nebo (zejména v případě vodotěsné izolace z modifikovaných asfaltových pásů) se do tepelné izolace osazují (po vrstevnicích) dřevěné kotevní fošny (nebo fošny z lepeného dřeva KVH) velikosti např.  $120 \times 40 \text{ mm}$  podložené pevnou tepelnou izolací z přířezů z extrudovaného polystyrenu XPS a ukotvené samostatně pomocí kotevních prvků k podkladu. Rozteč fošen je obvykle doporučována (pro vodotěsnou izolaci z modifikovaných asfaltových pásů) maximálně 5 m do sklonu střežy  $20^\circ$ , při větším sklonu (maximálně do  $45^\circ$ ) potom 2,5 m. Takto uchycené kotevní fošny stabilizují polohu tepelné izolace (která je přilepená nebo

přikotvená) a zároveň zajišťují polohu hydroizolace proti jejímu sjíždění – asfaltové pásy nebo hydroizolační fólie se proto kladou „po vodě“ (tedy po sklonu střechy) a v čele pásu se ještě samostatně kotví pomocí kotevních prvků k uvedené kotevní fošně.<sup>13</sup> Výrobci asfaltových pásů a hydroizolačních fólií mají často i svá specifická řešení pro provedení střešních pláštů na šikmých a strmých střeších. O materiálovém provedení tepelné izolace šikmých a strmých střešních pláštů rozhoduje nejen tvar podkladu, její pevnost v tlaku, ale někdy i další její mechanické vlastnosti – jako např. tvarová ohebnost. Převážně se s ohledem na zatížení vegetačním souvrstvím u těchto střešních pláštů používá tepelná izolace z pěnového polystyrenu EPS nebo z pěnového polyuretanu PIR. Na vytvoření tepelné izolace střešních pláštů s geometricky zakřivenými proměnlivými plochami je možné použít desky z minerální vlny, ale s přihlédnutím k jejich menší pevnosti v tlaku je možné na nich vytvořit jen vhodnou skladbu celoplošně působícího vegetačního souvrství s extenzivní zelení. Byly však realizovány i geometricky složitější střešní pláště s tepelnou izolací z pěnového skla, které má vynikající pevnost v tlaku.

Výběr vhodné hydroizolace pro šikmé nebo strmé zelené střechy je velmi důležitý. Hydroizolace těchto střešních pláštů musí být samozřejmě odolná proti prorůstání kořenů rostlin, ale je rovněž nutné, aby obsahovala kvalitní pevné nosné vložky, které umožní její spolehlivé přikotvení k podkladu, a zároveň musí disponovat velkou odolností vůči tepelnému namáhání a UV záření nejen na exponovaných plochách střešních pláštů v létě, ale i v období, kdy vegetační souvrství nebude realizováno. Z tohoto pohledu obvykle spolehlivě vyhoví kotvená hydroizolační fólie tloušťky nejméně 1,5 mm (dle materiálového provedení fólie) nebo dvouvrstvá vodotěsná izolace z asfaltových pásů – na vytvoření vrchní vrstvy je třeba použít velmi kvalitní výrobky z modifikovaného asfaltu s aditivou proti prorůstání kořenů rostlin. Vhodnost použití konkrétních výrobků na provedení hydroizolace šikmých nebo strmých střešních pláštů s vegetačním souvrstvím musí prokazatelně potvrdit jejich výrobce včetně návrhu na jejich pokládku a upevnění.

Střešní pláště s větším sklonem vyžadují konstrukční zajištění vegetačního souvrství proti sesuvu. Protiskluzové zábrany nesmí způsobovat napětí v hydroizolaci. Na spodním okraji šikmé nebo strmé střešních pláštů s vegetačním souvrstvím se zřizuje atika, která zadržuje vegetační souvrství. Odvodnění šikmých střešních pláštů se zpravidla provádí zaatikovými žlabem, prostřednictvím chrličů nebo štěrkovým pásem se zabudovanými drenážními trubkami. Je však nutné zajistit stabilitu vegetačního souvrství proti sjíždění do odvodňovacího systému. Okapní část musí být pravidelně udržovaná, bez vegetace.

Při realizaci i údržbě šikmých a strmých střešních pláštů s vegetačním souvrstvím je nutné vhodnými opatřeními zajistit bezpečnost pracovníků proti pádu z výšky.

## 5.4 ZŘÍZENÍ VEGETAČNÍHO SOUVRSTVÍ NA STÁVAJÍCÍCH PLOCHÝCH STŘEŠÍCH

Vegetační souvrství je možné realizovat na stávajících plochých střeších jen při dodržení níže uvedených podmínek a požadavků:

- základní podmínkou je skutečná únosnost stávající nosné konstrukce střešního pláště, tedy zjištění, zda je možné stávající nosnou konstrukci přitížit ještě konkrétním vegetačním souvrstvím;
- druhou důležitou podmínkou je dostatečný sklon střešních pláštů k odvodňovacím prvkům – nikde na střeše by se neměly po dešti tvořit kaluže vody.<sup>14</sup> V normě ČSN 73 1901 Navrhování střešních pláštů – Základní ustanovení je v informativní příloze G uvedeno, že u rekonstrukcí střešních pláštů se sklonem vnějšího povrchu do 3 %, kdy jsou přidány další vrstvy střešních pláštů, lze považovat na povrchu povlakové hydroizolace střešních pláštů za přijatelné kaluže o hloubce do 10 mm. Pokud bude zákazník přesto požadovat vytvoření zelené střešních pláštů, měla by realizační firma i při použití vhodné technologie vegetačního souvrství zvážit možná rizika, která s tvorbou kaluží na střeše souvisí. Realizační firma proto musí být se skutečností, že se na střeše tvoří kaluže vody (konkrétní hloubky), prokazatelně předem seznámena;
- významným kritériem pro rozhodování o zřízení zelené střešních pláštů je i skutečné využití místností pod střešními plášti (které může být odlišné od původního využití objektu);
- je nutné sondami ověřit skutečné materiálové provedení a stav celého stávajícího střešního pláště, zejména jeho hydroizolace a tepelné izolace;
- je nutné prověřit, zda ve střešním plášti byla realizována parozábrana a v jakém provedení. Střešních pláštů bez parozábrany nebo s nekvalitní či poškozenou parozábranou je z hlediska špatných difúzních vlastností střešního pláště na vytvoření zelené střešních pláštů nevhodná a může být po její realizaci příčinou závažných technických i hygienických závad střešního pláště;
- stávající ploché střešní pláště obvykle nevyhoví požadavkům platné tepelně technické normy ČSN 73 0540-2 jak z hlediska požadované hodnoty součinitele prostupu tepla, tak z hlediska difuze vodní páry. Téměř vždy je nutné dodatečně zvýšit tloušťku tepelné izolace a použít hydroizolaci odolnou proti prorůstání kořenů;
- je nutné prověřit, zda je možné zatížit stávající tepelnou izolaci střešních pláštů vegetačním souvrstvím (aby nedošlo k její deformaci);
- hydroizolace zelené střešních pláštů musí být zpravidla vždy vyvedena na větší výšku, než je úroveň původní hydroizolace. Jak již bylo uvedeno, měla by být hydroizolace zelené střešních pláštů pokaždé vyvedena na výšku nejméně 150 mm nad úroveň uvažovaného povrchu vegetačního substrátu nebo obsypu z kameniva. Ve svých důsledcích to může vyvolat nutnost navýšení atik;
- na stávající vodotěsnou izolaci je nutné provést novou hydroizolaci odolnou proti prorůstání kořenů rostlin. V případě, že je stávající povlaková izolace spolehlivě vodotěsná a bez závad, je možné ji ochránit proti prorůstání kořenů rostlin celoplošnou pokládkou speciální fólie s atestem FLL, odseparovanou od původní hydroizolace vhodnou separační vrstvou. Tato speciální

<sup>13</sup> Při větších sklonech se někdy v minulosti používaly i kotevní „Z“ profily ze silnějšího vyztuženého pozinkovaného plechu (pokládáné a kotvené podobně jako dřevěné fošny), které ale ve střešním plášti vytvářely významné tepelné mosty.

<sup>14</sup> V místech, kde se tvoří na střeše kaluže vody, může postupně docházet k poškození běžného vegetačního souvrství a vegetace

fólie však nenahrazuje hydroizolaci střechy a lze ji použít jen na ploché střechy dle pokynů výrobce;

- je nutné prověřit odvodňovací kapacitu stávajících odvodňovacích prvků (střešních vtoků nebo žlabů) a jejich provedení. Často bývá nezbytné upravit nebo vyměnit stávající střešní vtoky, jejichž profil se v průběhu let a dodatečných oprav střešního pláště zmenšil. U střech s obvodovou atikou se doporučuje zvážit osazení bezpečnostních přepadů;
- v případě, že je vstup na střechu zajištěn dveřmi, obvykle nevyhoví požadavkům na větší výšku vyvedení vodotěsné izolace stávající výška dveřního prahu, takže je nutné dveře včetně prahu dveří stavebně upravit;
- v závislosti na sklonu střechy a na uvažovaném novém využití střechy je nutné prověřit potřebu provedení zabezpečovacího systému včetně zajištění jeho následné realizace. V případě zřízení pochozí zelené střechy, na kterou bude mít přístup veřejnost nebo jejich uživatelé, musí být střecha v předstihu vybavena souvislým zábradlím podél všech volných okrajů;
- je nezbytné provést tepelně technický výpočet střešního pláště včetně tepelně technického posouzení. Musí být splněny požadavky normy ČSN 73 0540-2 jak z hlediska difuze vodní páry, tak z hlediska tepelně izolačních vlastností.

Přeměna stávající ploché střechy nad mokřými nebo vlhkými provozy na zelenou střechu je zejména s ohledem na difuzi vodní páry střešním pláštěm nevhodná a může být zdrojem závažných poruch střešního pláště a z toho vyplývajících následných hygienických závad v interiéru (plísň).

## 5.5 TEPELNĚ TECHNICKÉ POSOUZENÍ ZELENÝCH STŘECH

Tepelně technický výpočet zelených střech se obvykle provádí pro skladbu bez vegetačního souvrství. Jen tak lze získat bezpečné hodnoty součinitele prostupu tepla, nejnižší povrchové teploty a nejnižšího teplotního faktoru vnitřního povrchu střechy. Bude-li na zelené střeše realizováno vegetační souvrství s mohutnější vegetační vrstvou, lze jeho tepelně izolační efekt (po doložení tepelně technických parametrů jeho vrstev) následně dopočítat jen za účelem získání doplňujících informací, ale nikoli pro splnění požadavků normy ČSN 73 0540-2. Jak již bylo uvedeno, vegetační souvrství může být totiž realizováno s velkým časovým odstupem, nemusí být realizováno vůbec nebo může být z různých důvodů později odstraněno. Nezanedbatelné jsou i tepelné mosty, které ve vegetačním souvrství tvoří pruhy kameniva po obvodě střechy, kolem střešních vtoků, žlabů a kolem prostupů a nástaveb na střeše.

Požadavky ČSN 73 0540-2 na šíření vodní páry se doporučuje splnit s výraznější rezervou – i proto, že vegetační souvrství obvykle omezuje pozitivní vliv slunečního záření na vypařování vodní páry ze střechy do exteriéru. Do hodnocení vlhkostního chování střechy by se měly zahrnout všechny vrstvy významně omezující transport vodní páry – tedy např. i málo perforované vícefunkční hydroakumulační a drenážní nopové fólie z materiálů o vysokém difúzním odporu nebo betonová mazanina u zelené střechy propojené s terasou. Pro bezpečné výsledky výpočtu šíření vodní páry je vhodné zadat navíc jako okrajovou podmínku na venkovní straně konstrukce relativní vlhkost vzduchu 100% – tímto způsobem lze výpočtově modelovat trvalou vodní hladinu nad vodotěsnou izolací.

## 5.6 SPECIÁLNÍ POŽADAVKY NA REALIZACI VEGETAČNÍHO SOUVRSTVÍ

Konstrukce plochých střech a jejich provedení někdy vyžadují speciální postupy i při vlastní realizaci vegetačního souvrství zelených střech. Je proto nutné na ně upozornit jak projektanty, tak i realizační firmy, které pokládku vegetačního souvrství provádějí:

1. Hydroizolační fólie se obvykle pokládají volně s mechanickým přikotvením v místě podélného přesahu k podkladu pomocí kotveních prvků, jejichž počet a rozmístění se provede podle tzv. kotveného plánu, zpracovaného pro konkrétní střechu na základě statického výpočtu na namáhání sáním větru. Pokud je použita fólie, která je odolná vůči účinkům UV záření, může být takto provedená střecha dlouhodobě vystavena jak působení sání větru, tak účinkům UV záření. Jsou ovšem také realizovány střechy, na kterých je z různých důvodů v celé ploše střechy hydroizolační fólie pouze volně položená (zajištěná jen po obvodě střechy liniovým kotvením). Její stabilita vůči sání větru proto musí být neprodleně zajištěna statikem předepsaným přitížením, tedy buď hmotností kameniva, nebo u zelených střech hmotností vegetačního souvrství. Statikem požadovaná minimální hmotnost vegetačního souvrství v suchém stavu (což může následně ovlivnit druh zeleně) musí být tedy dodržena jak při návrhu, tak při vlastní realizaci zelené střechy. Nedodržení těchto statických požadavků může způsobit i při náhlém poryvu větru destrukci hydroizolační fólie a posun nebo přemístění pod ní uložené tepelné izolace s rizikem ohrožení bezpečnosti v okolí objektu. Volně položená hydroizolace střechy z asfaltových pásů se zpravidla neprovádí, asfaltové pásy jsou přilepeny nebo přikotveny k tepelné izolaci střechy. Se skutečností, že na střeše bude realizována volně položená hydroizolace (obvykle hydroizolační fólie), která vyžaduje okamžité přitížení vegetačním souvrstvím požadované plošné hmotnosti v suchém stavu, musí být v předstihu prokazatelně seznámena realizační firma a je třeba tomu přizpůsobit jak navržené vegetační souvrství, tak zejména provádění prací.
2. Pokud byla použita hydroizolace střechy, která nemá ochranu proti UV záření nebo atmosférickým vlivům, měla by být stanovena jejím výrobcem doba maximální expozice, po kterou může být hydroizolace vystavena těmto vlivům.
3. U střechy s opačným pořadím vrstev (tedy u obrácené střechy) platí stejné výše uvedené podmínky neprodleného přitížení vegetačním souvrstvím zajišťujícím stabilitu celého střešního pláště proti sání větru a proti rozplavání volně položené tepelné izolace z extrudovaného polystyrenu XPS při přivalovém dešti.
4. Tepelnou izolaci střechy s opačným pořadím vrstev může tvořit jen extrudovaný polystyren XPS, ten má však trvalou tepelnou odolnost pouze +75 °C (jsou ale mimořádně nabízeny i výrobky z XPS s vyšší hodnotou tepelné odolnosti). Při použití nevhodné separační geotextilie tmavé barvy položené na této tepelné izolaci hrozí v létě na rozpracované střeše riziko přehřátí těchto desek z XPS a jejich následné tvarové deformace (zkroucení). Proto se doporučuje použití separační geotextilie světlé barvy

o hmotnosti optimálně 140 g·m<sup>-2</sup> (výjimečně až 200 g·m<sup>-2</sup>) a následná pokládka vegetačního souvrství. Podobně může dojít k nezvratnému zkroucení desek XPS po samostatné pokládce tmavé nopové fólie tvořící ve vegetačním souvrství drenážní a hydroakumulační vrstvu. V tom případě je proto nutné sou-

běžně s pokládkou nopové fólie položit filtrační geotextilii a vegetační vrstvu, aby se tepelná expozice a tím i prohrátí desek XPS snížilo na minimum. Ze stejných důvodů má být neprodleně proveden obsyp z kameniva na geotextilii po obvodě střechy, kolem nástaveb na střeše a kolem prostupů.

## 6 DRENÁŽNÍ VRSTVA

Hlavní funkcí drenážní vrstvy je odvádění přebytečné dešťové vody do odvodňovacího zařízení. Chrání rostliny před přemokřením a zajišťuje bezpečný provoz celého střešního souvrství.

Drenážní vrstvu je možné vynechat u jednovrstvých extenzivních střech s velmi propustnou vegetační vrstvou (viz definice v části vegetační vrstva).

Samostatná drenážní vrstva může být tvořena těmito materiály:

- nopová fólie (bez hydroakumulační funkce, s hydroakumulační funkcí),
- drenážní panely (např. EPS tvarovky, desky z recyklátů, hydrofilní minerální vlna),
- sypké hmoty (např. keramzit, láva, štěrk, pěnosklo),
- smyčkové rohože aj.

### 6.1 POŽADAVKY NA JEDNOTLIVÉ MATERIÁLY

#### 6.1.1 NOPOVÁ FÓLIE

Nopová fólie může být tvořena pouze takovým materiálem, který je dostatečně tuhý, aby odolal zatížení všech vrstev nad sebou, včetně vegetace, sněhu, vody, užitého zatížení apod. Zároveň je nutné, aby při tomto zatížení zůstal plně funkční. Základní popis výrobků a jejich vlastností musí být v souladu s ČSN EN 13252 a obsahovat zejména tyto parametry:

- druh materiálu drenážní části fólie,
- druh materiálu filtrační části fólie (pokud je součástí),
- konstrukční výška výrobku (tloušťka),
- pevnost v tlaku (ČSN EN ISO 25619-2),
- propustnost pro vodu kolmo k rovině (ČSN EN ISO 11058), pokud obsahuje i filtrační část,
- schopnost pro proudění vody v podélném směru při daném zatížení a sklonu (ČSN EN ISO 12958),
- hydroakumulační schopnost v l.m<sup>-2</sup> (plní-li materiál i hydroakumulační funkci).

Požadované vlastnosti nopové fólie jsou uvedeny v Tab. 3: Požadované minimální hodnoty pro deklarované vlastnosti plošných drenážních prvků.

#### 6.1.2 DRENÁŽNÍ PANELE

Panely by měly být z takových materiálů, které jsou schopné odolat dlouhodobému zatížení stejně jako nopové fólie a musí vykazovat stálost vlastností v čase, což platí zejména pro desky z recyklátů nebo minerální vlnu. Vlastnosti drenážních panelů vycházejí z příslušných výrobových norem, např. ČSN EN 12162 (minerální vlna).

Popis vhodných výrobků by měl obsahovat zejména tyto parametry:

- druh materiálu,
- nominální tloušťka výrobku,
- pevnost v tlaku (ČSN EN 826),
- stlačitelnost (ČSN EN 12431),
- propustnost pro vodu kolmo k rovině (ČSN EN ISO 11058), pokud výrobek obsahuje i filtrační část,
- schopnost pro proudění vody v podélném směru při daném zatížení a sklonu (ČSN EN ISO 12958),
- hydroakumulační schopnost v l.m<sup>-2</sup> (plní-li materiál i hydroakumulační funkci).

Požadované vlastnosti drenážních panelů jsou uvedeny také v Tab. 3: Požadované minimální hodnoty pro deklarované vlastnosti plošných drenážních prvků.

Tab. 3: Požadované minimální hodnoty pro deklarované vlastnosti plošných drenážních prvků

Parametr	Extenzivní střecha	Intenzivní střecha
Pevnost v tlaku [kPa]	–	200
Určené pevnosti pro stanovení schopnosti pro proudění vody [kPa]	2	20

#### 6.1.3 SYPKÉ HMOTY

Pro použití ve vegetačních střechách jsou vhodné pouze dlouhodobě stabilní materiály, chemicky i fyzikálně. Jsou zpravidla tvořeny keramzitem, lávou, štěrkem nebo pěnosklem (granulátem pěnoskla). Výrobek by měl mít deklarované následující vlastnosti:

- druh materiálu,
- velikost zrna (rozpětí),
- vodopropustnost (dle Příloha č. 1: Metody měření),
- hmotnost za sucha i při maximálním nasycení vodou (dle Příloha č. 1: Metody měření).

Musí být dodrženy požadované minimální hodnoty uvedené v Tab. 4: Požadované minimální vlastnosti drenážní vrstvy tvořené sypkými hmotami.

Tab. 4: Požadované minimální vlastnosti drenážní vrstvy tvořené sypkými hmotami

Parametr	Hodnota
Tloušťka sypané vrstvy [mm]	50
Vodopropustnost [mm·min <sup>-1</sup> ]	180

### 6.1.4 SMYČKOVÉ ROHOŽE A JINÉ TKANINY

Používají se zejména pro šikmé extenzivní střechy, protože jejich pevnost v tlaku není dostatečná pro klasické ploché vegetační střechy s větší zátěží. Popis výrobku by měl obsahovat alespoň tyto vlastnosti:

- druh materiálu drenážní části,
- druh materiálu filtrační části fólie (pokud je součástí),
- konstrukční výška výrobku (tloušťka).

Pokud bude výrobek použit do ploché vegetační střechy, musí smyčková rohož obsahovat popis a vlastnosti popsané v podkapi-tole 6.1.1 Nopové fólie.

### 6.2 DIMENZOVÁNÍ DRENÁŽNÍ VRSTVY VEGETAČNÍHO SOUVRSTVÍ

Pro dimenzování drenážní vrstvy a výpočet odvodnění je klíčový odvod vody při přívalovém dešti. Není žádoucí, aby se dešťová voda hromadila na povrchu střechy ani aby po jejím povrchu tekla. Je nutné, aby se voda rychle vsákla do vegetační a hydroakumulační vrstvy. Přebytek vody musí být bezpečně odveden do drenážní vrstvy a dále ke střešním vtokům nebo jinému odvodňovacímu zařízení.

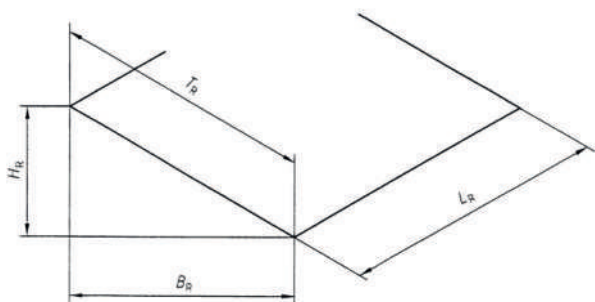
Požadovaný výkon drenážní vrstvy se stanovuje dle rovnice (1).

$$q' = \frac{A \cdot C \cdot q}{b} \quad (1)$$

kde  $q'$  je celkový odtok dešťové vody ze střechy [ $l \cdot s^{-1} \cdot m^{-1}$ ],  
 $A$  odvodňovaná plocha [ $m^2$ ], dle rovnice (2),  
 $C$  součinitel odtoku [–],  
 $b$  výpočtová odtoková šířka (volná šířka u vpusti nebo žlabu) [m],  
 $q$  návrhový 15minutový dešť [ $l \cdot s^{-1} \cdot m^{-2}$ ]

V případě, že je odvodňovaná plocha, nebo její část, ve sklonu větším než 5 %, uvažuje se odvodňovaná plocha podle rovnice (2) a 2.

$$A = L_R \cdot \left( B_R + \frac{H_R}{2} \right) \quad (2)$$



Obr. 2 - Popis odvodňované šikmé střechy

Přesné hodnoty návrhového 15minutového deště  $q$  jsou k dispozici v národní normě ČSN 75 9010. Drenážní vrstva se dimenzuje na 15minutovou špičku extrémního desetiletého deště ( $p = 0,2 \cdot \text{rok}^{-1}$ ).

Pro potřeby návrhu je možné použít i hodnoty z Tab. 5:

Pro návrh odvodnění střechy jsou tabulkové hodnoty stanoveny v ČSN 75 6760 Vnitřní kanalizace.

Tab. 5: Hodnoty návrhového deště

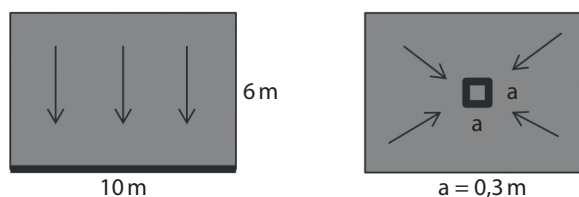
Lokalita	Celkový srážkový úhrn po dobu 15 minut intenzivního deště [mm]	Přepočítané hodnoty intenzivního deště [ $l \cdot s^{-1} \cdot m^{-2}$ ]
Praha	19,5	0,0217
Brno	16,5	0,0183
Ostrava	17,8	0,0198
Horské lokality (nad 650 m n. m.)	17,0	0,0189

Součinitel odtoku  $C$  závisí na tloušťce a složení vegetační vrstvy, sklonu střechy a přítomnosti speciální hydroakumulační vrstvy. Pokud nejsou k dispozici součinitele odtoku konkrétních skladeb vegetačního souvrství, použijí se pro výpočet hodnoty z Tab. 6: Součinitele odtoku dešťové vody  $C$ , které vycházejí z normy ČSN 75 6760.

Tab. 6: Součinitele odtoku dešťové vody  $C$

Druh a tloušťka vegetační vrstvy	Sklon povrchu		
	do 1 %	1–5 %	nad 5 %
Střechy s vrstvou kačírku (štěrku) na nepropustné vrstvě	0,9	0,9	0,9
Vegetační vrstva o tloušťce do 100 mm	0,7	0,7	0,8
Vegetační vrstva 100–250 mm	0,4	0,4	0,5
Vegetační vrstva o tloušťce nad 250 mm nebo při použití speciální hydroakumulační vrstvy o tloušťce alespoň 50 mm	0,3	0,3	0,5

Výpočtová odtoková šířka  $b$  udává rozměr v metrech, kterým dešťová voda volně vytéká z drenážní vrstvy k odvodňovacímu zařízení. V případě okapů je to délka spodního okraje střechy, v případě střešních vtoků je to obvod plochy u vtoku, kde už není odtok vody omezen žádnou překážkou (např. výřez v plošném drenážním prvku – např. čtverec o straně  $a$ , jak je naznačeno na obrázku č. 3.



Obr. 3 – Odtoková šířka v případě okapového žlabu (vlevo:  $b = 10$ ) a vtoku (vpravo:  $b = 1,2$ )

Pro výsledné ověření drenážního výkonu drenážní vrstvy je nutné započítat i bezpečnostní přírážku, která udává míru spolehlivosti jednotlivých výrobků. Plošný odvodňovací prvek se porovná dle rovnice (3).

$$q' < 0,8 \cdot q_{\text{VVR}} \quad (3)$$

kde  $q'$  je vypočítaný celkový odtok dešťové vody ze střechy,  $q_{\text{VVR}}$  tabulkový drenážní výkon výrobku, schopnost pro proudění vody v podélném směru při určeném zatížení a sklonu střechy dle ČSN EN ISO 12958.

### 6.2.1 PŘÍKLAD DIMENZOVÁNÍ DRENÁŽNÍ VRSTVY EXTENZIVNÍHO VEGETAČNÍHO SOUVRSTVÍ

V ukázkovém příkladu je proveden výpočet pro extenzivní plochou zelenou střechu se sklonem 2%, vyspádanou směrem ke střešnímu vtoku, jak je naznačeno na obrázku č. 3 vpravo.

Objekt je umístěn v Brně. Skladba je pro ilustraci volena tak, jak uvádí systémový výrobce střešních materiálů zelených střech. V řešeném případě je tedy použito 10 cm extenzivního střešního substrátu na nopové fólii s integrovanou filtrační vrstvou. Hydroizolace je již od počátku volena s odolností proti prorůstání kořenů, přesto je ještě ve skladbě doporučena separační geotextilie, která brání protlačení nopů do hydroizolace.

Pro katalogovou skladbu je nutné ověřit, zda bude spolehlivě fungovat pro konkrétní velikost, sklon a umístění střechy. Nejprve se určí očekávané množství dešťové vody v určené skladbě a lokalitě (doplněno do rovnice (1)):

Byly použity tyto hodnoty:

$$q' = \frac{A \cdot C \cdot q}{b} = \frac{10 \cdot 6 \cdot 0,7 \cdot 0,0183}{1,2} = 0,641 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$$

A – odvodňovaná plocha střechy, v uvažovaném případě 10 × 6 m, nebude se započítávat větrem hnaný déšť, protože střecha má malý sklon;

C – součinitel odtoku, převzato z Tab. 6: Součinitele dešťové vody. Jedná se o střechu s tloušťkou vegetačního souvrství 100 mm, takže C = 0,7;

q – návrhový déšť, v uvažovaném případě se použijí doporučené hodnoty pro Brno, uvedené v Tab. 5: Hodnoty návrhového deště;

b – výpočtová odtoková šířka, v uvažovaném případě 4 × 0,3 m (obvod čtvercového výřezu v plošném drenážním prvku má stranu a = 0,3 m).

Dimenzovaná střecha tedy bude potřebovat plošný odvodňovací prvek o drenážním výkonu  $q' = 0,641 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$ . Výrobce uvádí pro sklon 2% a malé zatížení od extenzivní střechy kapacitu  $1,41 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$ .

Propustnost nopové fólie může být časem snížena prorostlými kořeny rostlin nebo jinými vlivy, takže deklarovaná hodnota od výrobce bude snížena o 20% (dle rovnice (3)) a pro výpočet bude započítána hodnota  $1,41 \cdot 0,8 = 1,128 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$ .

$$q'_{\text{POŽADOVANÁ}} (0,641) < q_{\text{OD VÝROBCE, včetně bezp. přírážky}} (1,128)$$

Střecha je tedy z hlediska odvodnění v pořádku, dokonce s velkou bezpečnostní rezervou.

## 7 HYDROAKUMULAČNÍ VRSTVA

Funkcí této pomocné vrstvy je zadržovat vodu pro lepší růst rostlin a zpomalovat odtok dešťové vody do městské kanalizace. Používá se tam, kde vegetační vrstva nemá dostatečnou kapacitu pojmout a udržet vodu pro rostliny nebo by spolu s drenážní vrstvou odváděla vodu příliš rychle (jako např. v případě šikmých vegetačních střech).

Do této zásobárny vody by měly mít rostliny možnost prokořenit, neměla by tedy být od vegetační vrstvy oddělena vrstvou, která neumožňuje prokořenění. Samostatná hydroakumulační vrstva může být tvořena těmito materiály:

- hydroakumulační desky (z minerálních vláken, z recyklátů, ...),
- hydroakumulační textilie (PP, PES, ...),
- kombinované drenážní/hydroakumulační nopové fólie,
- hydroakumulační substráty.

### 7.1 POŽADAVKY NA JEDNOTLIVÉ MATERIÁLY

#### 7.1.1 HYDROAKUMULAČNÍ DESKY

Tyto desky by měly umožňovat vodě rovnoměrné nasáknutí do celého (nebo většiny) svého objemu a rostlinám volné prokořenění. Tloušťku desek je potom možné započítat do mocnosti vegetačního souvrství (viz Tab. 2). Vlastnosti panelů vycházejí z výrokových norem, např. ČSN EN 12162 (minerální vlna).

**Popis vhodných výrobků by měl obsahovat zejména tyto parametry:**

- druh materiálu,
  - nominální tloušťka výrobku,
  - pevnost v tlaku (ČSN EN 826),
  - stlačitelnost (ČSN EN 12431),
  - maximální vodní kapacita (viz Příloha č. 1: Metody měření).
- Jejich doporučené parametry jsou znázorněny v Tab. 7: Doporučené minimální parametry hydroakumulačních desek.

Tab. 7: Doporučené minimální parametry hydroakumulačních desek

Parametr	Hodnota
Tloušťka výrobku [mm]	50 mm (25 mm)
Pevnost v tlaku [kPa]	15
Maximální vodní kapacita [% obj.]	80

### 7.1.2 HYDROAKUMULAČNÍ TEXTILIE

Jejich největší využití je u šikmých střech nebo v plochých střechách a při rekonstrukcích, kde slouží zároveň jako ochranná vrstva.

Popis vhodných výrobků by měl obsahovat zejména tyto parametry:

- druh materiálu,
- nominální tloušťka,
- plošná hmotnost,
- maximální vodní kapacita / míra nasycení vodou.

Doporučené plošné hmotnosti (gramáže) hydroakumulačních textilií se pohybují v rozmezí 600–1200 g·m<sup>-2</sup>.

### 7.1.3 KOMBINOVANÉ DRENÁŽNÍ/AKUMULAČNÍ NOPOVÉ FÓLIE

Viz kapitola 6 Drenážní vrstva.

### 7.1.4 HYDROAKUMULAČNÍ SUBSTRÁTY

Viz kapitola 12 Vegetační vrstva.

## 8 FILTRAČNÍ VRSTVA

Tato vrstva tvoří předěl mezi vegetační vrstvou tvořenou substrátem a vrstvou drenážní. Zabraňuje vyplavování jemných částic (především prachových a jílovitých částic menších než 0,063 mm) a tím chrání drenážní vrstvu před ucpáním. Může být tvořena netkanou či tkanou geotextilií. Může být součástí např. drenážní nopové fólie. Základní popis výrobků a jejich vlastností určuje ČSN EN 13252 a obsahuje zejména tyto parametry:

- druh materiálu,
- plošná hmotnost,
- charakteristická velikost otvorů (ČSN EN ISO 12956),
- pevnost v tahu (ČSN EN ISO 10319),
- propustnost vody kolmo k rovině (ČSN EN ISO 11058).

U vegetačních vrstev o mocnosti do 250 mm se plošná hmotnost zpravidla pohybuje mezi 100 a 200 g·m<sup>-2</sup>. Při větší mocnosti vegetační vrstvy nebo větším sklonu střechy může být v souvislosti s nároky na odolnost proti protržení, resp. na pevnost v tahu a průtažnost a v závislosti na materiálu a struktuře požadována vyšší plošná hmotnost.

## 9 OCHRANNÁ VRSTVA

Chrání hydroizolaci vůči mechanickému poškození. Většinou je tvořena geotextilií o plošné hmotnosti minimálně 300 g·m<sup>-2</sup>. Popis

výrobků musí odpovídat harmonizované evropské normě ČSN EN 13252.

## 10 SEPARAČNÍ/DILATAČNÍ VRSTVA

Odděluje od sebe vrstvy, které by se mohly vzájemně negativně ovlivňovat. Používá se např. u hydroizolací, které by poškozovaly EPS, nebo u vrstev s rozdílnou tepelnou roztažností. Tuto vrstvu je

možné vytvořit např. z PE fólie tloušťky 0,2 mm s plošnou hmotností 190 g·m<sup>-2</sup>. Popis výrobků musí odpovídat harmonizované evropské normě ČSN EN 13252.

## 11 KOŘENOVZDORNÁ VRSTVA

Není-li hydroizolace střechy odolná vůči prorůstání kořenů, musí se použít speciální odolná fólie s příslušným atestem odolnosti proti

prorůstání kořenů. Více viz kapitola 5.1.6 Požadavky na provedení hydroizolace střechy.

# 12 VEGETAČNÍ VRSTVA

Vegetační vrstva je tvořená střešním substrátem, ve kterém rostliny koření a který je zásobuje vodou, vzduchem a živinami. Tomu odpovídají jeho fyzikální a chemické vlastnosti. Zároveň se podílí na zajištění dalších funkcí zelené střechy, zejména na zadržování a zpomalování odtoku dešťových srážek.

## V zásadě rozlišujeme dva typy střešních substrátů:

- sypané substrátové směsi,
- substrátové panely (např. z hydrofilní minerální vlny) – viz kapitola 7. Hydroakumulační vrstva.

## 12.1 POŽADOVANÉ VLASTNOSTI SYPANÝCH SUBSTRÁTOVÝCH SMĚSÍ

- optimální objemová hmotnost,
- dlouhodobá stabilita, odolnost vůči větrné a vodní erozi, zachování objemu,
- dostatečná hydroakumulační schopnost,
- dostatečné provzdušnění i při plném nasycení vodou,
- dostatečná propustnost pro vodu,
- nízký podíl jílovitých částic, které by mohly ucpávat drenážní vrstvy,
- nízký podíl organických složek, především ve vegetační vrstvě extenzivně udržovaných střechech,
- schopnost poutat a následně uvolňovat živiny, přiměřený obsah přijatelných živin,
- nesmí obsahovat nadměrné množství semen plevelů,
- nesmí obsahovat další látky, které by zatěžovaly životní prostředí, musí splňovat limity obsahu rizikových prvků (viz vyhláška 131/2014 Sb).

Požadavky na vlastnosti střešního substrátu se liší podle typu vegetačního souvrství zelené střechy. Na intenzivních zelených střeších, kde se pěstují náročnější rostliny, se požaduje substrát s větší hydroakumulační schopností a vyšším obsahem živin než na extenzivních. Na jednovrstvých extenzivních zelených střeších je velmi důležitá vysoká propustnost pro vodu, neboť na nich střešní substrát plní i funkci drenážní vrstvy a musí být schopen odvést veškerou přebytečnou vodu až k odvodňovacímu zařízení (na vícevrstvých střeších substrát odvádí přebytečnou vodu do drenážní vrstvy). Substráty pro extenzivní vícevrstvou skladbu mají vyšší vodní kapacitu a nižší obsah vzduchu než substráty pro jednovrstvou skladbu.

Na polointenzivních a intenzivních zelených střeších, kde se pěstují náročnější rostliny, se požaduje substrát s větší hydroakumulační schopností a vyšším obsahem živin než na střeších extenzivních. Pro vegetační souvrství polointenzivních a intenzivních zelených střechech se používají substráty s vyšší objemovou hmotností a vyšší vodní kapacitou, viz kapitola 4.4, obr. 1, kde je vegetační substrát označen jako vegetační vrstva těžká. U intenzivních střechech s vyšší vegetační vrstvou pak vrchní třetina vrstvy může tvořit substrát s vyšší objemovou hmotností a spodní dvě třetiny vrstvy může tvořit propustnější lehčí substrát.

Střešní substráty by dále měly mít nízký podíl jemných vyplavitelných částic, které tvoří prachové a jílovité částice s průměrem menším než 0,063 mm. Střešní substráty by dále měly mít nízký podíl klíčících semen plevelů nebo jejich oddenků. Podrobné požadavky na vegetační vrstvu jsou uvedeny v Tab. 8: Parametry sypané substrátové směsi. Metody měření jednotlivých veličin jsou uvedeny v příloze č. 1 Metody měření vlastností sypaných substrátových směsí.

Tab. 8: Parametry sypané substrátové směsi

Parametr	Jednotka	Střešní substrát – typ/skladba zelené střechy		
		Extenzivní/jednovrstvá	Extenzivní/vícevrstvá	Intenzivní/vícevrstvá
objemová hmotnost v suchém stavu	g·l <sup>-1</sup>	400–800	400–900	400–1000
objemová hmotnost v nasyceném stavu	g·l <sup>-1</sup>	600–1300	750–1550	850–1650
maximální vodní kapacita	% obj.	20–50	35–65	45–65
obsah vzduchu při MVK	% obj.	> 15	> 10	> 10
propustnost	m·min <sup>-1</sup>	60–120	8–70	5–30
podíl částic d < 0,063 mm	% hm.	< 6	< 15	< 20
spalitelné (organické) látky*	% hm.	< 6	< 8	< 13
hodnota pH <sub>H<sub>2</sub>O</sub> (pH <sub>CaCl<sub>2</sub></sub> )*		6,5–9,0 (6,0–8,5)		
elektrická vodivost (EC)*	mS·cm <sup>-1</sup>	≤ 0,5		
obsah N	mg·l <sup>-1</sup>	≤ 100	≤ 150	≤ 150
obsah P	mg·l <sup>-1</sup>	≤ 30	≤ 35	≤ 50
obsah K	mg·l <sup>-1</sup>	≤ 300	≤ 450	≤ 450
obsah Mg	mg·l <sup>-1</sup>	≤ 200	≤ 200	≤ 200
obsah semen plevelů	počet·l <sup>-1</sup>	≤ 1	≤ 1	≤ 1

\* parametry, které je nutné deklarovat při uvádění substrátů na trh formou ohlášení na základě jejich zařazení do systému typových substrátů definovaných vyhláškou 131/2014 Sb.

## 12.2 MATERIÁLY POUŽITELNÉ PRO VÝROBU SYPANÝCH SUBSTRÁTOVÝCH SMĚSÍ

Substrátové směsi se vyrábějí především z minerálních komponentů, které se vyznačují dobrou hydroakumulační a drenážní schopností a jsou proto vhodnější než zeminy. Stabilní struktury a prostorové stability se dosahuje především vhodným zrnitostním složením a tvarem zrna, pro vytvoření nosné struktury je třeba používat drcené materiály. Částice by neměly být větší než 12 mm při mocnosti vegetační vrstvy do 10 cm a než 16 mm při mocnosti nad 10 cm.

### 12.2.1 DRCENÉ EXPANDOVANÉ JÍLY A EXPANDOVANÉ BŘIDLICE

Jedná se o vysoce porézní, lehké a dlouhodobě stabilní materiály. Dobře absorbují vodu, částečně jsou schopny poutat živiny. Objemová hmotnost (suchého materiálu) samotných expandovaných jíílů je 400–450 g·l<sup>-1</sup>, kationová výměnná kapacita pod 5 mmol<sup>+</sup>·100<sup>-1</sup>·g<sup>-1</sup>. Jsou nejčastějším základem kvalitních střešních substrátů, které mají vysokou hydroakumulační schopnost a současně si zachovávají dostatečný objem pórů zaplněných vzduchem i při plném nasycení vodou.

### 12.2.2 PORÉZNÍ HORNINY

Tyto materiály mají podobné vlastnosti jako drcené expandované jíly a břidlice, které mohou nahradit. Patří sem např. láva, pemza, zeolit, spongilit. Pemza má objemovou hmotnost (suchého materiálu) 400–460 g·l<sup>-1</sup>, zeolit 800–850 g·l<sup>-1</sup> a spongilit 850–1100 g·l<sup>-1</sup>. Zeolity mají nejlepší sorpční vlastnosti ze všech používaných materiálů, jejich kationová výměnná kapacita (CEC) dosahuje až 95 mmol<sup>+</sup>·100<sup>-1</sup>·g<sup>-1</sup>, mnohem menší ale stále ještě významnou CEC má spongilit (kolem 15 mmol<sup>+</sup>·100<sup>-1</sup>·g<sup>-1</sup>), pemza má CEC pod 10 mmol<sup>+</sup>·100<sup>-1</sup>·g<sup>-1</sup>.

### 12.2.3 DRCENÉ CIHLY A STŘEŠNÍ TAŠKY (DRCENÉ NESTANDARDNÍ VÝROBKY, NIKOLI RECYKLÁTY)

Jsou stabilní a uniformní a mají určitou schopnost zadržovat vodu a živiny. Jsou však mnohem těžší než expandované jíly (objemová hmotnost suchého materiálu 900–1000 g·l<sup>-1</sup>) a celkově mají horší vlastnosti.

### 12.2.4 PÍSEK

Je použitelný v kombinaci s dalšími materiály, např. s expandovanými jíly, kde může doplňovat chybějící zrnitostní frakce.

### 12.2.5 JÍL

Vyznačuje se dobrou hydroakumulační schopností a sorpcí živin (kationová výměnná kapacita jíílů se pohybuje v rozmezí 40–70 mmol<sup>+</sup>·100<sup>-1</sup>·g<sup>-1</sup>), může však zanášet drenážní vrstvy. Jeho podíl by měl být malý, aby nebyl překročen maximální obsah jílovitých částic (viz Tab. 8: Parametry sypané substrátové směsi). V substrátech pro intenzivní zelené střechy by tedy neměl překročit 15 % objemu, v substrátech pro extenzivní zelené střechy by se měl používat zcela výjimečně.

### 12.2.6 ZEMINY

Zeminy, skrývky ornice a podorničních vrstev. Samotné nejsou vhodné, jejich podíl by měl být malý (především na extenzivních

zelených střechách). Jsou příliš těžké (objemová hmotnost suchého materiálu 900–1200 g·l<sup>-1</sup>), mají špatné drenážní vlastnosti a při plném nasycení vodou mají nedostatek vzduchu. CEC zemín (sprášových hlín) je 10–25 mmol<sup>+</sup>·100<sup>-1</sup>·g<sup>-1</sup>. Zejména skrývky ornice mohou obsahovat semena plevelů.

### 12.2.7 ORGANICKÉ KOMPONENTY (RAŠELINA, KOMPOST)

Mají dobrou vododržnost a částečnou schopnost zadržovat živiny. Časem se ale rozkládají a smršťují. Celkový podíl organických komponentů by proto měl být nízký, na extenzivně ozeleněných střechách do 15 % objemu, na intenzivně ozeleněných střechách do 20 % objemu tak, aby obsah spalitelných látek odpovídal požadovaným hodnotám 8 %, resp. 13 %.

**Rašeliny** mají vyšší vododržnost než komposty. Mají kyselou reakci – jsou vhodné pro snížení hodnot pH substrátové směsi. Neobsahují významný podíl přijatelných živin. Pro přípravu střešních substrátů jsou vhodnější více rozložené rašeliny s jemnou strukturou, které se lépe zapravují do substrátových směsí než rašeliny vláknité.

**Komposty** mají nižší vododržnost a vyšší objemovou hmotnost než rašeliny. Mají zpravidla neutrální nebo slabě zásaditou reakci. Obsahují vysoký podíl přijatelných živin, především draslíku a dusíku. Jejich dávkování musí vycházet z výše uvedených vlastností. Podíl kompostů by měl být do 10 % obj. tak, aby obsahy přijatelných živin, především draslíku, odpovídaly požadovaným hodnotám.

Mezi nevhodné materiály patří např. drcený beton, který má horší vododržnost, a stavební recyklát, který má nestandardní vlastnosti. Oba jsou také nevhodné kvůli vyplavování vápenatých složek a možnému usazování krust.

## 12.3 MOCNOST VEGETAČNÍ VRSTVY

Mocnost vegetační vrstvy se volí podle typu vegetace a podle toho, jestli se jedná o extenzivně nebo intenzivně udržovanou střechu (souvrvství využitelná pro kořenění rostlin u různých způsobů ozelenění a forem vegetace). Uvedené údaje je však nutné upravit podle toho, v jaké klimatické oblasti se zelená střecha nachází. V oblastech s delším obdobím beze srážek je potřeba mocnost vegetační vrstvy zvětšit.

Pokud je součástí vegetačního souvrství i hydroakumulační vrstva (tvořená např. panely z minerální plsti), je možné mocnost vegetační vrstvy odpovídajícím způsobem snížit. Každopádně je potřeba, aby panely z minerální plsti byly překryty alespoň 2cm vrstvou substrátové směsi.

# 13 VEGETACE

## 13.1 ÚČEL, POŽADAVKY NA FUNKCI, PARAMETRY

Vegetace střešní zahrady je biologicky aktivní vrstva se souborem rostlin, který je hlavním nositelem funkcí vegetační střechy. Vegetace je převážně uměle založená výsevem semen, aplikací vegetativních částí (např. řízků), pokládkou předpěstovaných rohoží a koberců nebo výsadbou. Vegetace plní funkci hygienickou (snižování prašnosti, zlepšování kvality ovzduší, snižování hluku), mikroklimatickou (zvyšování vlhkosti vzduchu, snižování teplotních výkyvů), estetickou a ekologickou (náhradní životní prostor za zastavěné pozemky zejména pro bezobratlé a ornitofaunu).

## 13.2 PODMÍNKY STANOVIŠTĚ

Podmínky stanoviště jsou dány zčásti faktory, které nelze měnit a je nutné se jim přizpůsobit, a zčásti faktory, které měnit lze.

- Faktory, které nelze měnit, vyplývají z umístění vegetační střechy (zejména klimaregion, zastínění/oslunění, sklon a další).
- Faktory, které měnit lze, vyplývají z konstrukčního řešení střechy (zejména výška a typ substrátu, možnosti závlahy a další).

## 13.3 VÝBĚR DRUHŮ

Výběr druhů musí odpovídat stanovištním podmínkám a předpokládané intenzitě údržby (střechy intenzivní – extenzivní).

U intenzivních vegetačních střech lze za předpokladu odpovídajícího konstrukčního řešení (mocnost a kvalita substrátu) brát při výběru použitého rostlinného sortimentu ohled pouze na oslunění střechy a na klimatické podmínky lokality, a to především z hlediska vegetačního stupně (teploty). Nároky na živiny a vláhu lze řešit v rámci intenzivní údržby (zálivka, hnojení).

U extenzivních vegetačních střech je třeba vytvořit náhradní rostlinné společenstvo odpovídající zpravidla extrémním stanovištním podmínkám daným především dlouhotrvajícím nedostatkem vláhy. Podmínky extenzivních vegetačních střech nejčastěji odpovídají stanovištním okruhům SH1 (suchá step), FS1 (skalní step), M (kamenitá rohož, mělké půdy), SF (skalní štěrbin), případně H (vřesoviště) pro kyselý substrát (stanovištní okruhy dle prof. Siebera<sup>15</sup>). V suchých oblastech je třeba uvažovat vyšší vrstvu substrátu nebo použití hydroakumulační vrstvy. Příklady vhodných druhů jsou uvedeny v Tab. 9: Doporučený sortiment rostlin.

<sup>15</sup> HANSEN, Richard a STAHL, Friedrich. Die Stauden und ihre Lebensbereiche in Gärten und Grünanlagen. Ulmer Verlag, 1997. ISBN: 978-3-8001-6630-5.

Stanovištní okruhy trvalek a stručný popis stanovištních okruhů obsahuje také většina katalogů perenářských školek.

Tab. 9: Doporučený sortiment rostlin

méně než 80 mm substrátu	<b>Sukulenty:</b>		<b>Barva květu</b>	<b>Výška [cm]</b>
	<i>Sedum album</i>	rozchodník bílý	bílá	10
	<i>Sedum sexangulare</i>	rozchodník šestiřadý	žlutá	10
	<i>Sedum hispanicum</i>	rozchodník španělský	bílá	8
	<i>Sedum hybridum</i>	rozchodník	žlutá	10
	<i>Sedum reflexum</i>	rozchodník skalní	žlutá	15
	<i>Sedum floriferum</i>	rozchodník květonosný	žlutá	15
	<i>Sedum spurium</i>	rozchodník pochybný	růžová	15
	<i>Sempervivum arachnoideum</i>	netřesk pavučinátý	bílá	8
	<i>Sempervivum montanum</i>	netřesk horský	růžová	10
<i>Jovibarba spec.</i>	netřesk výběžkatý	bělavá	5	
minimálně 80 mm substrátu	<b>Byliny:</b>		<b>Barva květu</b>	<b>Výška [cm]</b>
	<i>Achillea millefolium</i>	řebříček	bílá	15–50
	<i>Allium schoenoprasum</i>	pažitka	růžová	9–40
	<i>Campanula rotundifolia</i>	zvonek okrouhlostý	světle modrá	9–40
	<i>Dianthus carthusianorum</i>	hvozdík kartouzek	tm. purpurová	15–40
	<i>Dianthus deltoides</i>	hvozdík kropenatý	červená	9–30
	<i>Euphorbia myrsinites</i>	pryšec chvojka	žlutá	25
	<i>Hieracium pilosella</i>	jestřábník chlupáček	žlutá	5–25
	<i>Hypericum perforatum</i>	třezalka tečkovaná	žlutá	30–60
	<i>Linaria cymbalaria</i>	lnice zední	světle fialová	30–60
	<i>Linum perenne</i>	len vytrvalý	modrá	20–80
	<i>Origanum vulgare</i>	dobromysl obecná	sv. purpurová	20–60
	<i>Petrorhagia saxifraga</i>	hvozdíček lomikamenovitý	bílorůžová	9–25
	<i>Prunella grandiflora</i>	černohlávek velkokvětý	modrofialová	9–30
	<i>Saponaria officinalis</i>	mydlice lékařská	bílorůžová	30–80
	<i>Sedum reflexum</i>	rozchodník skalní	žlutá	15–35
	<i>Teucrium chamaedrys</i>	ožanka kalamandra	růžová	15–30
	<i>Thymus pulegioides</i>	mateřídouška vejčitá	sv. purpurová	5–30
	<i>Thymus serpyllum</i>	mateřídouška úzkolistá	sv. purpurová	5–15
	<i>Viola arvensis</i>	violka rolní	bělavá	5–20
<b>Trávy:</b>		<b>Barva květu</b>	<b>Výška [cm]</b>	
<i>Festuca ovina</i>	košťava ovčí	-	do 60	
nad 100 mm substrátu	<b>Byliny:</b>		<b>Barva květu</b>	<b>Výška [cm]</b>
	<i>Achillea millefolium</i>	řebříček obecný	bílá	60
	<i>Achillea tomentosa</i>	řebříček	žlutá	20
	<i>Allium roseum</i>	česnek růžový	růžová	15
	<i>Allium schoenoprasum</i>	pažitka	fialová	25
	<i>Antennaria dioica</i>	kociánek dvoudomý	bílá	15
	<i>Anthemis tinctoria</i>	rmen barvířský	žlutá	40/60
	<i>Aster linosyris</i>	hvězdnice zlatovlásek	žlutá	25
	<i>Campanula rotundifolia</i>	zvonek okrouhlostý	modrá	30
	<i>Centaurea scabiosa</i>	chrpa čekánek	bílá	40
<i>Dianthus carthusianorum</i>	hvozdík kartouzek	červená	60	

nad 100 mm substrátu	<i>Hieracium pilosella</i>	jestřábník chlupáček	žlutá	20	
	<i>Hieracium x rubrum</i>	jestřábník oranžový	červená	25	
	<i>Chrysanthemum leucanthemum</i>	kopretina bílá	bílá	40	
	<i>Iris pumila</i>	kosatec nízký	směs	25	
	<i>Iris tectorum</i>	kosatec střešní	směs	35	
	<i>Origanum vulgare</i>	dobromysl – oregáno	růžová	15	
	<i>Petrorhagia saxifraga</i>	hvozdíček lomikamenovitý	bílá	12	
	<i>Potentilla verna</i>	mochna jarní	žlutá	10	
	<b>Byliny:</b>		<b>Barva květu</b>	<b>Výška [cm]</b>	
	<i>Potentilla verna</i>	mochna jarní	žlutá	10	
	<i>Prunella grandiflora</i>	černohlávek velkokvětý	modrá	12	
	<i>Pulsatilla vulgaris</i>	koniklec německý	modrá	20	
	<i>Ranunculus bulbosus</i>	pryskyřník hlíznatý	žlutá	30	
	<i>Sanguisorba minor</i>	krvavec menší	bílá	15	
	<i>Saponaria ocyroides</i>	mydlice bazalkovitá	růžová	15	
	<i>Scabiosa canescens</i>	hlaváč šedavý	modrá	25	
	<i>Sedum album</i>	rozchodník	bílá	12	
	<i>Sedum floriferum</i>	rozchodník květonosný	žlutá	15	
	<i>Sedum reflexum</i>	rozchodník skalní	žlutá	15	
	<i>Sedum sexangulare</i>	rozchodník šestiřadý	žlutá	12	
	<i>Sedum spurium</i>	rozchodník	červenavá	15	
	<i>Sedum telephium</i>	rozchodník	červenavá	50	
	<i>Teucrium chamaedrys</i>	ožanka kalamandra	růžovofialová	25	
	<i>Thymus montanus</i>	mateřídouška horská	růžovofialová	10	
	<i>Thymus serpyllum</i>	mateřídouška úzkolistá	růžovofialová	12	
	<i>Verbascum nigrum</i>	divizna černá	žlutá	60	
	<i>Verbascum phoeniceum</i>	divizna brunátná	modrá	60	
	<i>Veronica teucrium</i>	rozrazil ožankovitý	modrá	40	
	<b>Trávy:</b>		<b>Barva květu</b>	<b>Výška [cm]</b>	
	<i>Bromus tectorum</i>	sveřep střešní		40	
	<i>Carex flacca</i>	ostřice chabá		20	
	<i>Carex humilis</i>	ostřice nízká		15	
<i>Festuca amethystina</i>	ostřice ametystová		20		
<i>Festuca ovina</i>	kostřava ovčí		20		
<i>Festuca rupicaprina</i>	kostřava kamzičí		20		
<i>Festuca valesiaca</i>	kostřava valiská		20		
<i>Melica ciliata</i>	strdivka brvitá		40		
<i>Poa compressa</i>	lipnice smáčknutá		20		
<b>Listnaté dřeviny:</b>		<b>Barva květu</b>	<b>Výška [cm]</b>		
<i>Amelanchier ovalis</i>	muchovník oválný	bílá	180		
<i>Salix lanata</i>	vrba bobkolistá	žlutá	150		
<i>Genista lydia</i>	kručinka	žlutá	40		
<i>Cytisus purpureus</i>	čilimník purpurový	purpurová	50		
<i>Rosa pimpinellifolia</i>	růže bedrníkolistá	růžová	60		
<b>Jehličnaté dřeviny:</b>		<b>Barva květu</b>	<b>Výška [cm]</b>		
<i>Juniperus communis</i>	jalovec plazivý		40–60		
<i>Pinus mugo mughus</i>	borovice kleč		20–40		

## 13.4 POŽADAVKY NA OSIVO A SADBU

Při požadavcích na osivo, rostliny a vegetaci se rozlišují následující skupiny podle způsobu množení a dodávky:

- osivo,
- rostlinné řízky,
- cibule, hlízy a oddenky,
- sadba trvalek a dřevin,
- předpěstované travní koberce,
- předpěstované vegetační rohože.

Veškeré osivo a sadba musí odpovídat příslušným zákonným a podzákonným normám, pokud pro daný typ rostlinného materiálu existují. Základní všeobecné právní normy pro nakládání s osivem a sadbou jsou: zákon 219/2003 Sb. o uvádění do oběhu osiva a sadby pěstovaných rostlin a o změně některých zákonů (zákon o oběhu osiva a sadby) v platném znění a vyhláška 129/2012 Sb. o podrobnostech uvádění osiva a sadby pěstovaných rostlin do oběhu v platném znění. Další související právní předpisy jsou v poznámce pod čarou.<sup>16</sup>

Pro množitelský materiál nezahrnutý do předchozích právních norem platí obecné požadavky na kvalitu. Všechny rostliny (trvalky i dřeviny) musí být dobře vyvinuté, silné a dostatečně odolné, nepřehnojené dusíkem. Rostliny se nesmí expedovat přímo ze skleníku nebo fóliovníku a musí být otužilé. Pěstební substráty pro rostliny pěstované v kontejnerech a plochých balech by měly být převážně minerálního složení; výjimkou jsou substráty pro speciální rostliny do humózních půd. Rostliny s balem vypěstované v soudržné zemině jsou pro zelené střechy zpravidla nevhodné. Baly nesmí obsahovat cizorodou vegetaci, zejména druhy, které silně odnožují a tvoří oddenky.

**Osivo** musí odpovídat příslušným zákonným a podzákonným normám.

### Řízky

Rozhoz řízků se uplatňuje především u rozchodníků. Rostlinné řízky musí být získány převážně ve vegetativních obdobích růstu. Nesmí obsahovat houbovité choroby a živočišné škůdce a jejich velikost musí umožňovat bezpečně ujmoutí.

### Cibule, hlízy a oddenky

Pro cibuloviny a hlízy rostlin platí požadavky normy ČSN 46 4751 Cibule a hlízy květin. U hlíz a oddenků, které jsou dodávány s kořenovým balem, platí požadavky uvedené dále pro sadbu trvalek.

**Sadba trvalek** musí odpovídat ČSN 46 4750 Trvalky a skalničky. Výška balu trvalek musí být vždy menší, než je mocnost vegetační vrstvy. Rostliny musí být předpěstovány v substrátech obsahujících

převážně minerální složky. Trvalky pěstované v lepivých půdách jsou pro zelené střechy nevhodné. Pro extenzivní zelené střechy jsou zpravidla vhodné pouze trvalky v plochých nebo malých balech. Rostliny pro extenzivní zelené střechy musí být silně vyvinuté a dostatečně otužilé, nesmí být expedovány ze skleníku a smí být pouze omezeně hnojeny dusíkem.

**Sazenice dřevin** se používají zásadně kontejnerované. Prostokorné sazenice jsou nevhodné stejně tak jako výpěstky s balem dobývané z půdy. Výška balu sazenic musí být vždy menší, než je mocnost vegetační vrstvy. Sazenice musí odpovídat ČSN 46 4901 Osivo a sadba. Sadba okrasných dřevin a ČSN 46 4902 Výpěstky okrasných dřevin. Společná a základní ustanovení.

**Travní koberce** mohou být předpěstovány na nosné vložce i bez ní na slabě až středně humózní písčité půdě nebo musí být dodány bez půdy. Druhé složení travního koberce musí odpovídat stanovištním podmínkám, resp. typu vegetační střechy. Travníky na extenzivních vegetačních střechách je vhodnější zakládat výsevem. Pokládané travní koberce mohou obsahovat barevné jeteloviny pouze v případě záměrné pokládky travobylinných koberců.

**Vegetační rohože** jsou předpěstované rostlinné koberce. Obsahují-li nosnou vložku, musí být vhodná pro pěstování, přepravu, pokládku a účel použití. Nosná vložka může být vytlívající nebo trvalá.<sup>17</sup> V místech, kde dochází k namáhání vegetačních rohoží tahem (šikmé střechy), je třeba použít trvalou nosnou vložku k tomu uzpůsobenou (vložka se nesmí tahem deformovat). Nosná vložka musí plnit svoji funkci až do prokořenění vegetační vrstvy do té míry, že není možné oddělit rohož od podkladu. Je nutné, aby vegetační rohože měly rovnoměrnou tloušťku a umožňovaly pokládku bez mezer a prázdných míst. Vegetace musí být před pokládkou dostatečně prokořeněná a zapojená. Je třeba zajistit, aby vegetační rohože předpěstované pod krytem (skleník, fóliovník) byly dopěstovány bez krytu a byly dostatečně otužilé. Druhé složení vegetační rohože musí odpovídat stanovištním podmínkám, resp. typu vegetační střechy a musí být předem definované.

Celkové plošné pokrytí rohože vegetací musí před pokládkou činit nejméně 75 % plochy. Podíl cizorodé vegetace je přípustný maximálně do 20 % pokrytí. Ztráta výplňového substrátu v důsledku sklizně, přepravy a pokládky nesmí činit více než 3 % celkové plochy. Velikost dílčí plochy bez výplňového substrátu nesmí činit více než 3 cm<sup>2</sup>. Na 1 m<sup>2</sup> vegetační rohože nesmí být více než 10 dílčích ploch této velikosti. Větší podíl menších výpadků je přípustný, nesmí však v součtu činit více než 3 % z celkové plochy.

<sup>16</sup> Přehled právních norem platných ke dni vydání standardů: zákony: 279/2013 Sb., 54/2012 Sb., 331/2010 Sb., 300/2009 Sb., 281/2009 Sb., 227/2009 Sb., 223/2009 Sb., 96/2009 Sb., 299/2007 Sb., 316/2006 Sb., 178/2006 Sb., 32/2006 Sb., 554/2005 Sb., 444/2005 Sb., 219/2003 Sb., vyhlášky: 91/2014 Sb., 42/2014 Sb., 430/2013 Sb., 410/2013 Sb., 409/2013 Sb., 290/2012 Sb., 129/2012 Sb., 404/2011 Sb., 168/2011 Sb., 61/2011 Sb., 389/2010 Sb., 378/2010 Sb., 298/2010 Sb., 446/2009 Sb., 369/2009 Sb., 11/2009 Sb., 320/2007 Sb., 231/2007 Sb., 125/2007 Sb., 581/2006 Sb., 449/2006 Sb., 384/2006 Sb., 332/2006 Sb., 40/2005 Sb., 206/2004 Sb., 175/2004 Sb., 147/2004 Sb., 8/2004 Sb. a nařízení vlády 246/2004 Sb.

<sup>17</sup> Vytlívající vložky se zhotovují z přírodních materiálů (juta, kokos), trvalé vložky se vyrábí ze syntetických materiálů.

### 13.5 PROVEDENÍ – ZPŮSOBY ZALOŽENÍ VEGETACE

- výsevem (jen ploché střechy),
- řízků a vegetativními částmi (jen ploché střechy),
- výsadbou trvalek a dřevin (jen ploché střechy),
- pokládkou předpěstovaných koberců a rohoží,
- kombinací způsobů.

Při provedení je v závislosti na použitém postupu nutné dodržovat normy ČSN 83 9021, ČSN 83 6031 a ČSN 83 9041. Pro jednotlivé postupy založení vegetace jsou doporučena tato standardní množství osiva a sadby:

Při založení výsevem musí výsevní množství zajistit optimální pokrývnost při současném respektování sklonu, termínu výsevu apod.

Tab. 10: Doporučené výsevní množství travních druhů vysévaných v extenzivní monokultuře

Travní druh	g·m <sup>-2</sup>	HTS (g)	Počet semen·m <sup>-2</sup>
Bojínek cibulkatý	1,0	0,25	4000
Jílek vytrvalý 2n (diploidní)	2,5	2,00	1250
Kostřava červená	1,8	0,90	2000
Kostřava ovčí	1,4	0,90	1556
Kostřava rákosovitá	2,3	2,10	1095
Lipnice hajní	1,3	0,20	6500
Lipnice luční	1,3	0,23	5652
Lipnice smáčknutá	1,0	0,18	5555
Metlice trsnatá	1,4	0,28	5000
Pohánka hřebenitá	2,0	0,45	4444
Psineček obecný	0,8	0,09	8888
Psineček výběžkatý	1,0	0,12	8333

Tab. 11: Doporučené výsevky výsevních směsí pro trávníky a travobylinné porosty dle systému RSM

Typ trávníku	Výsev v g·m <sup>-2</sup>
Intenzivní travnatý	25–30
Intenzivní psinečkový (golfový green na střeše)	5
Extenzivní travnatý	15–20
Extenzivní travobylinný	5–10

**Při založení vegetace rozhozem řízků:** na 1 m<sup>2</sup> 150 g řízků, minimálně však 350 ks, doporučuje se směs nejméně 4 druhů.

**Při kombinovaném postupu (výsev s řízků):** poloviční výsevní množství oproti samostatnému výsevu plus 75 g řízků, minimálně však 175 ks řízků na 1 m<sup>2</sup> nejméně 4 druhů.

**Při výsadbě trvalek:** minimálně 16 ks·m<sup>-2</sup> při velikosti kontejneru 50 cm<sup>3</sup>, při menších velikostech balu je třeba počet poměrně zvýšit.

**Spon výsadby dřevin:** se řídí vzrůstností a dalšími vlastnostmi použitých druhů a kompozičním záměrem.

**Předpěstované travní koberce:** pokládka se řídí ČSN 83 9031.

**Předpěstované rohože** je možné pokládat obdobně jako travní koberce souvisle na sraz nebo je lze kombinovat s jinou technologií (výsev, řízků, výsadba) a potom se pokládají šachovnicovým způsobem či v oddělených pásích. Položené rohože se stejnoměrně přitlačí a okamžitě po položení zavlaží dávkou 15–20 l·m<sup>-2</sup>. Zálivku je třeba opakovat v závislosti na průběhu počasí, obvykle v menších dávkách 1–3x denně po dobu dvou týdnů.

Při výsadbě dřevin musí být zajištěna minimální mocnost souvrství a dostatečný objem substrátu pro prokořenění. Namáhání větrem na vegetačních střechách vyžaduje dobré zajištění stability vysazených dřevin.

### 13.6 ZAJIŠTĚNÍ STABILITY VĚTŠÍCH DŘEVIN

Zajištění stability větších dřevin lze provést pomocí:

- vyvázání,
- kotvení,
- prokořenitelné textilie,
- prokořenitelné mříže,
- speciální konstrukce.

Vyvázání a ukotvení slouží k přechodnému zajištění stability dřevin. Kovové součásti musí být odolné proti korozi. Během doby funkce vyvázání a kotvení je nutné pravidelně kontrolovat, zda nedochází k zaškrcení dřevin, nežádoucímu tlaku nebo stříhu. Vyvázání a kotvení musí být řešeno jako demontovatelné.

Prokořenitelné textilie, mříže a speciální konstrukce sloužící k trvalému zajištění stability dřevin v mělkých vegetačních vrstvách a musí být plně funkční po celou dobu životnosti vegetační střechy.

**Vyvázání:** vyvazovací dráty a lana by měla být opatřena napínacím mechanismem. Upevnění může být provedeno:

- přímo na budově nad úroveň hydroizolace pomocí závitových kotev. Prvky musí být demontovatelné.
- na konstrukcích, jako jsou obrubníky, stěny, velkoformátové dlaždice, a to při splnění konstrukčních a statických předpokladů.
- na základových patkách, např. zapuštěných do vegetačního souvrství. Přitom nesmí být překročeno dovolené zatížení nosných konstrukcí a/nebo tepelné izolace a hydroizolace. Vyvázání k základovým patkám by nemělo překročit úhel 60°.

**Kotvení k podpůrným konstrukcím** – podpůrné konstrukce ve tvaru trojúhelníku nebo čtyřúhelníku jsou vhodné ke kotvení stromů. Zhotovují se z ocelových trubek s antikorozi ochranou povrchu. Jednotlivé opory musí být podloženy roznašecí deskou.

**Prokořenitelná tkanina, mříž nebo speciální konstrukce** – nesmí způsobovat nežádoucí škrcení kořenů. Mohou se používat při dostatečném zatížení vhodným substrátem.

# 14 ROZVOJOVÁ (DOKONČOVACÍ) PÉČE

Dokončovací péče je definována v normách ČSN 83 9021 a ČSN 83 9031, přičemž požadavky a výkony lze odpovídajícím způsobem přenést i na intenzivní zelené střechy. U extenzivních a částečně u jednoduchých intenzivních zelených střech je nutné výkony a požadavky diferencovat. V závislosti na povětrnostních podmínkách a vývoji vegetace se opatření údržby stanovují a provádějí u konkrétních objektů individuálně. Vychází se při tom z požadovaného stavu a formy vegetace v okamžiku převzetí. Mohou sem patřit tyto úkony:

- zavlažování,
- startovací hnojení,
- následné přihnojení,
- odstraňování nežádoucí vegetace,
- plošný sestřih,
- zaválcování při nadzvednutí mrazem,
- zapravení spár vegetačních rohoží,
- tvarování dřevin,
- dosev,
- dosadba,
- likvidace škůdců,
- odstraňování listů a zarůstající vegetace z okolí technických zařízení,
- odstraňování listů a zarůstající vegetace ze šterkových pásů a dlažeb.

Doplňkové přihnojení je třeba provádět v závislosti na zásobě živin v substrátu a požadavcích pěstovaných rostlin. Střešní substráty mají zpravidla nízký až střední obsah živin, při jarní výsadbě se doporučuje do vegetační vrstvy zapravit startovací dávku NPK hnojiva s poměrem hlavních živin N : P : K = 1 : 0,25–0,35 : 0,8–1,2.

V rámci počátečního, resp. následného hnojení se doporučuje aplikovat dlouhodobá hnojiva, např. obalované zásobní hnojivo NPK, a to v dávce odpovídající 5 g·m<sup>-2</sup> dusíku na extenzivní zelené střechy a v dávce odpovídající 8 g·m<sup>-2</sup> dusíku na intenzivní zelené střechy.

Vhodné je např. zásobní hnojivo NPK 15/9/11 s obsahem hlavních živin 15 % N, 9 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (4 % P), 11 % K<sub>2</sub>O (9,1 % K) se stopovými živinami s účinností 5–6 měsíců. Celkové doporučené dávky dusíku 5 g·m<sup>-2</sup> během vegetačního období na extenzivních zelených střechách odpovídá kolem 35 g uvedeného hnojiva na metr čtvereční. Daným hnojivem se dodá i odpovídající množství fosforu a draslíku (1,4 g·m<sup>-2</sup> P a 3,2 g·m<sup>-2</sup> K). Na intenzivních popř. polointenzivních zelených střechách je doporučená dávka dusíku 7–8 g·m<sup>-2</sup>, tomu odpovídá 49–56 g·m<sup>-2</sup> uvedeného hnojiva. Stejnou dávku hnojiva se doporučuje aplikovat i na začátku vegetačního období (duben/květen) v následujících letech.

Na intenzivních zelených střechách se, vzhledem k širokému spektru pěstovaných rostlin, systémy hnojení, použítá hnojiva a dávky živin mohou více přizpůsobit dané kultuře.

U výsevů travobylinných směsí se doplňkové hnojení neprovádí.

# 15 PODMÍNKY PŘEVZETÍ VEGETACE

Kolaudace zelené střechy se provádí zpravidla v okamžiku dosažení vyhovujícího stavu pro přejímku. Jestliže se zadavatel zřekne dokončovací údržby prováděné dodavatelem, probíhá přejímka bezprostředně po výsadbě, resp. výsevu nebo rozhozu řízků.

Za samostatné části plnění, které jsou předmětem samostatné přejímky, se považují:

- dokončení hydroizolace, jestliže součástí dodávky je jak hydroizolace, tak i vegetační souvrství,
- dokončení skladby vegetačních ploch, nelze-li návazně provést výsadbu nebo výsev.

Pro zelené střechy je vyhovující stav k předání, kromě platných norem ČSN 83 9021 Technologie vegetačních úprav v krajině – Rostliny a jejich výsadby a ČSN 83 9031 Technologie vegetačních úprav v krajině – Trávníky a jejich zakládání, definován také následujícími kritérii:

1. Použité materiály pro skladbu vegetačního souvrství musí být v souladu se schválenými parametry, normami a technologickými postupy uvedenými v těchto standardech a charakterizujícími použité materiály zelených střech. Splnění těchto ukazatelů zhotovitel doloží certifikáty nebo jinými závaznými dokumenty, které prokazují splnění deklarovaných vlastností materiálů.

2. Vysetá anebo vysazená vegetace musí vytvářet rovnoměrný vegetační pokryv odpovídající architektonickému záměru. Je třeba, aby vegetační pokryv založený výsevem nebo z řízků vykazoval minimálně 60 % pokrytí povrchu substrátu. Podíl vysazených a vysetých druhů rostlin musí tvořit minimálně 75 % z celkového zastoupení vegetace a je nutné, aby tyto rostliny vykazovaly dobrý zdravotní stav a vitalitu. U výsevů musí vegetace obsahovat minimálně 60 % druhů obsažených ve vyseté směsi osiva. Při zjišťování stupně pokrytí je třeba brát v úvahu běžný stav rostlin příslušného druhu v příslušné roční době. Nevyvinutá a cizorodá vegetace se do požadovaného stupně překrytí nepočítá, a pokud její podíl přesahuje 20 %, nelze dílo považovat za schopné převzetí.

3. Vegetační rohože musí být pevně zakořeněné do podloží tak, aby nebylo možné je nadzvednout. Podíl požadovaných druhů rostlin musí být větší než 80 %. Spáry mezi rostlinami nesmí zabírat více než 10 % z celkové plochy. Při zjišťování stupně pokrytí je třeba brát v úvahu běžný stav rostlin příslušného druhu v příslušné roční době.

4. Zeleň založená z rostlin v kontejnerech musí vytvářet ucelený porost. Toleruje se výpadek do 5 %, pokud tím není narušen celkový vzhled a dojem. Je třeba, aby vzrůst rostlin odpovídal příslušnému druhu a rostliny musí kořenit v substrátu vegetační vrstvy.

5. Zeleň založená výsadbou z multiplat musí vykazovat rovnoměrné pokrytí osázeného povrchu. Toto je třeba stanovit individuálně s přihlédnutím ke konkrétnímu druhu použitého rostlinného materiálu, přičemž by pokrytí mělo činit minimálně 60 % povrchu.

6. Vegetace, která je přebujelá nadměrným hnojením, je považována za nevhodná k převzetí. V takovém případě je žádoucí předávací řízení odložit minimálně o jeden rok, aby se prověřil stav a kvalita odolnosti vegetace během tohoto období.

## 16 NÁSLEDNÁ PÉČE A ÚDRŽBA

Pro zeleň na rostlém terénu je péče ve fázi vývoje a průběžná péče definována v ČSN 83 9051 Technologie vegetačních úprav v krajině – Rozvojová a udržovací péče o vegetační plochy, ustanovení této normy lze odpovídajícím způsobem přenést i na intenzivní zelené střechy.

Pro extenzivní a částečně i pro jednoduché intenzivní zelené střechy je třeba opatření péče a údržby stanovit individuálně pro konkrétní objekt podle způsobu ozelenění, formy vegetace, stavu a tendence vývoje vegetace. Potřebná technická kontrola hydroizolace zůstává tímto nedotčena.

Rozpětí forem cílové vegetace se pohybuje od esteticko-ornamentální na straně jedné po ekologicko-účelovou vegetaci na straně druhé. Jednoznačně vymezené formy mohou postupem času splynout v důsledku samovolného vývoje, což může být záměrem. V opačném případě je nutné zajistit odpovídající údržbu.

V následujícím textu jsou uvedeny výkony, které přicházejí v úvahu. Je třeba, aby výběr, způsob a rozsah těchto úkonů pro konkrétní objekt stanovil odborník.

Důrazně se doporučuje, aby byly uzavírány smlouvy o údržbě a odborném dohledu včetně stanovení dlouhodobé koncepce ze strany architekta odpovídajícího za projekt a prováděcí firmy, a to jak pro intenzivní, tak i pro extenzivní zelené střechy a minimálně na dobu platnosti záruky.

Ve smluvních podmínkách je třeba stanovit a popsat jednotlivé placené úkony co do druhu, rozsahu, období a doby trvání podle velikosti ploch (např. 1 m<sup>2</sup> vegetační plochy, šterkových pásů, dlažeb), počtu kusů nebo délek (např. zavlažovacích nebo odvodňovacích prvků), případně následně dohodnout další úkony podle potřeby. Při pracích na střechách vysokých více než 3 m je nutné použít zařízení k zajištění osob proti pádu z výšky a je nezbytné dodržovat příslušné předpisy o bezpečnosti práce (viz kapitola 5.7). Při čištění fasád je nutné chránit vegetaci a vegetační souvrství před zanesením škodlivých látek.

### 16.1 INTENZIVNÍ ZELENE STŘECHY – PÉČE A ÚDRŽBA

**Na plochách intenzivní a jednoduché intenzivní zeleně mohou být vyžadovány tyto úkony:**

- nakypření a vyčištění vegetačních ploch,
- odstranění nežádoucí vegetace, především náletových dřevin,
- odstranění plevele,
- hnojení,
- zavlažování,
- ochrana rostlin proti chorobám a škůdcům,
- sestřih,
- mulčování,
- odstranění listí,
- zabezpečení na zimní období,
- seřízení kotevních prvků,
- odstranění již nepotřebných kotevních prvků,
- kontrola a přezkoušení zavlažovacích automatů, zazimování závlahy,
- kontrola odvodňovacích zařízení,
- odstraňování nežádoucí vegetace z okrajových a bezpečnostních pásů, dlažeb a jiných zpevněných povrchů.

Ošetření je nutné zpravidla 4–8x do roka.

**U trávníků na intenzivních a jednoduchých intenzivních zelených střechách mohou být vyžadovány tyto úkony:**

- sečení,
- odstranění posečené hmoty,
- odstranění plevele,
- hnojení,
- zavlažování,
- ochrana rostlin,
- odstranění listí,
- vertikutace,
- provzdušnění,
- pískování,
- dosev,
- kontrola a přezkoušení zavlažovacích automatů, zazimování závlahy,
- kontrola odvodňovacích zařízení,
- odstraňování nežádoucí vegetace z okrajových a bezpečnostních pásů, dlažeb a zpevněných povrchů.

Ošetření je nutné zpravidla 1–12x do roka.

**U lučních forem vegetace a letničkových luk na intenzivních a jednoduchých intenzivních zelených střeších mohou být vyžadovány tyto úkony:**

- sečení,
- odstranění posečené hmoty,
- odstranění plevele,
- zavlažování,
- odstranění listů,
- dosadba,
- kontrola a přezkoušení zavlažovacích automatů, zazimování závlahy,
- kontrola odvodňovacích zařízení,
- odstraňování nežádoucí vegetace z okrajových a bezpečnostních pásů, dlažeb a zpevněných povrchů.

Ošetření je nutné zpravidla 1–3x do roka.

## 16.2 EXTENZIVNÍ ZELENÉ STŘECHY

Po dokončovací údržbě a převzetí nastává u vegetace na extenzivních zelených střeších přirozený dynamický vývoj a utváření vegetace. Ten lze omezeně ovlivnit cílenými zásahy, např. sestřihem nebo odstraňováním jednotlivých rostlin. Náletový plevel, rostlinné druhy vyššího vzrůstu s tendencí vytlačovat jiné druhy, např. některé luskoviny, je nutné odstranit v raném stadiu.

Ošetřování extenzivních zelených střešů ve fázi vývoje trvá po omezenou dobu po převzetí, do dosažení 90% pokrytí plochy vegetací. Může trvat v závislosti na způsobu ozelenění a stavu vývoje vegetace i déle než dva roky. Především u vegetačních substrátů pro jednovrstvé skladby a u střešů s větším sklonem je třeba po tuto dobu zajistit dostatečný přísun živin.

Pro zjištění potřebného rozsahu údržby stačí zpravidla jedna až dvě inspekce za rok. Obvykle jsou potřeba 2–4 zásahy údržby za rok. U extenzivních zelených střešů bývají zapotřebí zejména tyto úkony:

- zásobování živinami,
- zavlažování ploch při dlouhotrvajícím suchu, zejména na šikmých střeších silně vystavených slunečnímu svitu,
- odstraňování náletových dřevin a jiné nežádoucí vegetace,
- sestřih za účelem prosvětlení,
- dosetí osivem, resp. doplnění řízků rozchodníků v místech větších výpadků,
- dosadba v místech větších výpadků,

# 17 ZÁRUČNÍ PODMÍNKY

Doporučuje se sjednat následující lhůty pro uplatnění nároků z vad:

- 4 roky na realizovanou skladbu vegetačního souvrství a technických zařízení,
- 2 roky na založenou vegetaci, pokud realizační firma byla pověřena péčí a údržbou ve fázi vývoje.

Jestliže se po kolaudaci/převzetí v průběhu lhůty pro uplatnění nároků z vad vyskytnou vady (např. výpadky ve vegetaci), lze u zhotovitele nárokovat jejich odstranění pouze v případě, že byly zaviněny vadným plněním zhotovitele.

- doplňování substrátu v případě eroze,
- ochrana rostlin,
- odstraňování listů a zarůstající vegetace z okolí technických zařízení,
- odstraňování listů a zarůstající vegetace ze šterkových pásů a dlažeb,
- odstraňování listů z vegetačních ploch, pokud hrozí, že by v nadměrném množství dusilo vegetaci (např. listů ořechové apod.).

Okrajový šterkový pás a spáry dlažby mohou zarůstat samovolně. Rostliny menšího vzrůstu, např. mechy, rozchodníky a byliny nebo trvalky tvořící nízké polštáře, lze tolerovat (pokud nehrozí např. zarůstání pod oplechováním a lemy např. nízkých atik, střešních oken, světlíků apod.). Nežádoucí vegetaci, především v protipožárních pásech, je nutné odstraňovat při pravidelné údržbě, jejíž způsob, rozsah a četnost je třeba dohodnout.

U extenzivní zeleně lze zásobování živinami zpravidla časově omezit na dobu vývojové fáze. Doporučuje se obalované dlouhodobé hnojivo NPK v dávce odpovídající 5 g·m<sup>-2</sup> dusíku za rok.

Je-li souvrství chudé na živiny, např. u jednovrstvých a tenkovrstvých skladeb, může být navíc potřeba doplňkové přihnojení v odstupu několika let, aby bylo dosaženo požadovaného stavu vegetace a květu.

## 16.3 KONTROLA SOUVISEJÍCÍCH TECHNICKÝCH PRVKŮ A ZAŘÍZENÍ

V rámci inspekcí a péče ve fázi vývoje a průběžné péče je třeba provádět údržbu technických zařízení. Přitom je nutné dbát na:

- funkčnost střešních vtoků a technických zařízení umístěných v kontrolních šachtách určených k odvodnění a zavlažování,
- odstraňování nečistot a usazenin v kontrolních šachtách, na výsuvných postřikovačích a u střešních vtoků a ve žlabech,
- stabilitu obrubníků a okrajových prvků, zpevněných povrchů jiných konstrukčních prvků,
- kontrolu protiskluzových zábran na střeších s větším sklonem,
- ve víceletých intervalech je třeba v okrajových a koncových šterkových pásech a rovněž v obsypech střešních vtoků a technických zařízení odstraňovat usazeniny, které by mohly ohrozit funkci odvádění vody.

## 18 POUŽITÁ LITERATURA

---

FLL (2008): Guidelines for the Planning, Construction and Maintenance of Green Roofing, Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. (FLL), Bonn.

CHALOUPKA, K. a SVOBODA, Z. *Ploché střechy*. GRADA, 2009.

## 19 NORMY A VYHLÁŠKY

---

ČSN 73 1901. *Navrhování střech – Základní ustanovení*. ÚNMZ, 2011.

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

ČSN 75 6760. *Vnitřní kanalizace*. ÚNMZ, 2014.

ČSN EN 13948. *Hydroizolační pásy a fólie – Asfaltové, plastové a pryžové pásy a fólie pro hydroizolaci střech – Stanovení odolnosti proti prorůstání kořenů rostlin*. ÚNMZ, 2007.

ČSN EN 1991-1-1 (*Eurokód 1*). *Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb*. ČNI, 2004.

ČSN EN 13037 (2012). *Pomocné půdní látky a substráty – Stanovení pH*. Praha: ÚNMZ, 2012. 12 s.

ČSN EN 13038 (2012). *Pomocné půdní látky a substráty – Stanovení elektrické konduktivity*. Praha: ÚNMZ. 12 s.

ČSN EN 13039 (2012). *Pomocné půdní látky a substráty – Stanovení organických látek a popela*. Praha: ÚNMZ. 12 s.

ČSN EN 13040 (2013). *Pomocné půdní látky a substráty – Příprava vzorků pro chemické a fyzikální zkoušky, stanovení obsahu sušiny, vlhkosti a objemové hmotnosti laboratorně zhutnělého vzorku*. Praha: ÚNMZ. 16 s.

ČSN EN 13651 (2002). *Půdní melioranty a stimulanty růstu – Extrakce živin rozpustných v chloridu vápenatém / DTPA (CAD)*. Praha: ÚNMZ. 20 s.

ČSN EN ISO 11508 (2014). *Kvalita půdy – Stanovení hustoty částic*. Praha: ÚNMZ. 12 s.

ČSN ISO 10390 (2011). *Kvalita půdy – Stanovení pH*. Praha: ÚNMZ. 12 s.

ISO 11277 (2009). *Soil quality -- Determination of particle size distribution in mineral soil material -- Method by sieving and sedimentation*.

Vyhláška č. 131/2014 Sb., kterou se mění vyhláška Ministerstva zemědělství č. 474/2000 Sb., o stanovení požadavků na hnojiva, ve znění pozdějších předpisů.

Vyhláška č. 377/2013 Sb., o skladování a způsobu používání hnojiv.

Vyhláška č. 474/2000 Sb., o stanovení požadavků na hnojiva.

# 20 PŘÍLOHY

## 20.1 PŘÍLOHA Č. 1: METODY MĚŘENÍ

### 20.1.1 METODY MĚŘENÍ VLASTNOSTÍ SYPANÝCH SUBSTRÁTOVÝCH SMĚSÍ

Objemová hmotnost [ $\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ ], maximální vodní kapacita [% obj.], obsah vzduchu při nasycení na maximální vodní kapacitu [% obj.] a propustnost pro vodu [ $\text{mm}\cdot\text{min}^{-1}$ ]

Tyto fyzikální vlastnosti se stanoví postupem, který vychází z doporučení FLL (FLL 2008).

Fyzikální vlastnosti střešních substrátů se stanovují ve válcových plastových kontejnerech o průměru 15 cm a výšce 16,5 cm s děrovaným dnem, kde je celkem 125 otvorů o průměru 5 mm (obr. 4).

Přiměřeně vlhký vzorek substrátu o objemu 2100–2500 ml se vpraví do válcového plastového kontejneru, do něhož bylo předtím vloženo drátěné síto (obr. 4). Na povrch vzorku se umístí ocelová destička (obr. 5a, 5b) a vzorek se ztuhne šesti údery Proctorova kladiva (hmotnost závaží 4,5 kg a výška úderu 45 cm, obr. 5c), výška vzorku před stlačením by měla být 120–140 mm tak, aby po stlačení dosahovala alespoň 100 mm (obr. 5d). Na čtyřech místech se změří rozdíl mezi výškou vzorku a výškou kontejneru a ze známých rozměrů kontejneru se potom vypočte průměrná výška vzorku a následně objem vzorku. Kontejner se vzorkem se zváží (kontejner, síto a vzorek). Na vzorek se položí netkaná textilie a drátěné síto (obr. 5e, 5f), vše se pak zatíží závažím (např. betonovou dlaždicí  $10 \times 10 \times 10$  cm, obr. 5g). Kontejnery se vzorky se umístí do vodotěsné nádoby, kde se pomalu zvyšuje hladina vody, dokud nedosáhne 10 mm nad horní okraj vzorku. Vzorky zůstanou ponořeny pod vodou 24 h, potom se umístí na děrovanou přepravku a nechá se odtéct gravitační voda. Po dvou hodinách se odstraní horní kryt (textilie, síto, dlaždice) a kontejner se vzorkem se zváží.



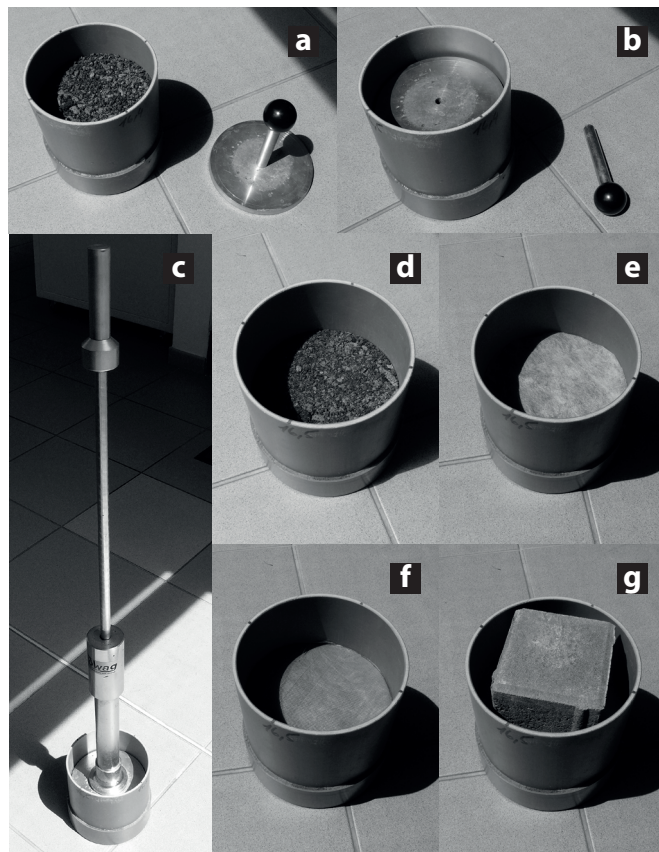
Obr. 4: Kontejnery používané pro stanovení fyzikálních vlastností

Stejně vzorky se potom použijí ke stanovení vodopropustnosti, které se provádí tak, že se měří rychlost infiltrace vody za podmíněk, kdy je celý vzorek ponořen ve vodě. Na vzorek se umístí drátěné síto a měřka se dvěma hroty (obr. 6) vymežující výšku 35 mm a 45 mm. Do kontejneru se napouští voda. Když stoupne 10–20 mm

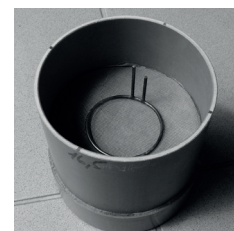
nad vzorek, udržuje se hladina, dokud voda nezačne pravidelně vytékat zesponu kontejneru. Potom se zvýší nad vyšší hrot měřky, nechá se klesat a měří se čas poklesu mezi vyšším a nižším hrotem měřky. U každého vzorku se tento postup opakuje třikrát. Z naměřeného času se vypočítá propustnost pro vodu.

Teprve po stanovení vodopropustnosti se vzorek vysuší při  $105\text{ }^{\circ}\text{C}$  do konstantní hmotnosti a zváží se. Z naměřených hodnot se vypočítá objemová hmotnost suchého vzorku, objemová hmotnost nasyceného vzorku (při nasycení na maximální vodní kapacitu) a maximální vodní kapacita. Současně se stanoví hustota pevných částic pomocí pyknometru (podle normy ČSN EN ISO 11508 – není součástí metodiky FLL), která se použije k výpočtu objemu pevné fáze, pórovitosti (= objem vzorku – objem pevné fáze) a obsahu vzduchu při nasycení na maximální vodní kapacitu (= pórovitost – maximální vodní kapacita).

Obr. 5: Hutnění vzorků a stanovení maximální vodní kapacity



Obr. 6: Stanovení rychlosti infiltrace vody



# VÝPOČTY

## Objem vzorku

$$V = \frac{\pi r^2 \cdot h}{1000} \quad [l],$$

kde  $r$  je poloměr kontejneru [cm] a  $h$  je výška vzorku [cm].

## Objemová hmotnost suchého vzorku

$$OH_s = \frac{m_s}{V} \quad [g \cdot l^{-1}],$$

kde  $m_s$  je hmotnost suchého vzorku [g] a  $V$  [l] je objem vzorku.

## Objemová hmotnost při nasycení vzorku na maximální vodní kapacitu

$$OH_{MVK} = \frac{m_{MVK}}{V} \quad [g \cdot l^{-1}],$$

kde  $m_{MVK}$  je hmotnost vzorku nasyceného na MVK [g] a  $V$  je objem vzorku [l].

## Maximální vodní kapacita

$$MVK = \frac{(m_{MVK} - m_s)}{V} \cdot 100 \quad [\% \text{ obj.}],$$

kde  $m_{MVK}$  je hmotnost vzorku nasyceného na MVK [g],  $m_s$  je hmotnost suchého vzorku [g] a  $V$  je objem vzorku [cm<sup>3</sup>].

## Pórovitost

$$P = \frac{(V - m_s / \rho)}{V} \cdot 100 \quad [\% \text{ obj.}],$$

kde  $V$  je objem vzorku [cm<sup>3</sup>],  $m_s$  je hmotnost suchého vzorku [g] a  $\rho$  je hustota pevných částic [g·cm<sup>-3</sup>].

## Obsah vzduchu při nasycení vzorku na maximální vodní kapacitu

$$A = P - MVK \quad [\% \text{ obj.}],$$

kde  $P$  je pórovitost [% obj.] a  $MVK$  je maximální vodní kapacita [% obj.].

## Propustnost pro vodu

$$K = \frac{h}{(t \times (h + 4))} \quad [cm \cdot s^{-1}],$$

kde  $h$  je výška vzorku [cm] a  $t$  je čas [s].

## Podíl částic menších než 0,063 mm [% hmot.]

Podíl částic menších než 0,063 mm se stanovuje sedimentační metodou podle normy ISO 11277.

## Obsah spalitelných (organických) látek [% hmot.]

Stanoví se podle ČSN EN 13039 spalováním v muflové peci při teplotě 450 °C do konstantní hmotnosti.

## Reakce

Hodnota  $pH_{H_2O}$  (aktivní reakce) se stanovuje podle ČSN EN 13037 ve vodním výluhu 1v : 5v, a to tak, že k navážce odpovídající 60 ml vzorku se přidá 300 ml vyluhovacího činidla. Hodnota  $pH$  se měří v suspenzi. Pro výpočet navážky se stanovuje objemová hmotnost vlhkého substrátu v litrovém válci podle ČSN EN 13040.

Také je možné stanovit hodnotu  $pH_{CaCl_2}$  (výměnná reakce) podle ČSN ISO 10390 ve výluhu 0,01 M roztoku  $CaCl_2$ . K 10 g na vzduchu vysušeného vzorku se dává 50 ml činidla (výluh 1w : 5v). Hodnota  $pH_{CaCl_2}$  vychází podle typu substrátu o 0,5 stupně až 1 stupeň nižší než  $pH_{H_2O}$ .

Při přípravě střešních (extenzivních) substrátů se používá vzorek vysušený na vzduchu a drčený tak, aby velikost částic byla menší než 5 mm.

## Elektrická vodivost (elektrická vodivost, EC) [mS·cm<sup>-1</sup>]

Stanovuje se podle ČSN EN 13038 ve vodním výluhu 1v : 5v, a to tak, že se k navážce odpovídající 60 ml vzorku přidá 300 ml vyluhovacího činidla. Hodnota EC se měří ve filtrátu. Pro výpočet navážky se stanovuje objemová hmotnost vlhkého substrátu v litrovém válci podle ČSN EN 13040.

## Obsah přijatelných živin [mg·l<sup>-1</sup>]

Stanovuje se podle normy ČSN EN 13651 ve vyluhovacím činidle CAT (0,01 mol/l chlorid vápenatý, 0,002 mol/l DTPA) s vyluhovacím poměrem 1v : 5v. Při výpočtu navážky se vychází z objemové hmotnosti stanovené podle ČSN EN 13040, stejně jako při měření EC a hodnoty  $pH$ .

## Stanovení obsahu semen plevelů [počet·l<sup>-1</sup>]

Provádí se jako stanovení počtu klíčivých semen (momentní klíčivost). Používají se klíčidla o průměru 25–30 cm, ve kterých je vrstva křemičitého písku (1,5–2 cm) plně nasyceného vodou zakrytá filtračním papírem. Na filtrační papír se rozprostře jeden litr substrátu (vlhkost 25–30 % obj.), podle velikosti misky je pak vrstva substrátu 1,4–2 cm vysoká. Miska se zakryje skleněným víkem, aby nedocházelo k odpařování vody, a ponechá se po tři týdny při 18–20 °C. Po této době se spočítají vyklíčené rostliny.



Odborná sekce Zelené střechy  
při Svazu zakládání a údržby zeleně  
Údolní 33, 602 00 Brno  
tel: 777 581 544  
zelenestrechy@szuz.cz

**[www.zelenestrechy.info](http://www.zelenestrechy.info)**