



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA STAVEBNÍ**

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

**ÚSTAV POZEMNÍHO STAVITELSTVÍ**

INSTITUTE OF BUILDING STRUCTURES

**COWORKINGOVÉ CENTRUM V OLOMOUCI -  
SLAVONÍNĚ**

COWORKING CENTER IN OLOMOUC - SLAVONÍN

**PRÍLOHA C – VEGETAČNÉ STRECHY**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

MASTER'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

**Bc. Denis Bubniak**

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

**Ing. Roman Brzoň, Ph.D.**

**BRNO 2023**

# Obsah

1	Úvod .....	1
2	Základná terminológia.....	2
3	Hlavné prednosti vegetačných striech .....	3
3.1	Zlepšenie mikroklimy .....	3
3.2	Retencia vody .....	5
3.3	Zlepšenie kvality vzduchu.....	7
3.4	Izolačné schopnosti a úspora energie .....	9
4	Rozdelenie vegetačných striech .....	13
4.1	Extenzívne vegetačné strechy .....	14
4.2	Semi-intenzívne vegetačné strechy.....	15
4.3	Intenzívne vegetačné strechy.....	16
5	Aspekty návrhu intenzívnych vegetačných striech a ich konfrontácia s mojím návrhom ..	19
5.1	Funkčné vrstvy vegetačného súvrstvia.....	19
5.1.1	Vegetácia .....	20
5.1.2	Vegetačná a hydroakumulačná vrstva .....	22
5.1.3	Filtračná vrstva .....	25
5.1.4	Drenážna vrstva.....	26
5.1.5	Ochranná vrstva .....	30
5.1.6	Koreňovzdorná vrstva .....	30
5.2	Vrstvy strešného plášťa .....	31
5.2.1	Hydroizolačná vrstva .....	31
5.2.2	Separačná vrstva .....	32
6	Záver.....	34
7	Literatúra.....	35

# 1 Úvod

Túto časť mojej diplomovej práce som rozdelil na ďalšie dve časti. Cieľom tej prvej bude teoreticky zarámcovať problematiku intenzívnych zelených striech ako jedného z typov vegetačných striech, ktorý je aplikovaný aj v mnou navrhnutom objekte ako hlavného predmetu tejto diplomovej práce. V rámci tejto časti sa sústredím hlavne na popis dôležitých pojmov, základného rozdelenia zelených striech podľa rôznych ukazovateľov, a v neposlednom rade benefitov vyplývajúcich z návrhu a realizácie tohto variantu riešenia zastrešenia. Tieto výhody, s vymenovaním ktorých sa často stretávame pri argumentácii mnohých výrobcov či dodávateľov pohybujúcich sa práve v tejto oblasti, sa snažím doložiť konkrétnymi dôkazmi a štúdiami, ktoré ich potvrdzujú či uvádzajú na pravú mieru.

V druhej časti sa zameriam na popis vrstiev tvoriacich vegetačné súvrstvie zelených striech, pričom som sa pri každej z nich zmienim aj o voľbe mnou použitého riešenia, ktorú sa snažím vyargumentovať a zdôvodniť, prečo som siahol práve po tom ktorom riešení, materiáli či výrobku. Takto som sa postupne dostal až k prvým vrstvám strešného plášťa, ktoré som takisto stručne zhrnul.

## 2 Základná terminológia

V technickej praxi by sa mal klásť dôraz na správnosť a presnosť používanej terminológie, hoci už v úvode som spomenul dva rôzne spôsoby pomenovania pre ozelenenie strešného pláštá, a inak tomu nie je ani v inej odbornej, tunajšej či zahraničnej, literatúre. Navyše, rozdiely sa netýkajú len terminológie, ale aj samotnej koncepcie, napr. v presnom určení hranice medzi extenzívnou a intenzívnou zelenou strechou. Pre účely tejto práce však pomenujem často používané termíny pre správnu orientáciu v oblasti zelených striech:

**Vegetačná strecha/zelená strecha/trávnatá strecha** – strecha pokrytá vegetačným súvrstvom s vegetáciou.

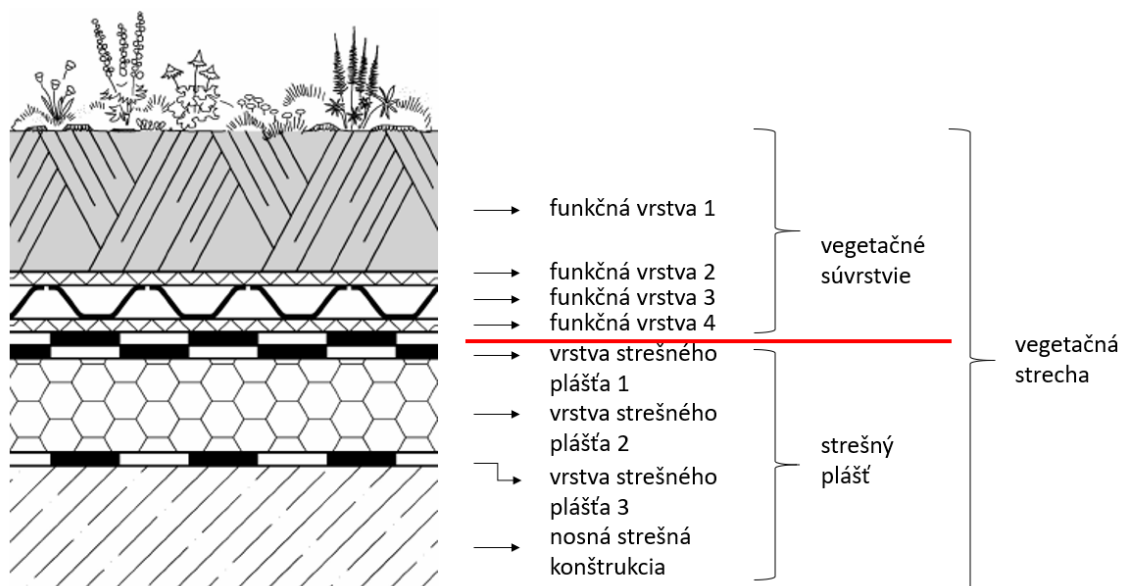
**Nosná strešná konštrukcia** – časť strechy prenášajúca zaťaženie zo strešného pláštá a vegetačného súvrstvia do ostatných nosných prvkov budovy.

**Strešný plášť** – časť strechy bez nosnej funkcie chrániaca budovu pred vonkajšími vplyvmi a na ktorú nadväzuje vegetačné súvrstvie.

**Funkčná vrstva** – vrstva vegetačného súvrstvia s konkrétnou funkciou nevyhnutnou pre jeho správne fungovanie (bližšie rozobraté v kap. 5.1)

**Vegetačné súvrstvie** – komplex funkčných vrstiev, ktoré vytvárajú vhodné podmienky pre život a rast rastlín. (Burian et al., 2019)

Za hranicu medzi vegetačným súvrstvom a strešným plášťom sa považuje vrstva hydroizolácie.



**Obr. 1** Rozdelenie vrstiev vegetačnej strechy (Zdroj: Bohuslávek et al., *Vegetační střechy a střešní zahrady*, 2009)

### 3 Hlavné prednosti vegetačných striech

#### 3.1 Zlepšenie mikroklímy

Teplota v mestách je často vyššia v porovnaní s okolitými, menej osídlenými časťami krajiny – tzv. mestské tepelné ostrovy.



**Obr. 2** Letecké termovízne snímky – rastrová mapa mesta Bratislavy zachytávajúca rozdiely teploty rôznych typov krajinej pokrývky (Zdroj: USGS/NASA Landsat8 Program, 2018)

Dôvodom je množstvo plôch, ktoré absorbujú slnečnú energiu a vyžarujú ju vo forme tepla, ktoré zvyšuje miestnu teplotu vzduchu. Napr. teplotný rozdiel medzi mestskými tepelnými ostrovmi a okolím v aglomerácii s cca jedným miliónom obyvateľov môže cez deň činiť 3–8 °C, v noci aj 12 °C. (Široká, Městské tepelné ostrovy, 2018)

Zelené strechy nepomáhajú redukovať mestské tepelné ostrovy len spôsobom pokrytia konvenčných strešných povrchov vegetáciou s cieľom zníženia absorpcie tepla, ale takisto sa využíva fakt, že energia zo slnečného žiarenia napomáha k vyparovaniu vody zo substrátu, resp. iného rastového média, a transpirácii – uvoľňovanie vody listami rastlín vo forme vodnej pary. Tento proces evapotranspirácie znižuje teplotu zelenej strechy použitím tepla zo vzduchu k vyparovaniu vody. (National Park Service)

	Průměrná povrchová teplota /rozpětí
Solitérní stromy, skupiny stromů	22–24° C
Udržované sečené trávníky	29–35° C
Trvalé travní porosty – neposečené podmáčené louky v lázeňském parku	23–26° C
Rodinné domy se zahradou	27–30° C
Parkoviště	40–55° C
Střechy	40–55° C
Silnice	35–38° C
Náměstí	33–37° C
Zástavba s malými zahrádkami	35–38° C

**Tab. 1** Rozmedzie priemernej povrchovej teploty vybraných typov povrchov mestského prostredia z letec-  
kého termovízneho snímku – popoludňajší nálet 12:00–13:30

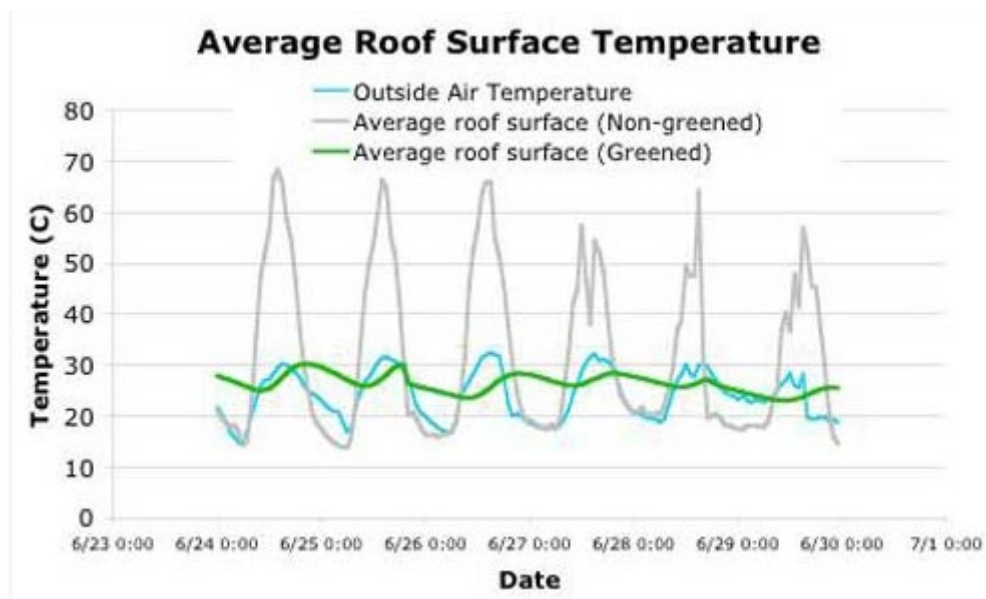
(Zdroj: Pokorný et al. Význam zeleně pro klima města a možnosti využití termálních dat v městském prostředí, 2018)

„Rostlinami a půdou se z metru čtverečního za den odpaří několik litrů vody. Na výpar jednoho litru vody o teplotě 20 °C se spotřebuje 2,45 MJ  $\approx$  0,68 kWh sluneční energie. Při odpaření kupříkladu 5 litrů z metru čtverečního se do vodní páry váže 3,4 kWh, více než polovina dopadající sluneční energie. Sluneční energie vázaná ve vodní páře ve formě skupenského tepla se potom opět uvolní při kondenzaci vodní páry zpět na vodu, uvolní se tedy na chladných místech, na kterých se vodní pára sráží. Vázání sluneční energie výparem vody (chlazení) na místech s nadbytkem energie a uvolňování sluneční energie na místech chladných při kondenzaci vody je podstatou dokonalé přirozené klimatizace pomocí vody a rostlin. Na pouhém jednom metru čtverečním může činit v létě rozdíl mezi energií vázanou ve vodní páře a energií uvolněnou jako teplo i několik kWh za den. Toky sluneční energie vázané při evapotranspiraci dosahují tedy až několika set wattů na m<sup>2</sup>. Skupenské teplo výparu vody je pozoruhodně vysoké: na výpar jednoho litru vody se spotřebuje 2,45 MJ (0,68 kWh). Na ohřev jednoho litru vody o 30 °C se spotřebuje ca 125 kJ, tedy 20x méně než na výpar jednoho litru vody.“ (Pokorný et al., 2018)

Pre porovnanie uvediem, že v slnečných dňoch betónová plocha odráža až 200 W.m<sup>-2</sup>, zatiaľ čo vodná hladina odráža najviac 50 W.m<sup>-2</sup> a rôzne druhy vegetácie približne 150 W.m<sup>-2</sup>, resp. menej v prípade dobrého zásobenia vodou.



**Obr. 3** Povrchová teplota konvenčnej (74 °F  $\approx$  23,3 °C) a vegetačnej (151 °F  $\approx$  66,1 °C) strechy (Zdroj: Science Connected Magazine, 2016)



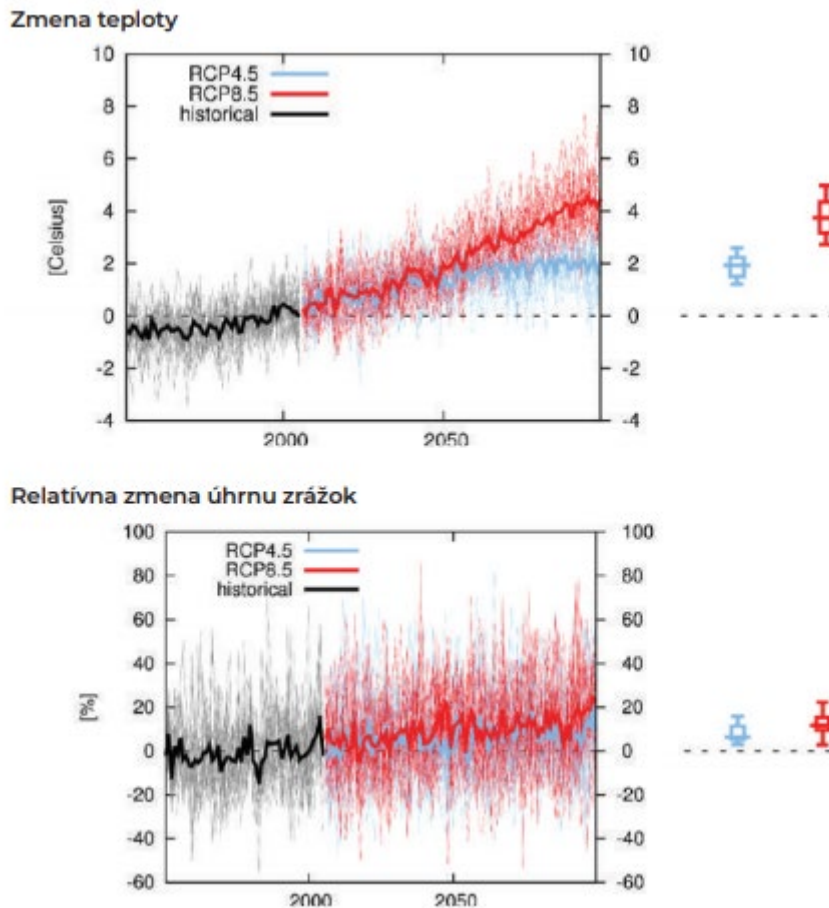
**Obr. 4** Porovnanie priemerných teplôt vonkajšieho vzduchu (modrou), povrchu neozelenenej (sivou) a vegetačnej (zelenou) strechy (Zdroj: Penn State Center for Green Roof Research)

### 3.2 Retencia vody

„Predpokladá sa, že ľudská činnosť doteraz spôsobila globálne oteplenie o približne 1 °C v porovnaní s predindustriálnym obdobím, pravdepodobne v rozsahu 0,8 °C až 1,2 °C. Globálne otepľovanie pravdepodobne dosiahne hodnotu 1,5 °C medzi rokmi 2030 a 2052, ak bude rásť aktuálnym tempom.“ (Masson-Delmotte et al., 2018, vlastný preklad)

Na vyššie citovanú správu Medzivládneho panelu o zmene klímy IPCC sa odvoláva aj kolektív autorov (Bogen et al., 2020) v správe hodnotiacej riziká nepriaznivých dôsledkov zmeny klímy na území hlavného mesta SR Bratislavy, hovoriacej mimo iného aj o tom, že: „[...] vzhľadom na predpokladanú vyššiu teplotu vzduchu bude rásť aj výpar, čím sa vytvoria podmienky pre dlhšie trvanie sucha v predmetnej oblasti (Bratislava, pozn. autora). Prívalové a intenzívne dlhotrvajúce zrážky budú častejšie a nebezpečnejšie (o približne 7-14 % na každý 1 °C oteplenia)...v dôsledku vyššej teploty a vlhkosti vzduchu sa očakáva častejší výskyt silnejších a intenzívnejších búrok v oblasti...prívalové a intenzívne dlhotrvajúce zrážky budú pravdepodobne častejšie a intenzívnejšie (o približne 7-14 % na každý 1 °C oteplenia.“





**Obr. 5 :** Predpokladané scenáre priemernej ročnej teploty vzduchu (hore) a ročného úhrnu atmosférických zrážok (dole) v oblasti Bratislavy na základe výstupov 16 regionálnych klimatických modelov (RCMs) v rámci súboru CORDEX-EUR44 s priestorovým rozlíšením 50 × 50 km, podľa dvoch zvolených RCP pesimistických scenárov (RCP4.5 a RCP8.5) do roku 2099. (Zdroj: CORDEX-EUR44)

Z vyššie uvedeného vyplýva, že s rastom teploty súvisí aj úhrn zrážok, a to aj vo forme privalových dažďov, ktoré sú schopné v extrémnych prípadoch zahliť nedostatočný systém kanalizácie v mestách.

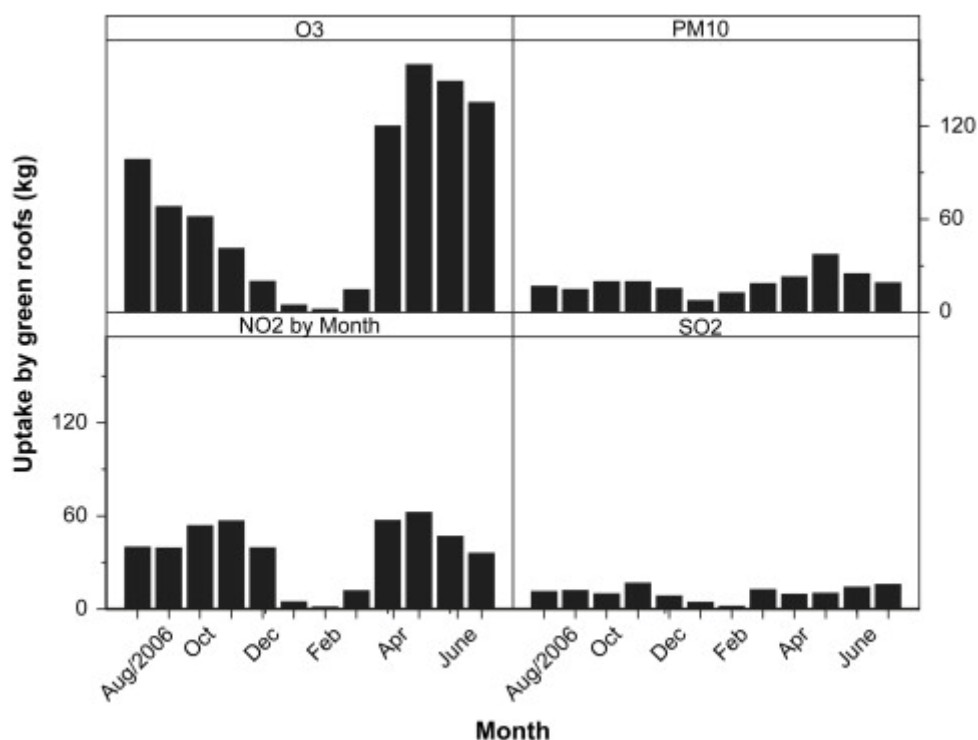
Tomuto javu však môže predchádzať realizovanie vegetačných striech. Napr. podľa výskumu agentúry NASA (Rosenzweig et al., 2006) sa v priemere zadrží na vegetačných strechách 80% vody v porovnaní s množstvom vody 24% na štandardných strechách. Množstvo zadržanej vody sa však líši od typu použitého substrátu a jeho hrúbky, typu hydroakumulačnej a drenážnej vrstvy apod.



### 3.3 Zlepšenie kvality vzduchu

Vystavenie vysokým hodnotám znečistenia vzduchu zvyšuje podľa Svetovej zdravotníckej organizácie WHO (WHO Departmental news, 2019) riziko respiračných infekcií, srdcových chorôb a rakoviny pľúc. Zdravotné následky sú spájané s krátkodobým aj dlhodobým vystavením látkam znečisťujúcim vzduch, pričom medzi najviac zdravie ohrozujúce patria tzv. jemné častice  $PM_{2,5}$ , teda prachové častice o veľkosti menšej než  $2,5\ \mu m$ ,  $PM_{10}$  (častice menšie než  $10\ \mu m$ ), ale takisto aj oxid uhoľnatý CO, ozón  $O_3$ , oxid dusičitý  $NO_2$ , oxid siričitý  $SO_2$  a iné. (European Environment Agency, 2020)

Podľa viacerých štúdií (U.S. Environmental Protection Agency, 2018; Jun Yang et al., 2008) je však možné redukovať množstvo týchto znečisťujúcich látok ozeleňovaním striech. Takýmto príkladom je aj mesto Chicago, USA, v ktorom vedci kvantifikovali množstvo znečisťujúcich látok, ktoré bolo možné odstrániť už len samotnou aplikáciou vegetačných striech. Výsledok ukázal, že za 1 rok zelená strecha o ploche  $19,8\ ha$  ( $198000\ m^2$ ) – plocha približne 20-tich futbalových ihrísk – „pohltla“ znečisťujúce látky o hmotnosti  $1675\ kg$ , z toho konkrétne 52%  $O_3$ , 27%  $NO_2$ , 14%  $PM_{10}$  a 7%  $SO_2$ . V prepočte to je teda  $85\ kg$  odstránených znečisťujúcich látok na  $1\ ha$  ( $0,01\ km^2$ ) zelenej strechy za 1 rok. V prípade, že by boli všetky budovy v Chicagu pokryté intenzívnymi zelenými strechami, množstvo odstránených nečistôt zo vzduchu by dosahovalo hodnotu  $2046,89\ ton$ .



**Obr. 6** Množstvo znečisťujúcich látok ( $O_3$ ,  $PM_{10}$ ,  $NO_2$ ,  $SO_2$ ) odstránených vegetačnými strechami v meste Chicago, USA v období august 2006 – Júl 2007. (Zdroj: Jun Yang, 2008)

Opäť má na množstvo odstránených látok zo vzduchu vplyv aj druh vegetácie, o čom hovorí obr. 7 a obr.8 nižšie. S veľkosťou druhu vegetácie rastie potenciál vyfiltrovať zo vzduchu väčšie množstvo nečistôt.

Type of vegetation	SO <sub>2</sub> (g m <sup>-2</sup> yr <sup>-1</sup> )	NO <sub>2</sub> (g m <sup>-2</sup> yr <sup>-1</sup> )	PM <sub>10</sub> (g m <sup>-2</sup> yr <sup>-1</sup> )	O <sub>3</sub> (g m <sup>-2</sup> yr <sup>-1</sup> )	Total (g m <sup>-2</sup> yr <sup>-1</sup> )
Short grass	0.65	2.33	1.12	4.49	8.59
Tall herbaceous plants	0.83	2.94	1.52	5.81	11.10
Deciduous trees	1.01	3.57	2.16	7.17	13.91

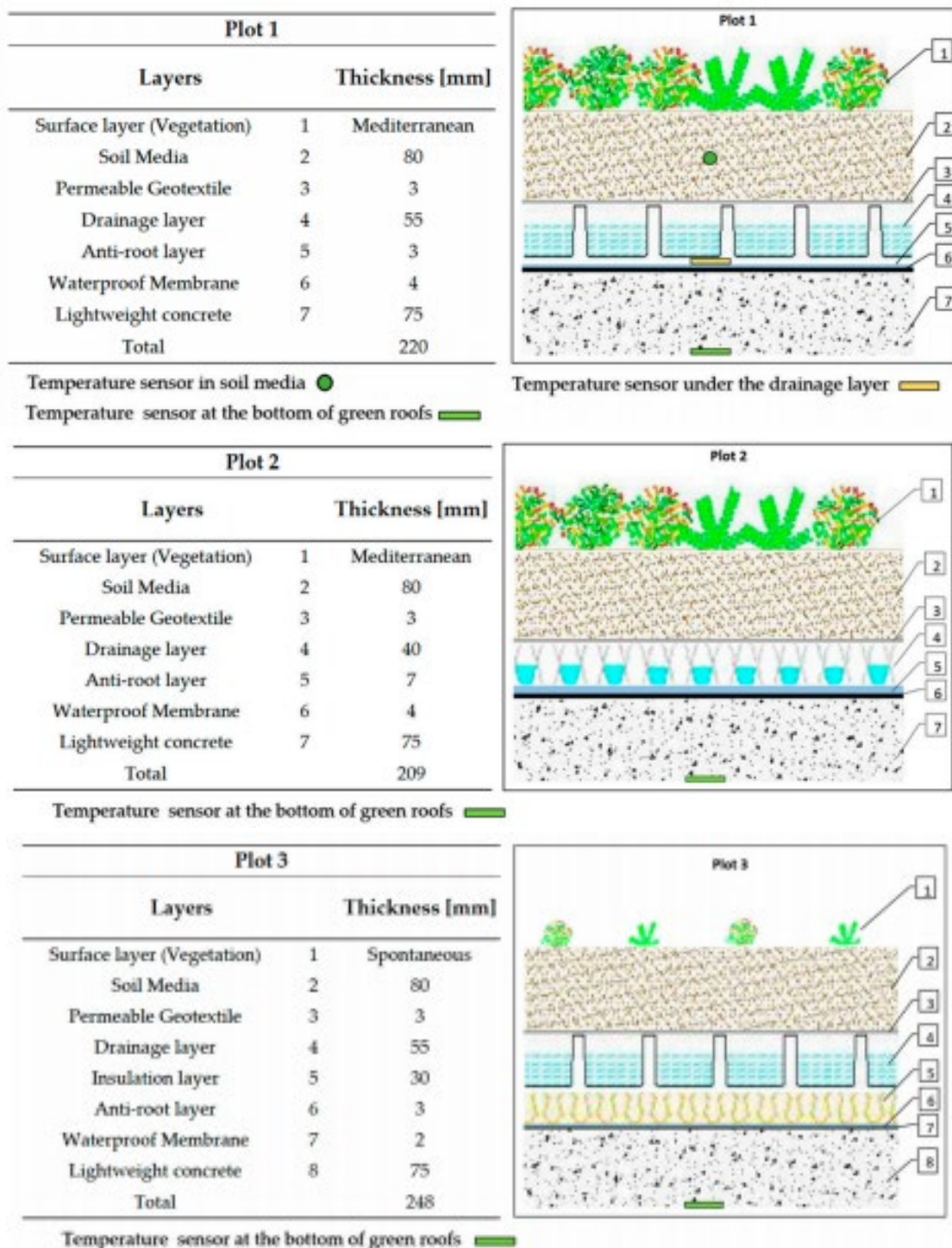
**Obr. 7** Podiel množstva odstránených znečisťujúcich látok [g.m<sup>-2</sup>.rok<sup>-1</sup>] (O<sub>3</sub>, PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>) podľa druhu vegetácie (krátky trávnik, vyššie byliny, listnaté stromy) v meste Chicago, USA v období august 2006 – Júl 2007. (Zdroj: Jun Yang, 2008)

Scenarios	Total air pollutants removed (metric tons)
Current ratio	1835.23
Extensive only	1405.50
Intensive only	2046.89

**Obr. 8** Podiel ročného množstva odstránených znečisťujúcich látok [t.rok<sup>-1</sup>] podľa typu vegetačnej strechy (súčasný stav, v prípade len extenzívnych striech, v prípade len intenzívnych striech) v meste Chicago, USA v období august 2006 – Júl 2007. (Zdroj: Jun Yang, 2008)

### 3.4 Izolačné schopnosti a úspora energie

Vegetačné strechy môžu zohrávať dôležitú úlohu aj v oblasti manažmentu s energiami, čo dokazuje mnoho štúdií. Jednou z nich je porovnanie množstva energie potrebnej pre vykurovanie a chladenie v prípade konvenčnej a vegetačnej strechy. (Maiolo et al., 2019)



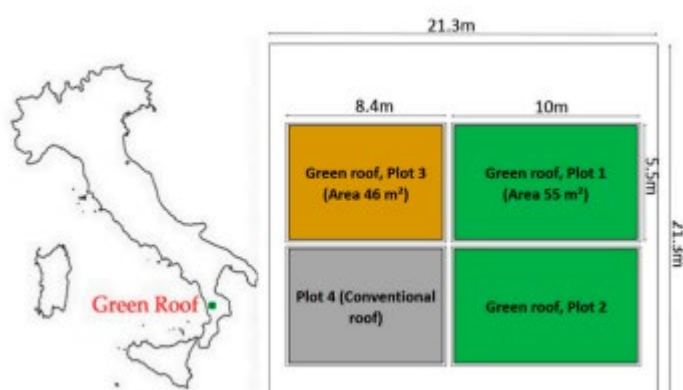
**Obr. 9** Skúmané varianty skladieb vegetačných striech (Zdroj: Maiolo, 2019)

Všetky skladby majú zhodnú výšku substrátu 80 mm. Skladba č. 1 (Plot 1) sa líši od skladby č.2 (Plot 2) drenážnou vrstvou. Skladba č. 3 (Plot 3) je takmer totožná so skladbou č.1, obsahuje navyše vrstvu tepelnej izolácie s hrúbkou 30 mm.

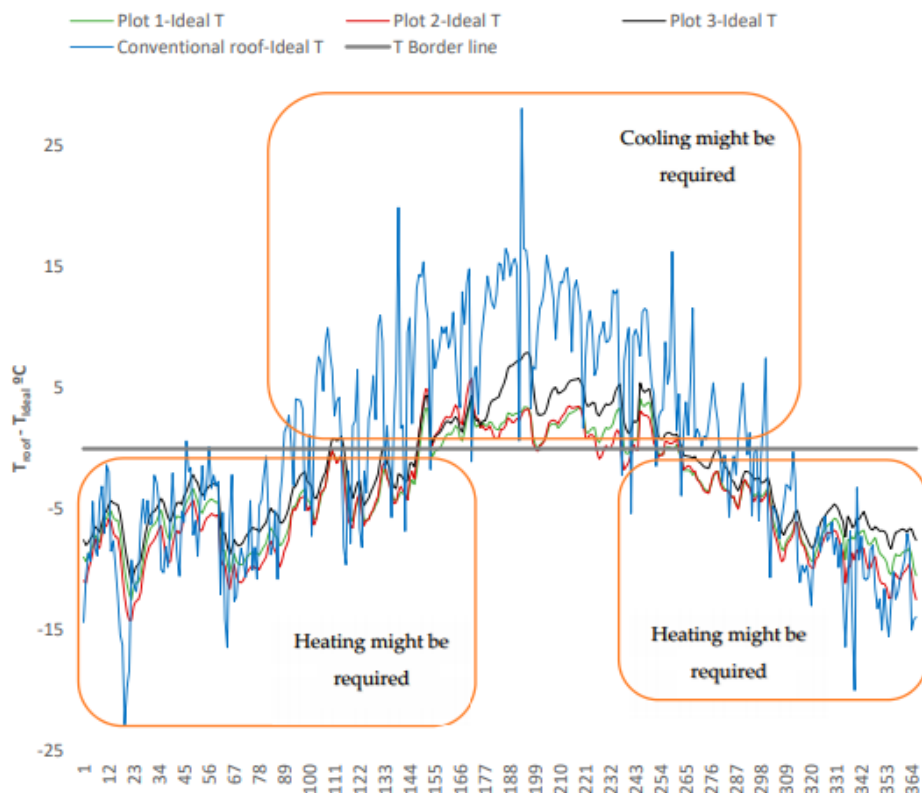
V jednotlivých skladbách sa nachádzajú senzory na meranie teploty:

- v substráte – zelený krúžok v prípade skladby č.1 (Plot 1);
- pod drenážnou vrstvou – žltý pásik v prípade skladby č.1 (Plot 1);
- pod nosnou konštrukciou v interiéri – zelený pásik (všetky skladby).

Tieto skladby s vegetačným súvrstvom boli porovnávané s konvenčnou strechou.



**Obr. 10** Miesto výskumu a skúmané plochy (Zdroj: Maiolo, 2019)



**Obr. 11** Porovnanie teplôt troch skladieb vegetačných striech a konvenčnej skladby strechy (nevegetačnej) s ideálnou teplotou (20–26 °C) v interiéri pod strechou. (Zdroj: Maiolo, 2019)

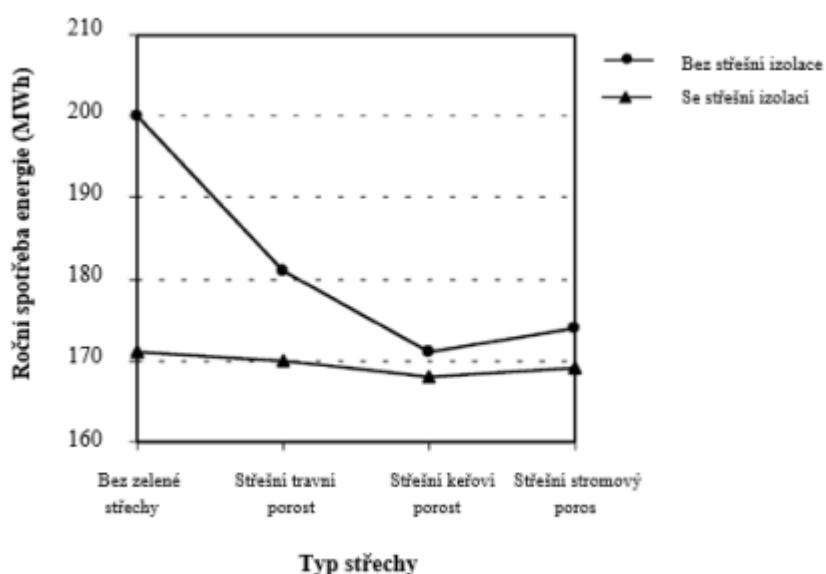
Na základe grafu je možné povedať, že vplyv všetkých troch skladieb vegetačných striech na teplotu strechy v porovnaní s konvenčnou strechou je značný, a to hlavne v období leta. Avšak aj v zimnom období zelené strechy mali pozitívny vplyv na udržanie ideálnej teploty v interiéri. V ďalšej tabuľke môžeme vidieť konkrétne číselné hodnoty v rozdieloch teplôt jednotlivých variánt.

Month	Differences [T °C]			Month	Differences [T °C]		
	P1	P2	P3		P1	P2	P3
January	1.1	-0.2	2.2	July	-11.2	-11.3	-7.9
February	-0.3	-1.5	1.0	August	-7.1	-7.9	-5.0
March	-1.5	-2.8	0.1	September	-4.9	-5.0	-3.6
April	-5.3	-5.6	-3.8	October	-3.1	-3.2	-1.6
May	-7.9	-7.5	-6.4	November	0.3	-0.4	1.5
June	-7.4	-6.5	-6.4	December	2.9	1.1	4.6

**Obr. 12** Rozdiely priemerných mesačných teplôt medzi vegetačnými strechami a konvenčnou skladbou strechy (Zdroj: Maiolo, 2019)

Hodnoty rozdielov priemerných mesačných teplôt hovoria, že v zimnom období je teplota pod zelenou strechou vyššia, a to od 0,2 – 4,6 °C v porovnaní s konvenčnou strechou. Naopak, v letnom období sú teploty pod zelenou strechou nižšie v rozmedzí 5 – 11,3 °C ako pod bežnou (nevegetačnou) strechou. V rámci výskumu rozdielov medzi jednotlivými skladbami vegetačných striech je zjavné, že skladba č.1 a 2 si v letnom období počínajú takmer rovnako a v porovnaní so skladbou č.3 vykazujú priaznivejšie výsledky. V zimnom období zas skladba č.3 vykazuje najlepšie výsledky. Za ňou nasleduje skladba č.1, ktorá vykazuje lepšie výsledky ako skladba č.2.

Je však nutné podotknúť, že tieto rozdiely teplôt boli zmerané v prípade striech bez výraznejšej hrúbky tepelnej izolácie. O tom, ako by to vyzeralo v prípade striech bez aj s tepelnou izoláciou, hovorí ďalší výskum (Wong et al., 2003).



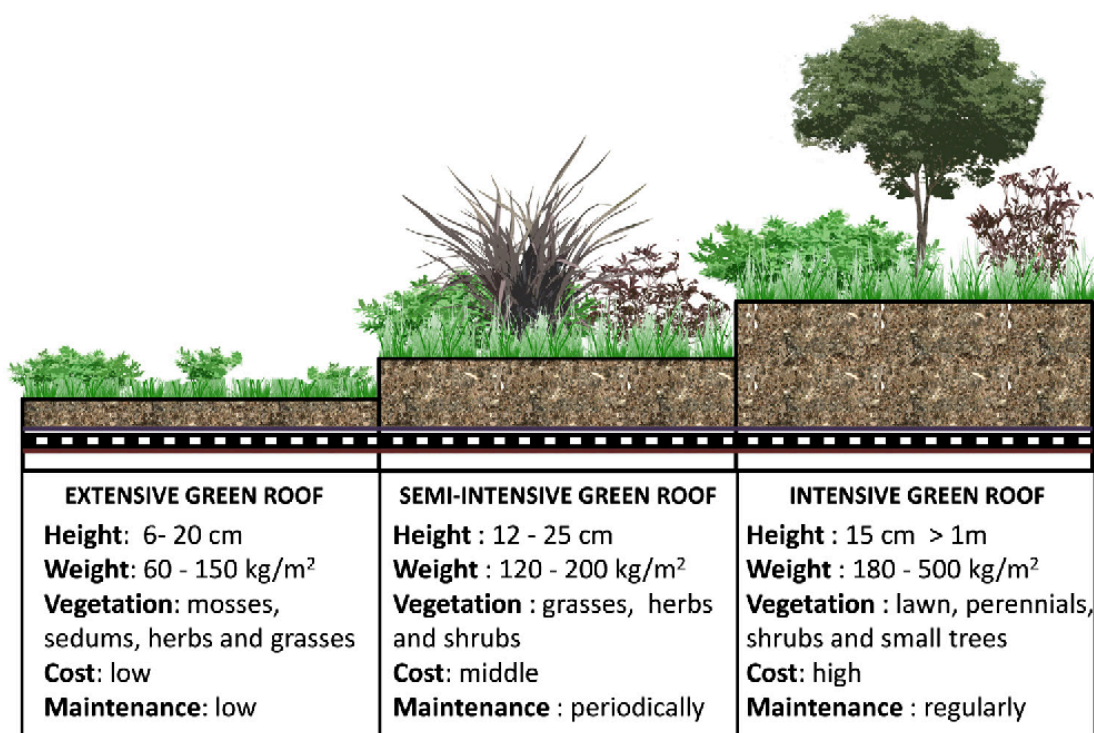
**Obr. 13** Porovnanie ročnej spotreby energie podľa typu strechy (vegetačná vs. konvenčná strecha) a podľa tepelnej izolácie (s TI vs. bez TI). (Zdroj: Wong, 2003)

Z grafu je zjavné, že v prípade striech bez tepelnej izolácie je možné ich potenciálnym ozelenením ušetriť

až 10% ročných nákladov na energiu. Rozdiely v spotrebe energie v prípade takejto zmeny v strechách s tepelnou izoláciou však už nie sú také markantné.

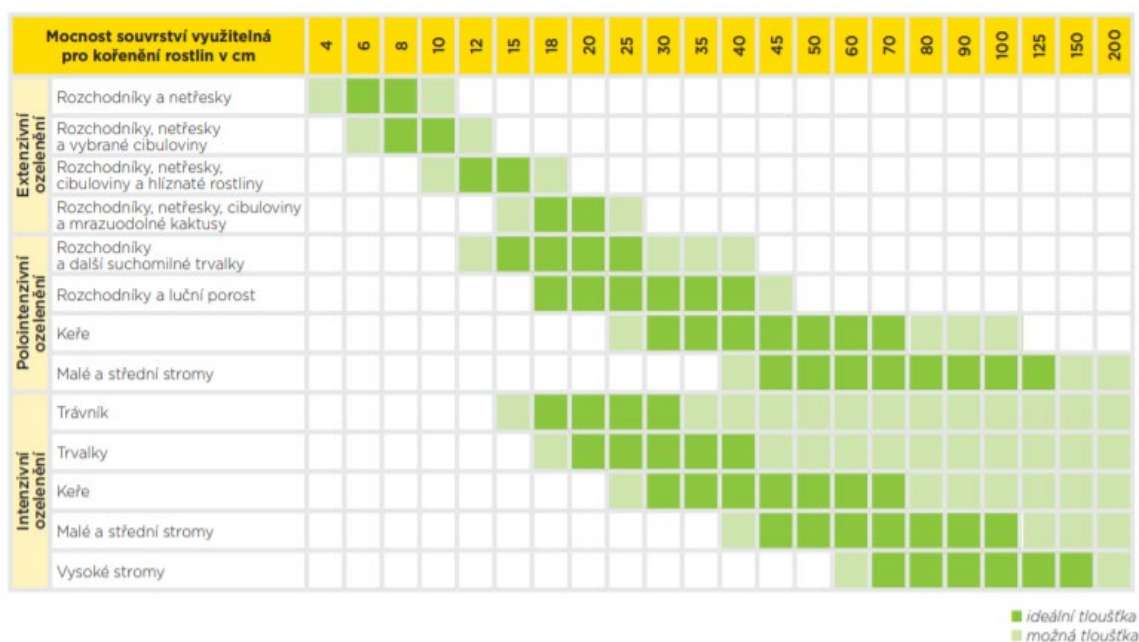


## 4 Rozdelenie vegetačných striech



Obr. 14 Základné rozdelenie vegetačných striech (Zdroj: Semantic scholar.org)

Hoci sa naprieč odborným svetom hranice medzi základnými typmi vegetačných striech líšia, keďže je možné ich rozčleniť na základe viacerých kritérií, pre účely tejto práce sú dané tak ako ich popisuje obr. 14. Tým hlavným kritériom je mocnosť substrátu, z čoho vyplývajú ďalšie skutočnosti charakteristické pre jednotlivé typy vegetačných striech.



Obr. 15 Vhodnosť použitia jednotlivých druhov rastlín podľa hrúbky substrátu (Zdroj: Vegetační střechy, www.isover.cz )



## 4.1 Extenzívne vegetačné strechy



**Obr. 16** Rozchodníková vegetačná strecha (Zdroj: [www.zelenestrechy.info](http://www.zelenestrechy.info))

Základnou charakteristikou extenzívnych zelených striech je hrúbka substrátu v rozsahu približne 60–200 mm, ktorá sa odvíja od voľby jednotlivých druhov vegetácie a ich požiadaviek, či už sa jedná o tú najmenej náročnú vegetáciu vo forme **machov** (*lat. Bryophyta*) preferujúcich vlhké a tienisté stanoviská a schopných osídlovať plochy takmer bez substrátu, cez u nás bežnejšie **rozchodníky** (*lat. Sedum*) ako známi predstavitelia sukulentov schopných znášať aj náročnejšie klimatické podmienky vo forme sucha, ktoré sú schopné prečkať vďaka svojmu špecifickému metabolizmu, až po **trávy** a určité druhy **bylín** vytvárajúce charakteristické stepné formácie ako obdobu stepných trávnikov. (Burian et al., 2019)





**Obr. 17** Extenzívna vegetačná strecha – kombinácia tráv, bylín a rozchodníkov (Zdroj: [www.zelenestrechy.info](http://www.zelenestrechy.info))

## 4.2 Semi-intenzívne vegetačné strechy



**Obr. 18** Semi-intenzívna vegetačná strecha – kombinácia tráv, bylín a krov (Zdroj: [www.zelenestrechy.info](http://www.zelenestrechy.info))



Jedná sa o prechodný typ medzi extenzívnym a intenzívnym spôsobom vegetačného zastrešenia v zmysle vhodnosti tohto typu strechy pre rast vegetácie ako napr. niektorých druhov **trvaliek** a **drevín**, hlavne **krov**, ktoré majú mierne vyššie nároky na zásobovanie vodou a živinami v porovnaní s extenzívnou vegetačnou strechou, a to najmä v období dlhšie pretrvávajúceho sucha. V iných aspektoch sa tento typ zelenej strechy nelíši od extenzívnej zelenej strechy. Mocnosť substrátu sa pohybuje v rozmedzí 120–350 mm. (Burian et al., 2019)

### 4.3 Intenzívne vegetačné strechy



**Obr. 19** Príklad intenzívnej vegetačnej strechy (Zdroj: [www.worldlandscapearchitect.com](http://www.worldlandscapearchitect.com))

Tento typ zelenej strechy je charakteristický výberom vegetácie s vysokou estetickou hodnotou, pretože sa jedná väčšinou o strechy s pobytovou funkciou, a vyššími nárokmi na rast a starostlivosť, čoho dôsledkom je vyššia mocnosť substrátu (väčšinou viac ako 300 mm) a nevyhnutná pravidelná údržba vo forme závlahy, hnojenia a odstraňovania nežiadúcich druhov rastlín. (Burian et al., 2019)

Škála vegetácie, ktorú je možné pestovať na tomto type vegetačnej strechy, je pestrá a prakticky neobmedzená. Môže byť tvorená od nakrátko koseným **trávníkom**, cez **trvalky** a **kríky** (pozri semi-intenzívne zelené strechy), až po **stromy** menšieho vzrastu a **úžitkové rastliny** s využitím nádob a vyvýšených záhonov na to určených.

Intenzívne zelené strechy bývajú často doplnené spevnenými plochami a mobiliárom a výnimkou nemusí byť ani použitie jazierka, koreňovej čističky alebo iných prvkov.





**Obr. 20** Príklad intenzívnej vegetačnej strechy (Zdroj: [www.contemporist.com](http://www.contemporist.com))





**Obr. 21** Intenzívna vegetačná strecha využitá na pestovanie úžitkových rastlín (Zdroj: [www.worldlandscapearchitect.com](http://www.worldlandscapearchitect.com))

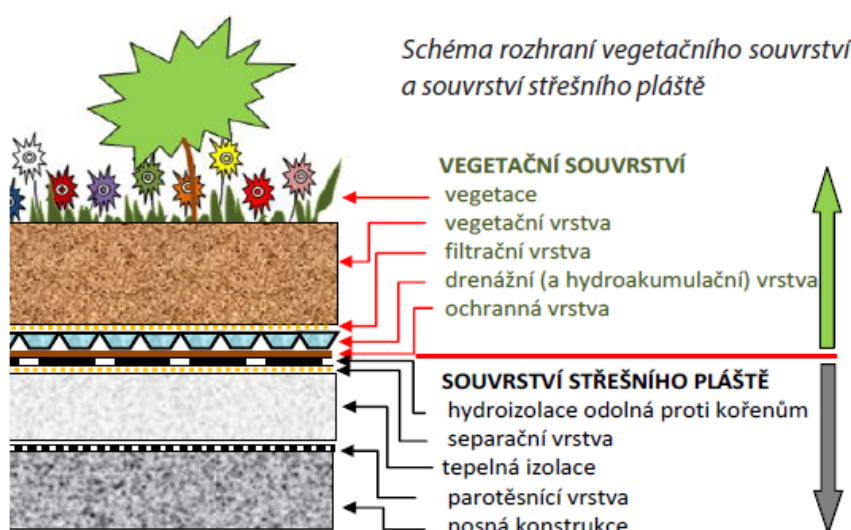


**Obr. 22** Intenzívna vegetačná strecha (Zdroj: [www.worldlandscapearchitect.com](http://www.worldlandscapearchitect.com))

## 5 Aspekty návrhu intenzívnych vegetačných striech a ich konfrontácia s mojim návrhom

V tejto kapitole som sa zamerlal na najdôležitejšie aspekty a faktory ovplyvňujúce návrh vegetačného súvrstvia intenzívnych zelených striech a takisto požiadavky nevyhnutné pre ich správne fungovanie, ktorými som následne konfrontoval svoj návrh, v ktorom som sa snažil vyargumentovať voľbu jednotlivých systémov a použitých materiálov.

### 5.1 Funkčné vrstvy vegetačného súvrstvia



**Obr. 18** Rozhranie medzi vegetačným súvrstvom a strešným plášťom (Zdroj: Burian et al., Vegetační souvrství zelených střech, 2019)

Funkčná vrstva	Funkcia
<b>Vegetácia</b>	komplex rastlín tvoriacich pokrývku vegetačnej strechy
<b>Vegetačná vrstva</b>	základné prostredie uspokojené svojím fyzikálnym, chemickým a biologickým zložením ku koreneniu a rastu rastlín
<b>Filtračná vrstva</b>	zabraňuje vyplavovaniu drobných častíc z vegetačnej do drenážnej vrstvy a tým ju chráni pred zanesením
<b>Hydroakumulačná vrstva</b>	akumuluje zrážkovú a závlahovú vodu pre potreby rastlín
<b>Drenážna vrstva</b>	zabezpečuje dostatočne rýchly a efektívny odtok vody k odvodňovacím prostriedkom
<b>Ochranná vrstva</b>	zabezpečuje ochranu hydroizolácie pred mechanickým poškodením
<b>Separačná vrstva</b>	oddeľuje vrstvy alebo prvky vegetačného súvrstvia medzi sebou s cieľom eliminovať negatívne vplyvy v prípade nekompatibility jednotlivých materiálov
<b>Koreňovzdorná vrstva</b>	chráni hydroizolačnú vrstvu pred poškodením koreňmi rastlín

**Tab. 2** Funkcie funkčných vrstiev vegetačného súvrstvia (Zdroj: Burian et al., Vegetační souvrství zelených střech, 2019)



Funkčné vrstvy a ich použitie sa môže líšiť návrh od návrhu. Niektoré vrstvy môžu plniť viacero funkcií, ich použitie je závislé od koncepcie samotnej skladby zelenej strechy, jej strešného plášťa a vegetačného súvrstvia, sklonu spádovej vrstvy, vzájomnej kompatibility materiálov z hľadiska fyzikálnej a chemickej stálosti apod.

### 5.1.1 Vegetácia

Ako som spomenul vyššie, v prípade možnosti návrhu dostatočnej hrúbky substrátu a splnenia s tým súvisiacich požiadaviek na stabilitu nosnej konštrukcie, ako aj nevyhnutného zavlažovania, sa pri voľbe druhov vegetácie medze nekladú.

#### 5.1.1.1 Môj návrh

Vďaka celkovej hrúbke substrátu dosahujúcej miestami viac ako 700 mm som na týchto navrhoval niekoľko vzrastom menších stromov, konkrétne by sa mohlo jednať o ovocné stromy rôznych druhov a menších odrôd, napr. Jabloň domáca (*lat. Malus domestica*), Slivka domáca (*lat. Prunus domestica*) a iných, alebo okrasných stromov, napr. Javor mliečny (*lat. Acer globosum*), Platan javorolistý (*lat. Platanus acerifolia*), Magnólia rôznych druhov (*lat. Magnolia*) či iné.



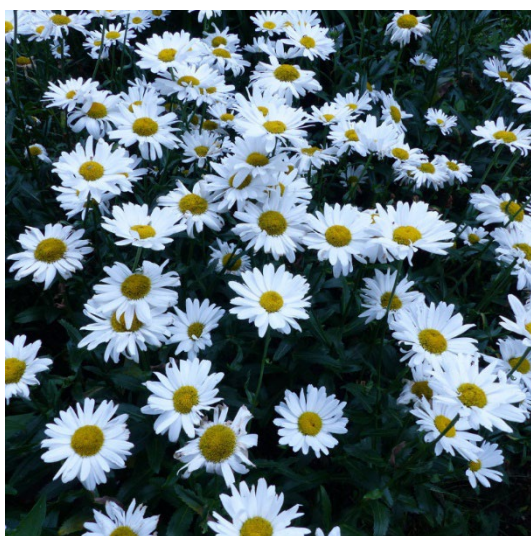
**Obr. 19** Jabloň domáca (*lat. Malus domestica*) (Zdroj: [www.todayifoundout.com](http://www.todayifoundout.com))





**Obr. 20** Magnólia (lat. *Magnolia*) (Zdroj: [www.rutgersln.com](http://www.rutgersln.com))

V zvyšnej ploche by som minimalizoval použitie nakrátko koseného trávniku. Nao-pak, s cieľom zvýšiť biodiverzitu by som kombinoval lúčne byliny, napr. Margarétu bielu (lat. *Leucanthemum vulgare*), Levanduľu lekársku (lat. *Lavandula angustifolia*) či Šalviu lekársku (lat. *Salvia officinalis*) a iné, s okrasnými trávami, napr. Perovcom psiarkovitým (lat. *Pennisetum alopecuroides*), Ozdobnicou čínskou (lat. *Miscanthus sinensis*) alebo Ostrica previsnutá (lat. *Carex pendula*) a inými.



**Obr. 21** Margaréta biela  
(lat. *Leucanthemum vulgare*)  
(Zdroj: [www.osiva-semena.sk](http://www.osiva-semena.sk))



**Obr. 22** Perovec psiarkovitý  
(lat. *Pennisetum alopecuroides*)  
(Zdroj: [www.fragaria.sk](http://www.fragaria.sk))

Uvedené kombinácie jednotlivých druhov rastlín je nutné konzultovať s odborníkom.

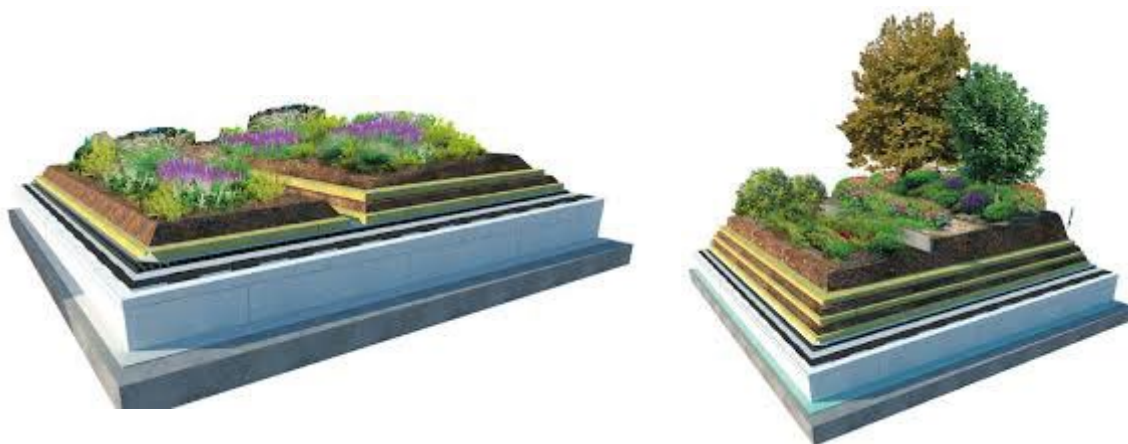
### 5.1.2 Vegetačná a hydroakumulačná vrstva

Vegetačná vrstva tvorí dôležitý životný priestor pre korenenie rastlín s dostatočným prísunom živín a vody. Je takisto dôležitým faktorom pri zadržiavaní vody a spomaľovaní jej odtoku. Jedná sa teda o vrstvu aj s hydroakumulačnou funkciou, čo je dôvod, prečo tieto vrstvy spomínam v rovnakej podkapitole.

Rozlišujeme dva základné typy vegetačnej vrstvy:

- sypané substrátové zmesi,
- hydroakumulačné dosky na báze hydrofilnej minerálnej vlny kombinované so sypanou substrátovou zmesou (pre bližšie informácie pozri kap. 5.1.4)

Druhý menovaný spôsob je možné použiť ako v extenzívnych, tak aj v intenzívnych vegetačných strechách, pričom sa často postupuje tak, že sa striedajú vrstvy sypaného substrátu s vrstvami hydrofilných dosiek (najčastejšia kombinácia v pomere 1:1), ktoré je nutné v celej ploche substrátom prekryť. Často sa využívajú v prípadoch, kedy nie je zo statických dôvodov možné použiť v celej hrúbke vegetačnej vrstvy sypané zmesi s väčšou objemovou hmotnosťou, napr. pri rekonštrukciách, ale stretávame sa s nimi aj v novostavbách. (Burian et al., 2019)



**Obr. 23** Použitie hydrofilných dosiek v rôznych typoch zelených striech (Zdroj: [www.isover.cz](http://www.isover.cz))

Hydrofilné dosky by mali spĺňať doporučené minimálne kritériá, a to hlavne:

- hrúbka dosky → 50 mm,
- pevnosť v tlaku → 15 kPa,
- max. vodná kapacita → 80 %.

Pri sypaných substrátových zmesiach sú rozhodujúce tieto vlastnosti:

- objemová hmotnosť v suchom a vodou nasýtenom stave,
- dlhodobá stabilita a schopnosť odolávať veternej erózii a zmene objemu,
- dostatočná hydroakumulačná schopnosť,
- dostatočná priepustnosť pre vodu,
- dostatočné prevzdušnenie aj v prípade plného nasýtenia vodou,
- nízky podiel ílovitých častíc, ktoré by eventuálne mohli upchať drenážnu vrstvu,
- dostatočný obsah živín,
- čo najmenší obsah semien plevelí,
- minimálny obsah rizikových prvkov (olovo, ortuť, arzén, chróm a iné) v súlade s vyhláškou 131/2014 Sb. (Burian et al., 2019)

#### **5.1.2.1 Môj návrh**

Na intenzívnych vegetačných strechách je nutné použiť substrát s väčšou hydroakumulačnou schopnosťou a väčším obsahom živín z dôvodu vyššej náročnosti použitej vegetácie. To má priamy súvis s objemovou hmotnosťou a vodnou kapacitou substrátu, ktoré nadobúdajú takisto vyššie hodnoty.

V mojom návrhu som teda zvolil variant sypaných substrátových zmesí s použitím hydrofilných dosiek. Tento variant som zvolil kvôli jeho hydroakumulačnej schopnosti a kvôli retenčným vlastnostiam. Nevýhodou tohto variantu je energetická náročnosť výroby minerálnej vlny, značná strata pevnosti v tlaku v čase po zabudovaní (u niektorých výrobkov až 70 %) či menšia úspešnosť rastlín zakoreniť sa v hydrofilných doskách vyšších pevností (Vacek, 2016).



akladba	vrstva	tloušťka vrstvy [mm]	hmotnost suchá [kg·m <sup>-2</sup> ]	hmotnost nasýo. [kg·m <sup>-2</sup> ]	maximální vodní kapacita [l·m <sup>-2</sup> ]
ST.2005D a GREENDEK 20	GREENDEK rozhodníková rohož S5	25	15	29,1	14,1
	GREENDEK substrát střešní extenzivní	80*	48**	92**	44**
	GREENDEK 20 vegetační kompozit	25	1,45	11,05	9,6
	<b>celkem</b>	<b>130</b>	<b>64,45</b>	<b>132,15</b>	<b>67,7</b>
ST.1014B a GREENDEK 20 PLUS	GREENDEK rozhodníková rohož S5	25	15	29,1	14,1
	GREENDEK substrát střešní extenzivní	60*	36**	69**	33**
	GREENDEK 20 PLUS	43	3,3	22,7	19,4
	<b>celkem</b>	<b>128</b>	<b>54,8</b>	<b>120,8</b>	<b>66,5</b>
ST.2006B a GREENDEK 40	GREENDEK trávnikový koberec TR K 20	25	20	25	5
	GREENDEK substrát střešní intenzivní	200*	160**	260**	100**
	GREENDEK 40	45	2,02	13,92	11,9
	<b>celkem</b>	<b>270</b>	<b>182,02</b>	<b>298,92</b>	<b>116,9</b>
ST.2011B a GREENDEK 40 PLUS	intenzivní rostliny	-	-	-	-
	GREENDEK substrát střešní intenzivní	200*	160**	260**	100**
	GREENDEK 40 PLUS	63	3,87	25,57	21,7
	<b>celkem</b>	<b>263</b>	<b>163,87</b>	<b>285,57</b>	<b>121,7</b>

\* Tloušťka této vrstvy je uvedena po zhrutnění a sesednutí (pro ošetření substrátu je nutné k jeho objemu připočítat 10–20 %)

\*\* Průměrné hodnoty celého souvrství

**Tab. 3** Porovnání maximální vodní kapacity při použití různých variantů drenážní fólie a s použitím či bez použití hydrofilní vlny (Zdroj: Katalóg Vegetační střechy GREENDEK)

Vegetační vrstvu som rozdelil na dve časti:

- Horná tretina (hr. 200 mm) je tvorená substrátom:
  - s vyššou objemovou hmotnosťou (max. 1480 kg/m<sup>3</sup> v nasýtenom stave),
  - s vyššou max. vodnou kapacitou (≥ 45 % objemu),
  - s vyššou pórovitosťou (> 60 – 75 %),
  - s vyšším obsahom organických látok (< 90 g/l),
  - tvoreným zmesou humusu, hliny, ľahčeného kameniva a iných.
- Spodné dve tretiny (hr. 200 – 620 mm) sú tvorené substrátom:
  - s nižšou objemovou hmotnosťou (max. 1250 kg/m<sup>3</sup> v nasýtenom stave),
  - s nižšou max. vodnou kapacitou (≥ 25 % objemu),
  - s nižšou pórovitosťou (> 55 – 60 %),
  - s nižším obsahom organických látok (< 40 g/l),

- tvorený prevažne ľahčeným kamenivom, sutinou, hlinou a inými.



**Obr. 24** Horná (vľavo) a spodná (vpravo) časť vegetačnej vrstvy (Zdroj: [www.optigruen.co.uk](http://www.optigruen.co.uk))

### 5.1.3 Filtračná vrstva

Úlohou tejto vrstvy je zabrániť vyplavovaniu jemných častíc (spravidla  $d < 0,063$  mm) do drenážnej vrstvy a ďalších, a tým ich chrániť pred zanesením a následným upchatím.

Dôležitými faktormi pri výbere filtračnej vrstvy sú:

- druh materiálu,
- charakteristická veľkosť otvorov – podľa ČSN EN ISO 12956:2010,
- plošná hmotnosť [ $\text{g.m}^{-2}$ ],
- pevnosť v ťahu – podľa ČSN EN ISO 10319:2015,
- priepustnosť vody kolmo k rovine – podľa ČSN EN ISO 11058:2010.

#### 5.1.3.1 Môj návrh

Vlastnosti mnou navrhnutej filtračnej vrstvy sú nasledovné:

- materiálové zloženie – 100 % PP (polypropylén) – dostatočne odolný voči pôsobeniu vonkajších vplyvov, s hr. 3 mm,
- veľkosť otvorov – 0,08 mm, čo je síce viac ako optimálne rozmedzie  $0,06 \text{ mm} \leq O_{90} < 0,2 \text{ mm}$  (zachytených 90 % všetkých častíc o veľkosti 0,06–0,2 mm), avšak súvisí to s vyššou plošnou hmotnosťou (pozri nižšie),
- plošná hmotnosť –  $300 \text{ g.m}^{-2}$ , čo je vyššia hodnota v porovnaní s inými geotextíliami používanými pri menšej hrúbke substrátu (do 250 mm hrúbky substrátu je to spravidla okolo  $100\text{--}200 \text{ g.m}^{-2}$ ). Dôvodom takéhoto návrhu je požiadavka na vyššiu pevnosť v ťahu kvôli značnému namáhaniu vegetačnou vrstvou.

- pevnosť v ťahu – v pozdĺžnom smere 21 kN/m, v priečnom smere 24 kN/m, a teda dostatočne odolná proti pretrhnutiu,
- priepustnosť vody v kolmom smere na rovinu –  $57 \text{ l.s}^{-1}.\text{m}^{-2}$ .

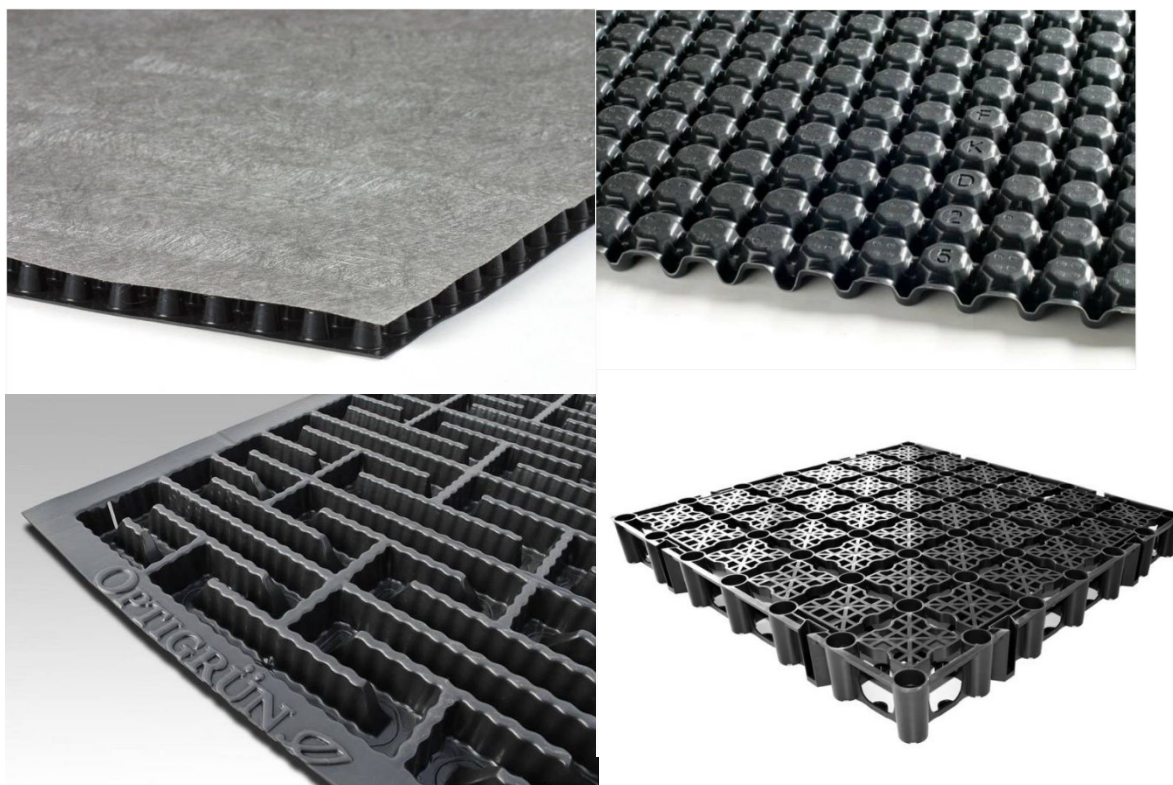


**Obr. 25** Geotextília dostatočnej hrúbky a pevnosti do intenzívnych vegetačných striech  
(Zdroj: [www.optigruen.co.uk](http://www.optigruen.co.uk))

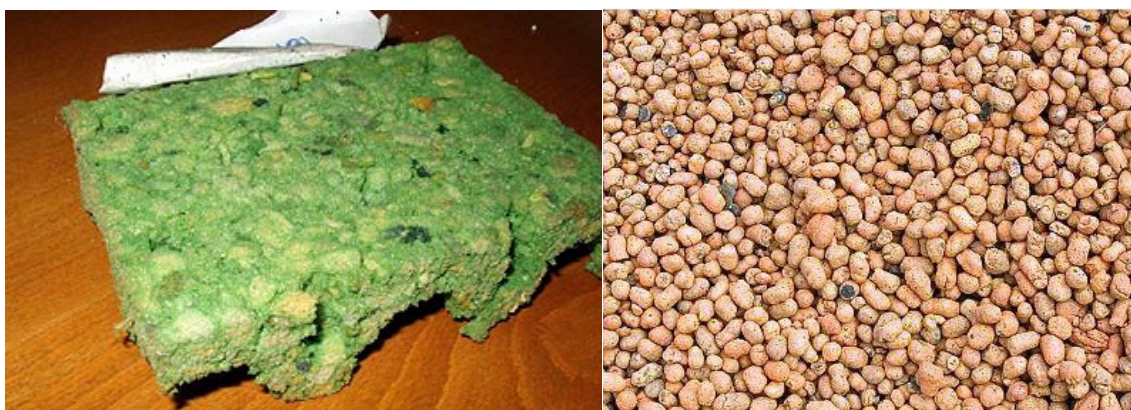
#### 5.1.4 Drenážna vrstva

Hlavnou funkciou tejto vrstvy je odvod nadbytočného množstva dažďovej vody k odvodňovacím prvkom, a tým zaistiť bezpečnú prevádzku celého súvrstvia. K tomuto účelu sa využívajú najmä:

- nopové fólie (bez/s hydroakumulačnou funkciou),
- drenážne panely z rôznych druhov materiálov (hlavne sa jedná o tvarovky z expandovaného polystyrénu, recyklátu, hydrofilnej vlny),
- sypké hmoty (keramzit, štrk, penosklo),
- slučkové rohože.

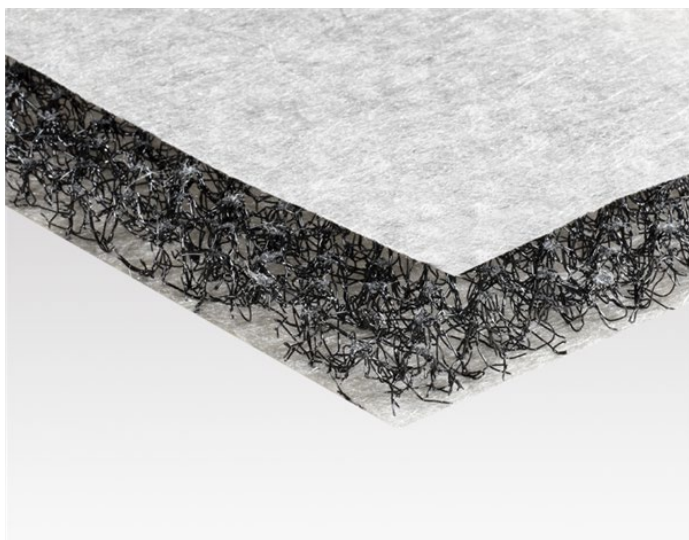


**Obr. 26** Rôzne typy nopových fólií – nopová fólia s výškou nopu 10 mm so zabudovanou filtračnou vrstvou (vľavo hore), klasická nopová fólia s výškou nopu 25 mm (vpravo hore), špeciálne retenčné nopové fólie so spomaleným odtokom vody meandrovitým spôsobom (vľavo a vpravo dole) (Zdroj: [www.optigruen.co.uk](http://www.optigruen.co.uk))



**Obr. 27** Drenážna tvarovka z recyklátu (vľavo, zdroj: [www.coleman.cz](http://www.coleman.cz)) a drenážna vrstva z keramzitu (vpravo, zdroj: [www.ceskestavby.cz](http://www.ceskestavby.cz))





**Obr. 28** Drenážna slučková rohož so zabudovanými filtračnými vrstvami (Zdroj: [www.e.coleman.cz](http://www.e.coleman.cz))

Všeobecné požiadavky na drenážnu vrstvu:

- druh materiálu,
- hrúbka materiálu,
- pevnosť v tlaku podľa ČSN EN 826:2013,
- vodepriepustnosť (v prípade zabudovania filtračnej vrstvy) a prípadná hydroakumulačná schopnosť,
- schopnosť prúdenia vody v pozdĺžnom smere pri danom zaťažení.

#### 5.1.4.1 Môj návrh



**Obr. 29** HDPE nopová fólia (vrstva č. 3) výšky 40 mm s perforáciou v hornom povrchu, horný povrch recyklovaná PES rohož hrúbky 20 mm, spodný povrch kaširovaná PP textília 300 g/m<sup>2</sup>mm  
(Zdroj: Katalóg Vegetační střechy GREENDEK)



**Obr. 30** Nopová fólia s vyplnenými nopmi výšky 60 mm  
(Zdroj: [www.op-tigruen.co.uk](http://www.op-tigruen.co.uk))

Výsledkom môjho návrhu je:

- nopová fólia z recyklovaného vysokohustotného polyetylénu (HDPE) vyplnená drenážnym kamenivom (napr. keramzit) pre stabilizovanie nopovej fólie v intenzívnych zelených strechách s vyššou mocnosťou substrátu,
- s výškou nopov činí 60 mm s otvormi vo vrchnej časti,
- s pevnosťou v tlaku vyplnenej nopovej fólie je  $695 \text{ kN/m}^2$ ,
- s hydroakumulačnou schopnosťou  $23 \text{ l/m}^2$  (s vyplnenými nopmi),
- s rýchlosťou odtoku  $1,356 \text{ l.m}^{-1}.\text{s}^{-1}$  ( $i = 0,05$ ).

### 5.1.5 Ochranná vrstva

Táto vrstva má za úlohu chrániť hydroizolačnú, resp. koreňovzdornú vrstvu proti:

- poškodeniu mechanickým poškodením pred a počas realizácie vegetačného súvrstvia vegetačnej strechy (napr. prišliapnutím a prípadnou perforáciou ostrým predmetom),
- poškodeniu po realizácii vegetačného súvrstvia jeho mechanickým pôsobením (napr. pretlačením nopovej fólie do hydroizolačnej, resp. koreňovzdornej vrstvy).

V strechách s klasickým poradím vrstiev sa jedná najčastejšie o ochranné vrstvy zo syntetických materiálov (polypropylén, polyetylén, polyester). Z týchto dôvodov sú sledované nasledovné vlastnosti ochrannej vrstvy:

- druh materiálu,
- plošná hmotnosť  $[\text{g.m}^{-2}]$ ,
- prehlásenie o vlastnostiach, ktoré sa týkajú ochrannej funkcie,
- pevnosť v ťahu.

#### 5.1.5.1 Môj návrh

V mojom návrhu som použil zaužívané materiály vo forme kompozitu drenážnej fólie, kaširovanej na hornom povrchu PES rohožou pre vyššiu akumulačnú kapacitu a na spodnom povrchu kaširovanou filtračnou vrstvou pre filtráciu jemných častíc.

### 5.1.6 Koreňovzdorná vrstva

Zabezpečiť ochranu hydroizolačnej vrstvy proti prerastaniu koreňov môžeme dvomi spôsobmi:

- samotnou hydroizolačnou vrstvou, ktorá je odolná voči prerastaniu koreňov rastlín,

- samostatnou fóliou odolnou voči prerastaniu koreňov v prípade, ak hydroizolačná vrstva takouto vlastnosťou nedisponuje.



**Obr. 31** Ochranná fólia odolná voči prerastaniu koreňov rastlín  
(Zdroj: [www.knaufinsulation.cz](http://www.knaufinsulation.cz))

#### 5.1.6.1 Môj návrh

Táto funkcia odolnosti proti voči prerastaniu koreňov je už zapracovaná v asfaltovom páse.

## 5.2 Vrstvy strešného plášťa

Vrstvy strešného plášťa vegetačných striech a ich návrh sú takmer identické s vrstvami strešných plášťov iných typov striech. Preto som sa v tejto kapitole zameral len na vrstvy strešného plášťa, ktoré sú v bezprostrednej blízkosti vegetačného súvrstvia, konkrétne teda hydroizolačnú, prípadne separačnú vrstvu, oddeľujúcu tieto vrstvy od ďalších vrstiev strešného plášťa (tepelnoizolačná, spádová, parotesná). Tieto som stručne popísal a vyzdvihol skutočnosti, ktoré som považoval za dôležité, a napokon som opäť odôvodnil svoju voľbu riešení.

### 5.2.1 Hydroizolačná vrstva

- vrstva s vodotesniacou funkciou,
- rôzne materiálové zloženie, najčastejšie:
  - APP alebo SBS modifikované asfaltové pásy min. v dvoch vrstvách,
  - hydroizolačné fólie na báze plastov (termoplasty, elastomery, termoplastické elastomery) s min. hrúbkou 1,5 mm,
- dôležité je opracovanie detailov (strešný vtok, atika, spoje a pod.),
- dôležité vlastnosti:
  - kompatibilita s inými materiálmi,
  - odolnosť voči UV a iným vonkajším vplyvom.

#### 5.2.1.1 Môj návrh

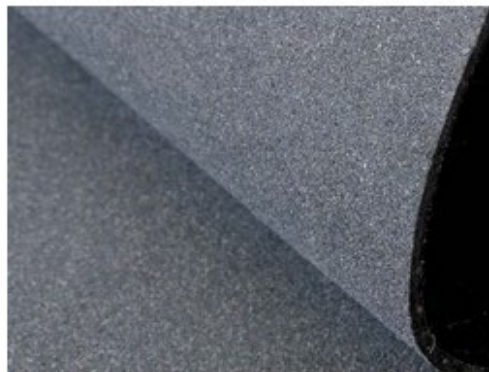
V mojom návrhu som použil hydroizolačné súvrstvie asfaltových pásov, a to kvôli vytvoreniu funkčného a kompaktného celku spolu s tepelnoizolačnými doskami na báze penoskla, čím sa vytvorí spoľahlivý systém kompaktnej strechy.

**Obr. 32** Hydroizolačné súvrstvie asfaltových pásov (Zdroj: dek.cz)

A ELASTEK 50 GARDEN



B GLASTEK 40 SPECIAL MINERAL



#### 5.2.2 Separačná vrstva

Ako nám už napovedá samotný názov, separačná vrstva sa používa k separácii – oddeleniu – vrstiev medzi sebou, najčastejšie z dôvodu vzájomnej nekompatibility materiálov (napr. vzájomná neznášanlivosť PVC-P fólií s asfaltovými pásmi či EPS a XPS). K tomuto účelu nám obvykle môžu slúžiť geotextílie alebo sklené rohože.

#### **5.2.2.1 Môj návrh**

Ako bolo spomenuté vyššie, vďaka kompatibilite TPO/FPO hydroizolačnej fólie so širokým spektrom materiálov je možné v tomto prípade použitie separačnej vrstvy vynechať

## 6 Záver

Cieľom mojej práce, ktoré som si vytýčil v jej úvode, bolo spracovať teoretický základ na tému vegetačných striech, od ich rozdelenia na základe určitých kritérií, cez výhody spojené s ich realizáciou a užívaním, až po charakteristiku jednotlivých vrstiev. Fakticky sa mi podarilo potvrdiť často spomínané benefity spájané so zelenými strechami, a to vo väčšej či menšej miere.

Hodnotenie druhej časti, v ktorej som pomenoval jednotlivé vrstvy, zásady, ktorými je potrebné sa pri ich návrhu riadiť, ale hlavne hodnotenie v zmysle vyargumentovania svojej voľby, či už použitých materiálov alebo celých systémov, nechávam na odbornú verejnosť.



## 7 Literatúra

BURIAN, Samuel, Ing. et al. *Vegetační souvrství zelených střech: Standardy pro navrhování, provádění a údržbu*, Brno, 2019. Dostupné z:

[https://www.zelenestrechy.info/media/file/412/Vegetacni\\_souvrstvi\\_zelenych\\_strech\\_Standardy\\_%202019\\_web-1.pdf](https://www.zelenestrechy.info/media/file/412/Vegetacni_souvrstvi_zelenych_strech_Standardy_%202019_web-1.pdf)

BOHUSLÁVEK, Petr, Ing. et al. *Vegetační střechy a střešní zahrady: Skladby a detaily*, 2009. Dostupné z:

<https://cdn1.idek.cz/dek/document/1765944883>

SPENCE, Steven, *Hot towns, urban heat islands*, In: *Science connected magazine* [online], Jun 14, 2016. Dostupné z:

<https://magazine.scienceconnected.org/2016/06/hot-towns-urban-heat-islands/>

POKORNÝ, Jan doc. RNDr. CSc. et al. *Význam zeleně pro klima města a možnosti využití termálních dat v městském prostředí. Inflow: Urbanismus a územní rozvoj* [online]. 2018, roč. 21, č. 1. Dostupné z: <http://www.uur.cz/images/5-publikacni-cinnost-a-knihovna/casopis/2018/2018-01/04-vyznam-zelene.pdf>

ŠIROKÁ, Helena, Bc. *Městské tepelné ostrovy*, In: *Stavebnictví3000* [online], október 10, 2018. Dostupné z: <https://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/mestske-tepelne-ostrovy>

BOGEN, Manfred, Dipl.-Inform., PhD. et al. *Atlas hodnotenia zraniteľnosti a rizík nepriaznivých dôsledkov zmeny klímy na území hlavného mesta SR Bratislavy* [online]. Bratislava, 2020 [cit. 2021-01-08]. ISBN 978-80-570-2203-9. Dostupné z: <https://bratislava.blob.core.windows.net/media/Default/Dokumenty/Atlas%20hodnotenia%20zranite%C4%BEnosti.pdf>

IPCC, 2018: Summary for Policymakers. In: *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)]. *World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland, 32 pp.*

Rosenzweig, C., S. Gaffin, and L. Parshall (Eds.) 2006. *Green Roofs in the New York Metropolitan Region: Research Report*. Columbia University Center for Climate Systems Research and NASA Goddard Institute for Space Studies. New York. 59 pages.

Jun Yang, Qian Yu, Peng Gong, *Quantifying air pollution removal by green roofs in Chicago*, *Atmospheric Environment*, Volume 42, Issue 31, 2008, Pages 7266-7273, ISSN 1352-2310, Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2008.07.003>. (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1352231008006262>)

Pevné částice. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2021-01-08]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Pevn%C3%A9\\_%C4%8D%C3%A1stice](https://cs.wikipedia.org/wiki/Pevn%C3%A9_%C4%8D%C3%A1stice)

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY. *European Union emission inventory report 1990-2018 under the UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution (LRTAP)* [online]. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2020 [cit. 2021-01-08]. ISBN 978-92-9480-237-8.

U.S. Environmental Protection Agency. *Estimating the environmental effects of green roofs: A case study in Kansas City, Missouri*. 2018, EPA 430-S-18-001. Dostupné z: [www.epa.gov/heat-islands/using-greenroofs-reduce-heat-islands](http://www.epa.gov/heat-islands/using-greenroofs-reduce-heat-islands).

KONASOVA, Sarka & Silveira, Vagner, *Zelené střechy: střešní systém snižující náklady na vytápění a chlazení*. *Business & IT*. VI. 60-65. 10.14311/bit.2016.01.06.

Maiolo, M.; Pirouz, B.; Bruno, R.; Palermo, S.A.; Arcuri, N.; Piro, P. The Role of the Extensive Green Roofs on Decreasing Building Energy Consumption in the Mediterranean Climate. *Sustainability* 2020, 12, 359.

WONG, N.H. (2003): The effects of rooftop garden on energy consumption of a commercial building in Singapore, *Energy and Buildings* 35 (4), 353– 364.

VACEK, Ing. PETR. *Vegetační střechy s hydrofilní minerální vlnou*. Brno, 2016. Dizertační práce. VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ. Vedoucí práce: Doc. Ing. LIBOR MATĚJKA, CSc., Ph.D., MBA. Dostupné z: [https://www.vutbr.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=156855](https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=156855)

ČSN EN ISO 12956. *Geotextilie a výrobky podobné geotextiliím – Zjišťování charakteristické velikosti otvorů*. Praha: ÚNMZ, 2010.

ČSN EN ISO 10319 Tahová zkouška na širokém proužku. Praha: ÚNMZ, 2015.

ČSN EN ISO 11058 Geotextilie a výrobky podobné geotextiliím – Zjišťování charakteristik propustnosti pro vodu kolmo k rovině, bez zatížení. Praha: ÚNMZ, 2010.

ČSN EN 826. Tepelněizolační výrobky pro použití ve stavebnictví – Zkouška tlakem. Praha: ÚNMZ, 2013.

CHALOUPKA, Karel Ing., SVOBODA, Zbyněk, doc. Ing. Obrácené střechy a DUO střechy I. In: *tzbinfo* [online]. 2009 [cit. 2021-01-12]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/strechy/6054-obracene-strechy-a-duo-strechy-i>

Jednoplášťové ploché střechy. In: *Izolace.cz* [online]. Dostupné z: <https://www.isolace.cz/vyuka/>

PETŘÍČEK, Tomáš, Ing. Ph.D. Odvodnění střech. In: Izolace.cz [online]. Dostupné z: <https://www.isolace.cz/vyuka/>

PETŘÍČEK, Tomáš, Ing. Ph.D. Jednoplášťové ploché střechy – 1. část. In: Izolace.cz [online]. Dostupné z: <https://www.isolace.cz/vyuka/>

PETŘÍČEK, Tomáš, Ing. Ph.D. Jednoplášťové ploché střechy – 2. část. In: Izolace.cz [online]. Dostupné z: <https://www.isolace.cz/vyuka/>

ŠUTLIAK, Stanislav, Ing. Uvolňování změkčovadel a nekompatibilní kombinace materiálů. In: *ASB PORTAL* [online]. 14.01.2013. Dostupné z: <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/uvolnovani-zmekcovadel-anekompatibilni-kombinace-materialu>

TECHNICKÁ KOMISE PRO HYDROIZOLAČNÍ FÓLIE, z.s. Průvodce světem plastových a pryžových fólií v Pozemních stavbách. [online] Dostupné z: <http://www.tkhif.cz/userfiles/news/47/0a3012daa675e52c6666c161855c5e41.pdf>

Katalog Vegetační střechy GREENDEK. In: Greendek.cz [online]. Dostupné z: <https://www.dek.cz/akce/detail/402>

Konstrukce a použití pásu, příklady uplatnění. In: dek.cz [online]. Dostupné z: <https://www.dek.cz/obsah/technicka-podpora/glastek-40-special-mineral>