

Česká zemědělská univerzita v Praze



**Fakulta životního
prostředí**

Diplomová práce

**Kolobeh využívania dažďovej a šedej vody
s využitím zelených budov**

**Autor práce: Bc. Karolína Bažalíková
Vedúci práce: Ing. Tereza Hnátková, Ph.D.**

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Karolína Bažalíková

Regionální environmentální správa

Název práce

Kolobeh využívania dažďovej a šedej vody s využitím zelených budov

Název anglicky

The cycle of the use of rain and gray water with the use of green buildings

Cíle práce

Cieľom diplomovej práce je analýza odbornej literatúry zameranej na výstavbu zelených striech s cieľom efektívneho využitia a hospodárenia s dažďovou a šedou vodou a jej opätovného použitia, čím sa prispieva predovšetkým k retencii, akumulácii a zadržiavaniu vody v krajine ako aj k zníženiu globálneho otepľovania a klimatickej zmeny. Ďalším cieľom práce je vypracovanie optimálneho návrhu modelového projektu a zhodnotenie jeho efektívnosti, environmentálneho prínosu a ekonomickej náročnosti.

Metodika

V úvode praktickej časti je čitateľ oboznámený vývojom zmeny klímy obce a predovšetkým v ČR. Následne sa v práci zoznámi so spotrebou vody a druhmi odpadových vôd. Ďalej je spracovaná kvalita a chemické zloženie šedej a dažďovej vody ako aj analýza majoritných látok ako aj možnosti ich úpravy potrebnej pre ďalšie využitie a to pre závlahu alebo splachovanie toalety. Súčasťou je aj prehľad prevažne českej ako aj zahraničnej legislatívy, z ktorej vychádzajú podmienky pre využitie vody pre závlahu. Práca sa zameriava na kolobeh využitia šedých a dažďových vôd prostredníctvom zelených striech, preto je im venovaná časť, kde je rozpracovaná špecifikácia a spôsob využitia. V ďalšej časti rešerše je charakterizovaný modelový projekt a sú v ňom definované jednotlivé postupy a výstupy.

V praktickej časti je zhodnotená bilancia a to v niekoľkých rovinách: v environmentálnej – aké má prínosy na ŽP a ekonomickej – či sa investícia do takého projektu navráti. Po vyhodnotení je ďalej vypracovaný návrh na možnosti vylepšenia.

Doporučený rozsah práce

50 stran

Klíčová slova

šedá voda, dažďová voda, zmena klímy, zelená infraštruktúra, zelená strecha, akumulácia, retencia, evapotranspirácia, zachytávanie, závlaha

Doporučené zdroje informací

ArezooMahmoudi, Seyyed Alireza Mousavi, Parastoo Darvishi, 2021: Greywater as a sustainable source for development of green roofs: Characteristics, treatment technologies, reuse, case studies and future developments, ISSN: 0301-4797

BS 8595, 2013: Code of practice for the selection of water reuse system. Great Britain

Česko. Ministerstvo životního prostředí, 2019: Studie hospodaření se srážkovými vodami v urbanizovaných územích

Česko. Ministerstvo životního prostředí, 2021: Studie problematiky recyklace šedých vod v sídlech ČR

EN 16941-2: 2021, On-site non-potable water systems – Part 2: Systems for the use of treated greywater, ISBN: 978 0 580 99040 3

Guidelines on integrating water reuse into water planning and management in the context of the WFD (Water Framework Directive)

National Water Quality Management Strategy, 2006: Australian guidelines for water recycling: managing health and environmental risks (Phase 1), ISBN 1 921173 06 8

National Water Quality Management Strategy, 2009 : Australian Guidelines for Water Recycling Stormwater Harvesting and Reuse, ISBN 1 921173 45 9

Předběžný termín obhajoby

2021/22 LS – FZP

Vedoucí práce

Ing. Tereza Hnátková, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra aplikované ekologie

Elektronicky schváleno dne 10. 3. 2022

prof. Ing. Jan Vymazal, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 12. 3. 2022

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 25. 03. 2022

Čestné prehlásenie

Prehlasujem, že svoju diplomovú prácu „Kolobeh využívania dažďovej a šedej vody s využitím zelených budov“ som vypracovala samostatne pod vedením vedúceho diplomovej práce a s použitím odbornej literatúry a ďalších informačných zdrojov, ktoré sú citované v práci a uvedené v zozname použitých zdrojov na konci práce. Ako autorka uvedenej diplomovej práce ďalej prehlasujem, že som v súvislosti s jej vytvorením neporušila autorské práva tretích osôb.

V Prahe dňa 30.3.2022

Pod'akovanie

Rada by som touto cestou pod'akovala vedúcej práci Ing. Tereze Hnátkovej, Ph.D. za jej odborné a cenné rady, ochotu a usmerňovanie v priebehu spracovania tejto diplomovej práce. Ďalej by som sa chcela pod'akovať rodine, priateľom a spolužiakom za podporu počas celej doby štúdia.

Kolobeh využívania dažďovej a šedej vody s využitím zelených budov

Abstrakt

Táto diplomová práca rieši využívanie dažďových a šedých vôd s využitím zelenej strechy. Jedným z cieľov bolo na základe odbornej literatúry priblížiť problematiku zmeny klímy, hospodárenia s vodou a zelenú infraštruktúru. Práve zelená infraštruktúra a šetrné využívanie odpadovej vody patria medzi jedny z možností ako prispieť k zníženiu globálneho otepľovania a zmeny klímy. Na to nadväzoval návrh modelovej zelenej strechy so stanovením výpočtu vodnej bilancie a celkovým finančným zhodnotením tohto projektu v podobe vyčíslenia nákladov na realizáciu zelenej strechy. Zhodnotené bolo environmentálne a ekonomického hľadisko projektu a či sa investícia do tohto projektu navráti. V závere práce je predložený návrh zlepšenia projektu, ktorý by umožnil efektívne využívať dažďovú a šedú vodu prostredníctvom zelenej strechy.

Kľúčové slová: šedá voda, dažďová voda, zmena klímy, zelená infraštruktúra, zelená strecha, akumulácia, retencia, evapotranspirácia, zachytávanie, závlaha

The cycle of the use of rain and gray water with the use of green buildings

Abstract

This thesis addresses the use of rainwater and greywater using a green roof. One of the goals was to approach the issues of climate change, water management and green infrastructure on the basis of professional literature. Green infrastructure and the careful use of wastewater are among the ways to contribute to reducing global warming and climate change. This was followed by the design of a model green roof with the determination of the water balance calculation and the overall financial evaluation of this project in the form of quantification of the costs for the implementation of the green roof. The environmental and economic aspects of the project were assessed as was whether there would be a return on investment in the project. The end of the work presents a proposal to improve the project, which would allow the efficient use of rain and greywater utilizing a green roof.

Keywords: gray water, rain water, climate change, green infrastructure, green roof, accumulation, retention, evapotranspiration, capture, irrigation

Obsah

Úvod	1
Cieľ práce a metodika	3
1.1 Cieľ práce	3
1.2 Metodika	3
Literárne rešerše	4
1.3 Legislatíva	4
1.4 Zmena klímy	10
1.4.1 História zmeny klímy v Českej republike.....	11
1.4.2 Spevnené plochy	12
1.4.3 Súčasný vývoj klímy v Česku, na Slovensku a vo svete	14
1.4.4 Dôsledky zmeny klímy	17
1.5 Hospodárenie s vodou	19
1.5.1 Spotreba vody	19
1.5.2 Náklady spojené so spotrebou vody (vodné a stočné).....	20
1.5.3 Druhy odpadových vôd.....	20
1.5.4 Odpadová voda z domácnosti	21
1.5.5 Priemyselná odpadová voda	22
1.5.6 Dažďová voda.....	22
1.5.7 Hlavné znečisťujúce látky odpadovej vody	22
1.6 Kvalita a zloženie dažďových a šedých vôd	23
1.6.1 Pôvod znečistenia dažďových vôd	23
1.6.2 Pôvod znečistenia šedých vôd	25
1.6.3 Kvalita a zloženie dažďových a šedých vôd.....	25
1.6.4 Fyzikálno - chemické vlastnosti	25
1.6.5 Mikrobiologické charakteristiky.....	26
1.6.6 Bakteriálne a protozonálne patogény.....	28
1.6.7 Vírusy	29
1.6.8 Nutrienty v šedých vodách	29
1.6.9 Požiadavky na kvalitu dažďovej vody	29
1.6.10 Technológie čistenia šedých vôd	30
1.6.11 Úprava zrážkových povrchových vôd	34
1.6.12 Čistenie dažďovej vody	34
1.7 Zelená infraštruktúra	35
1.7.1 Zelené strechy od histórie po súčasnosť	36
1.7.2 Funkcie a pôsobenie zelených striech.....	37
1.8 Druhy zelených striech.....	39
1.8.1 Podľa druhu vegetácie	39
1.8.2 Podľa prístupnosti.....	45

1.8.3	Podľa doplnkovej funkcie	46
1.8.4	Podľa skladby vegetačného súvrstvia	46
1.8.5	Podľa sklonu zelených striech	47
1.8.6	Podľa priestorovej väzby na terén	48
1.8.7	Alternatívy zelených striech	48
1.8.8	Hnedé strechy	48
1.8.9	Modré strechy	49
1.8.10	Spôsob akumulácie vody	50
1.8.11	Spôsob odvodnenia	50
1.8.12	Vsakovanie	51
1.8.13	Zníženie a prevencia vzniku zrážkového odtoku u zdroja prostredníctvom vegetačných striech	51
Praktická časť		55
1.9	Modelový projekt návrhu zelenej strechy pre rodinný dom	55
1.9.1	Popis vybranej lokality	55
1.9.2	Prehľad jednotlivých skladieb zelenej strechy	56
Strešná konštrukcia.....		56
1.9.3	Hydroizolácia strechy	58
1.9.4	Ochranná – separačná vrstva	58
1.9.5	Drenážna vrstva	58
1.9.6	Hydroakumulačná vrstva	59
1.9.7	Filtračná vrstva	59
1.9.8	Vegetačná vrstva – substrát	59
1.9.9	Vegetácia	60
1.9.10	Návrh skladby vegetačnej strechy	61
1.9.11	Potreba vody pre zavlažovanie	69
1.9.12	Bilancia vody	73
1.9.13	Mikroklíma	76
1.9.14	Finančná analýza modelového návrhu.....	77
1.9.15	Zhodnotenie modelového projektu	80
1.9.16	Návrh vylepšenia modelového projektu	81
1.9.17	Celkové zhodnotenie.....	84
Diskusia.....		85
Záver		88
Zoznam použitých zdrojov:		89
Prílohy.....		101

Úvod

V súčasnosti čelí svet veľmi vážnym problémom a jedným z hlavných je zmena klímy. Najčastejším prejavom klimatickej zmeny, ktorý je citeľne vnímaný je globálne otepľovanie, ktoré sa prejavuje ako na pevninách, tak aj na oceánoch. Takéto zvyšovanie priemernej teploty vzduchu so sebou prináša množstvo negatívnych dopadov. Jedným z najviac ovplyvnených sú prírodné ekosystémy, ktoré sa takýmto výkyvom teplôt ťažko prispôsobujú. Ďalším dôležitým negatívnym dopadom klimatickej zmeny je ovplyvnenie vodných zdrojov a to všade vo svete. (CHMI, 2021, SHMU, 2021) Je dôležité podotknúť, že s rýchlym nárastom populácie dochádza k nárastu nárokov a tým aj k ovplyvňovaniu životného prostredia. Takýto nárast urbanizácie si vyžaduje aj zvýšenie zaberania plochy výstavbou a budovania nepriepustných plôch, ktoré následne narušujú bilanciu vody a vytvárajú takzvané tepelné ostrovy miest. (Lišek, 2018) Medzi jednu z možností riešenia tohto problému je realizácia zelenej alebo vegetačnej strechy. Zakladanie zelených striech môže poskytnúť množstvo ekologických výhod akými sú zadržiavanie dažďovej vody, zmiernenie tepelného efektu ostrova v mestách, zníženie oxidu uhličitého, zníženie znečistenia, hluku a samozrejme zvýšeniu biodiverzity. Prepojenie zelenej strechy s udržateľným hospodárením s vodou pozitívne ovplyvňuje a znižuje dôsledky zmeny klímy. Preto sa v súčasnosti tejto téme venuje čoraz väčšia pozornosť. Významnou vlastnosťou zelených striech je umožnenie akumulácie a retencie dažďovej vody a jej následné využitie vo forme zálievky alebo splachovania toalety, ktoré takto prispievajú k znižovaniu spotreby vody. (Burian a kol., 2019; Svaz zakladaní a údržby zeleně, 2016) Táto diplomová práca je zameraná na využitie dažďovej a šedej vody prostredníctvom zelených striech a jej následným možným využitím vo forme závlahy a splachovania toalety.

V úvode práce je uvedená legislatíva, ktorá udáva základ pre realizáciu zelených striech a hospodárenie s dažďovou a šedou vodou. Potom je kapitola venujúca sa zmene klímy, kde je definovaný jej vývoj v Českej republike od roku 1861 až po súčasnosť. Táto časť je doplnená o problematiku spevnených plôch a jednotlivých dôsledkov zmeny klímy, ktoré postihujú celý svet. Nasleduje kapitola približujúca hospodárenie s vodou, spotrebu vody a vynaloženie nákladov vo forme vodného a stočného. Zahŕňa aj charakteristiku jednotlivých druhov odpadových vôd a ich hlavné znečisťujúce látky. Na tieto kapitoly nadväzuje kapitola kvality a zloženia dažďových a šedých vôd, táto kapitola je podrobne spracovaná. Definuje pôvod znečistenia dažďových a šedých vôd, ich kvalitu a premenlivé zloženie a množstvo faktorov, ktorými sú tieto vody ovplyvňované. Pre ďalšie využitie je nutné, aby boli splnené požiadavky umožňujúce využitie dažďovej a šedej vody napríklad pre závlahu a splachovanie. Z tohto dôvodu je spracovaný prehľad technológie čistenia šedej vody, keďže tento druh vody vykazuje vyššie znečistenie a prítomnosť patogénov (podľa druhu šedej vody) a možnosti úpravy dažďovej vody pochádzajúcej predovšetkým zo striech. Nasledujúca časť práce je venovaná zelenej infraštruktúre a zeleným strechám. Zelené strechy sa delia na niekoľko druhov, sú podrobne špecifikované a čitateľovi priblížené, aby si vedel vytvoriť ucelený prehľad tejto témy, pretože každý druh strechy na seba nadväzuje a pri realizácii strechy sa podľa toho volí výsledná zelená strecha. Ďalšia kapitola sa zaoberá alternatívami zelených striech a to v podobe hnedých a modrých striech. Táto práca je zameraná predovšetkým na využitie dažďovej a šedej vody prostredníctvom zelenej strechy, kde dôležitou súčasťou je akumulácia, vsakovanie, zadržanie vody v jednotlivých vrstvách a následné odvedenie vody do nádrže alebo do kanalizácie, preto sú v jednotlivých kapitolách bližšie charakterizované. Pri odvodení strechy sa stanovuje súčiniteľ odtoku C, ktorý je ovplyvnený mocnosťou a zložením vegetačnej vrstvy, vegetáciou a ďalšími podmienkami. To

všetko je v tejto časti popísané a zároveň v závere teoretickej časti je doplnený výpočet množstva dažďových, odpadových vôd zo zelených striech stanoveným súčiniteľom odtoku. Na teoretickú časť nadväzuje modelový projekt návrhu zelenej strechy pre rodinný dom. V tejto časti je popísaná lokalita rodinného domu, charakteristika jednotlivých vrstiev zelených striech, ktoré má zelená strecha obsahovať a samotný návrh skladby zelenej strechy pre rodinný dom v obci Tuřany. Tento návrh sa skladá z výberu jednotlivých vrstiev strechy s popisom vybraného materiálu. Súčasťou návrhu skladby je aj výpočet drenážnej kapacity a výber vegetácie zvolený pre navrhovanú extenzívnu strechu. Následne je zhrnutá starostlivosť a údržba zelenej strechy, súvisiaca s potrebou vody pre zavlažovanie strechy vo vegetačnom období rastlín. Keďže potreba vody rastlín súvisí s evapotranspiráciou, tak v tejto časti sú využitím Green Roof Retention/ Evapotranspiration Modeler-u navrhnuté tri modely zelenej strechy, ktoré boli medzi sebou porovnané a bolo zhodnotených ako sa evapotranspirácia odvíja od voľby hrúbky substrátu a skladby vegetačných striech. Zároveň je stanovená bilancia vody navrhovanej zelenej strechy, kde sa prostredníctvom výpočtov zistilo koľko vody sa využije pre evapotranspiráciu, koľko sa jej zadrží a odvedie do akumuláčnej nádrže. Ďalej je stanovená potreba vody pre splachovanie a celková potreba vody pre zalievanie záhrady vo vegetačnom období, vrátane výberu akumuláčnej nádrže na základe výpočtu jej objemu. Prostredníctvom evapotranspirácie dochádza k ochladzovaniu okolitého priestoru a vytváraniu príjemnej mikroklímy a šetreniu nákladov na energie, preto je tomu v ďalšej kapitole venovaná pozornosť. Na to nadväzuje finančná analýza modelového projektu, kde sú vyčíslené náklady, ktoré je nutné vynaložiť na realizáciu zelenej strechy. Nasleduje zhodnotenie projektu z environmentálnej a ekonomickej stránky a či sa takáto investícia do tohto projektu navráti. Po zhodnotení projektu je vypracovaný návrh zlepšenia projektu, s cieľom efektívneho využitia šedých a dažďových vôd prostredníctvom zelenej strechy.

Cieľ práce a metodika

1.1 Cieľ práce

Cieľom diplomovej práce je analýza odbornej literatúry zameranej na výstavbu zelených striech s cieľom efektívneho využitia a hospodárenia s dažďovou a šedou vodou a jej opätovného použitia, čím sa prispieva predovšetkým k retencii, akumulácii a zadržiavaniu vody v krajine ako aj k zníženiu globálneho otepľovania a klimatickej zmeny. Ďalším cieľom práce je vypracovanie návrhu zlepšenia existujúceho projektu a zhodnotenie jeho efektívnosti, environmentálneho prínosu a ekonomickej náročnosti.

1.2 Metodika

V úvode praktickej časti je čitateľ oboznámený s vývojom zmeny klímy obecné a predovšetkým v ČR. Následne sa v práci zoznámi so spotrebou vody a druhmi odpadových vôd. Ďalej je spracovaná kvalita a chemické zloženie šedej a dažďovej vody ako aj analýza majoritných látok ako aj možnosti ich úpravy potrebnej pre ďalšie využitie a to pre závlahu alebo splachovanie toalety. Súčasťou je aj prehľad prevažne českej ako aj zahraničnej legislatívy, z ktorej vychádzajú podmienky pre využitie vody pre závlahu. Práca sa zameriava na kolobek využitia šedých a dažďových vôd prostredníctvom zelených striech, preto je im venovaná časť, kde je rozpracovaná špecifikácia a spôsob využitia. V ďalšej časti rešerše je charakterizovaný modelový projekt a sú v ňom definované jednotlivé postupy a výstupy. V praktickej časti je zhodnotená bilancia a to v niekoľkých rovinách: v environmentálnej – aké má prínosy na ŽP a ekonomickej – či sa investícia do takého projektu navráti. Po vyhodnotení je ďalej vypracovaný návrh na možnosti vylepšenia.

Literárne rešerše

1.3 Legislatíva

V Českej republike sú na rozdiel od niektorých iných európskych krajín zelené strechy v legislatíve spomínané iba okrajovo, no české zákony vytvárajú otvorené prostredie pre ich širšie uplatnenie. Je nutné spomenúť, že dôležitým predpokladom pre podporu zelených striech je legislatívne a normatívne prostredie.

Zákon č. 183/2006 Sbírky (Sb). Zákon o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon), bude zrušený k **01.07.2023** a nahradí ho **Zákon č. 283/2021 Sb. Stavební zákon.**

Základným nástrojom štátnej správy pre rozvoj územia a výstavbu je územné plánovanie, ktoré je upravené a definované týmto zákonom. Tento zákon definuje okrem tohto aj ďalšie ciele územného plánovania, jeho nástroje, vyhodnocovanie vplyvu na udržateľný rozvoj územia alebo povoľovanie stavieb a ich úpravy.

Zelené strechy sú všeobecne brané ako opatrenie pre znižovanie lokálneho rizika povodní alebo zabraňovanie prehrievaniu okolia budov. Predstavujú kompenzácia proti vplyvom ľudskej výstavby na životné prostredie a sú jedným z trendov súčasnej udržateľnej architektúry. Tento zákon ako celok je zeleným strechám otvorený, no rozhodnutie leží na implementačnej úrovni jednotlivých stavebných úradov.

Výber z cieľov územného plánovania podľa § 38 stavebného zákona:

- 1) *Cieľom územného plánovania je sústavne a komplexne riešiť funkčné využitie územia, stanovovať zásady jeho plošného a priestorového usporiadania a vytvárať predpoklady pre udržateľný rozvoj územia spočívajúci vo vyváženom vzťahu podmienok pre priaznivé životné prostredie, pre hospodársky rozvoj a pre súdržnosť spoločenstva obyvateľov územia, ktorý uspokojuje potreby súčasnej generácie, bez toho aby ohrozoval podmienky života budúcich generácií.*
- 2) *Územné plánovanie zaisťuje predpoklady pre udržateľný rozvoj územia a za týmto účelom vyhodnocuje potenciál rozvoja územia a prognózy jeho ďalšieho vývoja.*
- 3) *Cieľom územného plánovania je tiež zvyšovať kvalitu vystavaného prostredia sídiel, rozvíjať ich identitu a vytvárať funkčné a harmonické prostredie pre každodenný život ich obyvateľov.*
- 4) *Územné plánovanie chráni a rozvíja prírodné, kultúrne a civilizačné hodnoty územia, vrátane urbanistického, architektonického a archeologického dedičstva, a pritom chráni krajinu ako podstatnú zložku prostredia života obyvateľov a základ ich totožnosti. S ohľadom na to určuje podmienky pre hospodárske využívanie zastavaného územia a zaisťuje ochranu nezastavaného územia a ochranu a rozvoj zelenej infraštruktúry. Zastaviteľné plochy sa vymedzujú s ohľadom na možnosti územia a mieru využitia zastavaného územia.*

Výber z úloh územného plánovania podľa § 39 odstavec (odst.):

- d) *stanovovať urbanistické, architektonické, estetické a funkčné požiadavky na využívanie a priestorové usporiadanie územia a na jeho zmeny, hlavne na mieru využitia územia, umiestnenia, usporiadania a riešenia stavieb a kvalitu verejného priestranstva,*
- k) *vytvárať a stanovovať podmienky pre znižovanie nebezpečenstva v území, hlavne pred účinkami povodní, sucha a extrémnych teplôt, a pre využívanie obnoviteľných zdrojov,*

q) vytvárať podmienky pre ochranu územia podľa iných právnych predpisov pred významnými negatívnymi vplyvmi zámeru na územie a navrhovanie kompenzačných opatrení, pokiaľ tak stanoví iný právny predpis.

Zákon č. 114/1992 Sb. o ochrane prírody a krajiny

Cieľom tohto zákona mimo iné priority je prispieť k udržaniu a obnove prírodnej rovnováhy v krajine, k ochrane rozmanitosti foriem života, prírodných hodnôt a krás a k šetrnému hospodáreniu s prírodnými zdrojmi. V § 2 odst. 2 tohto zákona sa uvádza, že ochrana prírody a krajiny sa zaisťuje hlavne:

- a) ochranou a vytváraním územného systému ekologickej stability krajiny,*
- g) spoluúčasťou v procese územného plánovania a stavebného riadenia s cieľom presadzovať vytváranie ekologicky vyváženej a esteticky hodnotnej krajiny,*
- h) účasť na ochrane pôdneho fondu, hlavne pri pozemkových úpravách,*
- i) ovplyvňovanie vodného hospodárenia v krajine s cieľom udržiavať prirodzené podmienky pre život vodných a močiarnych ekosystémov pri zachovaní prirodzeného charakteru a prírode blízkeho vzhľadu vodných tokov, plôch a močiarov,*
- j) obnova a vytváranie nových prírode hodnotných ekosystémov, napríklad pri rekultiváciách a iných zmenách v štruktúre a využívaní krajiny.*

V zmysle tohto zákona teda nie je pochyb o tom, že zelené strechy majú prínos pre krajinu a prírodu. V zákone sa tiež uvádza, presnejšie v § 9, právomoc orgánu ochrany prírody uložiť kompenzačné opatrenie v prípade ekologickej ujmy vo forme náhradnej výsadby a odvodov, avšak táto ekologická kompenzácia sa týka iba výrubu drevín. Tu vzniká priestor pre rozšírenie zákona napríklad v zmysle § 13 nemeckého Spolkového zákona pre ochranu prírody (Bundesnaturschutzgesetz – BGBl. I S. 2542), ktorý stanovuje, že pri zásahu do prírody a krajiny sa uplatňujú kompenzačné opatrenia v poradí: vyhnutie sa zásahu, minimalizácia zásahu, kompenzácia zásahu na mieste a kompenzácia zásahu na inom mieste.

Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o zmene niektorých zákonů (vodní zákon)

Zelené strechy majú veľký význam pri zadržiavaní dažďovej vody priamo na mieste jej dopadu a časť tejto vody sú schopné odparovať späť do atmosféry. Preto v tomto prípade tu hrá dôležitú úlohu vodný zákon, ktorý v § 5 odst. 3, definuje základné povinnosti stavebníkom pri nakladaní s dažďovou vodou:

- 5) Pri uskutočňovaní stavieb alebo ich zmien alebo ich užívania je stavebník povinný podľa charakteru a účelu využívania týchto stavieb je zabezpečiť zásobovanie vodou a odvádzanie odpadových vôd kanalizáciou k tomu určenou. Ak nie je kanalizácia na mieste k dispozícii, odpadové vody sa zneškodňujú priamym čistením s následným vypúšťaním do vôd povrchových alebo podzemných. V prípade technickej neuskutočniteľnosti spôsobov podľa prvej a druhej vety je možné odpadové vody akumulovať v nepriepustnej nádrži (žumpe) s následným vyvážením akumulovaných vôd na zariadenia schválené na ich zneškodnenie. Ďalej je stavebník povinný zabezpečiť obmedzenie odtoku povrchových vôd vzniknutých dopadom atmosférických zrážok na tieto stavby (ďalej iba „zrážková voda“) akumuláciou a následným využitím, poprípade vsakovaním na pozemku, výparom alebo ak nie je žiadny z týchto spôsobov obmedzený na odtoku zrážkových vôd možný alebo dostatočný, ich zadržiavaním a riadeným odvádzaním alebo kombináciou týchto spôsobov. Bez splnenia týchto podmienok nesmie byť povolená stavba, zmena stavby pred jej dokončením, využívanie stavby ani vydané rozhodnutie o dodatočnom povolení stavby alebo rozhodnutie o zmene využívania stavby.*

V § 102 sa ďalej zmiňuje aj možnosť úhrady výdajov na opatrenia vo verejnom záujme. Avšak ak sa bude na zelené strechy pozerat' ako na opatrenie vo verejnom záujme, čiže pozitívnu externalitu pre okolie. Týmto legislatíva dáva možnosti priamej finančnej podpory zelených striech.

Vyhláška 501/2006 Sb., o obecných požadavcích na využívání území, zrušené k 01.07.2023 a nahradí ich Zákon č. 283/2021 Sb. stavební zákon.

Ďalším predpisom, ktorý je zásadný pre zelené strechy a rozvíja vyššie spomenutý „vodný zákon“ je vyhláška č. 501/2006 Sb., ktorá bližšie definuje nakladanie s dažďovou vodou na území.

Z hľadiska malého vodného cyklu by znenie tohto zákona malo byť komplexnejšie a taktiež by mohlo rozlišovať medzi vsakovaním na povrchu a pod povrchom a dávať prednosť vsakovaniu na povrchu, aby sa umožnil spätný odpar vody do ovzdušia. Dôležitosť spätného odparu pre zdravú mikroklimu urbanizovanej oblasti obsahuje napríklad technická norma TNV 95 9011, ktorá priamo s týmto účelom zelenej strechy explicitne spomína v kapitole 4.1.3 TNV 95 9011:

Na stavebnom pozemku má byť podporovaný výpar zrážkovej vody do ovzdušia za účelom zachovania zdravej mikroklimy urbanizovaného územia. Odporúča sa, aby aspoň 30% z celkovej zastavanej plochy pozemku bolo prispôbené tak, aby sa časť zadržanej vody mohla odpariť do ovzdušia priamo (evaporácia) alebo prostredníctvom vegetácie (transpirácia). Toto je možné dosiahnuť napríklad prostredníctvom vegetačných striech, či vegetačných krytov fasád.

Zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizaciích a vyhláška č. 428/2001 Sb.

Nakladanie s dažďovými vodami ďalej definuje zákon č. 274/ 2001 Sb. o vodovodoch a kanalizáciách pre verejnú potrebu a príslušná vyhláška č. 428/2001 Sb. Zákon ukladá (až na niekoľko výnimiek) všetkým majiteľom nehnuteľností, v ktorých je uskutočňovaná podnikateľská činnosť povinnosť platiť za odvod zrážkovej vody do kanalizácie. Vo vyhláške v § 31 je stanovený spôsob výpočtu množstva zrážkových vôd odvedených do kanalizácie, kde podľa prílohy č. 16 novely vykonávajúcej vyhlášky sa odvod zrážkových vôd vypočítava podľa 30 ročného dlhodobého zrážkového normálu, podľa regionálnej pobočky Českého hydrometeorologického úradu. Povinnosť hradenie stočného poplatku za odvod zrážkovej vody sa podľa § 20 odst. 6 tohto zákona nevzťahuje na plochy nehnuteľnosti určených k trvalému bývaniu a na domácnosti. Pre zelené strechy je najbližšou kategóriou z prílohy č. 16 súčiniteľ odtoku $C=0,4$, ktorý v praxi znamená, že z plochy vegetačnej strechy odtečie v priemere 40% vody, ktorá na ňu za celý rok naprší. Tieto hodnoty súčiniteľa sa prirodzene líšia pre jednotlivé mocnosti vegetačného súvrstvia. Bohužiaľ tento zákon a jeho vykonávajúca vyhláška priamo zelené strechy vo svojom znení nezmiňujú, aj napriek tomu, že význam zelených striech pre retenciu vody a ochranu kanalizačnej siete pred náporom vody, ktorý je spôsobený prívalovými dažďami je nesporný.

Normy a štandardy týkajúce sa zelených striech

Okrem legislatívy je dôležité tiež normatívne prostredie. Technické normy definujú pojmy, určujú kvalitatívne požiadavky na materiály a výrobky, stanovujú postupy pre výpočty vlastností materiálov alebo pracovné postupy. Tieto normy nie sú právne záväzné, ale môžu tvoriť kvalitnú oporu v zmluvných vzťahoch alebo štátnej inštitúcii.

- 1) ČSN 73 1901. *Navrhování střech – základní ustanovení* (sklon striech, vstup na strechu, bezpečnostné požiadavky, uskutočnenie hydroizolácie a iné)

- 2) *TNV 95 9011. Hospodaření se srážkovými vodami* (doplňuje ČSN 73 1910 o spôsobe nakladania so zrážkovou vodou)
- 3) *ČSN 73 0540. Tepelná ochrana budov* (tepelno-technické vlastnosti, difúzie vodných pár a iné)
- 4) *ČSN EN 13948. Hydroizolační pásy a fólie – asfaltové, plastové a pryžové pásy a fólie pro hydroizolaci střech – stanovení odolnosti proti prorůstání kořenů rostlin*
- 5) *ČSN EN 1991-1-1 (eurokód 1). Zatížení konstrukcí – část 1-1: Obecná zatížení – objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb a další*

Štandardy pre zelené strechy

Vyššie spomenuté technické normy sa iba okrajovo dotýkajú zelených striech. Bohužiaľ vlastnú normu v Českej republike zatiaľ zelené strechy nemajú. Avšak veľmi kvalitný podklad im poskytujú české *Standardy pro navrhování, provádění a údržbu – Vegetační souvrství zelených střech*. Štandardy čerpajú zo zahraničných noriem podobného zamerania, predstavujú prvý ucelený štandardizujúci dokument pre zelené strechy v Českej republike. Tieto štandardy charakterizujú terminológiu zelených striech, stručne popisujú ich funkcie a pôsobenie na budovu a okolie, delenie zelených striech podľa niekoľkých kritérií a taktiež uvádzajú požiadavky na strešné konštrukcie u rôznych druhov striech. Ďalej charakterizujú požiadavky na jednotlivé vrstvy vo vegetačnom súvrství a mnoho ďalších informácií týkajúcich sa zelených striech. Pri svojom vývoji boli inšpirované zahraničnými dokumentmi, najvýznamnejšia z nich je medzinárodná odborná a verejnosťou uznávaná smernica FLL, ktorá tvorí v Nemecku vedľa ďalších technických noriem záväzný štandard pre navrhovanie, realizáciu a údržbu zelených striech. Vo Švajčiarsku predstavuje právny rámec norma SIA 312, v Rakúsku norma Ö-NORM B 250 a vo Veľkej Británii GRO Code.

V Českej republike v súčasnosti nie je legislatívny predpis, či vyhláška týkajúca sa priamo šedých vôd. V súčasnosti sa však pripravuje a v nasledujúcich rokoch sa očakáva implementácia systémov pre šetrné hospodárenie s vodou. K tomu má dopomôcť zmena zákona, a to konkrétne zavedenie definície úžitkovej vody a jej parametrov do zákona o ochrane verejného zdravia, **Zákon č. 258/2000Sb. Zákon o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů**. Ministerstvo zdravotníctva by malo pripraviť vyhlášku s kvalitatívnymi parametrami, na základe ktorých sa bude pomocou odberov a rozborov dokazovať, že upravená zrážková a šedá voda je zdravotne nezávadná a nepredstavuje ohrozenie verejného zdravia. Táto účinnosť by mala začať platiť v roku 2022. Ministerstvo životného prostredia už do platného vodného zákona, **Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon)** a nového stavebného zákona, **Zákon č. 283/2021 Sb., stavebný zákon** začlenilo pravidlá pre nakladanie so zrážkovou vodou. Stavebníci budú musieť dodržať hierarchiu hospodárenia so zrážkovými vodami pri novostavbách, prípadne pri väčších renováciách budov. Najskôr je potreba zaistiť vsakovanie na povrchu, odpar, či akumuláciu a využitie úžitkovej vody v budove. Až sa preukáže, že niečo také nie je možné, môže byť povolený regulovaný odtok dažďovej vody z pozemku. Pripravuje sa aj zmena vyhlášky k zákonu o vodovodoch a kanalizáciách **Zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích a vyhláška č. 428/2001 Sb.**, ktorá zvýhodní budovy so zelenými strechami. Štát zvýhodní ich šetrný prístup k hospodáreniu s vodou. (MŽP, 2021)

Čo sa týka súčasného normatívneho prostredia v Českej republike u šedých vôd, tak môžeme využívať prebranú Európsku normu **ČSN EN 1694-2 Zařízení pro využití nepitné vody na místě - Část 2: Zařízení pro využití čišťené šedé vody** a normu **ČSN 75 6780 Využití šedých a srážkových vod v budovách a na přilehlých pozemcích**.

ČSN EN 1694-2 Zařízení pro využití nepitné vody na místě - Část 2: Zařízení pro využití čištěné šedé vody

Táto norma špecifikuje zásady pre projektovanie, dimenzovanie, inštaláciu, označovanie, uvádzanie do prevádzky a údržbu zariadení pre využitie šedej vody na mieste. Táto norma využíva sa v prvom rade pre využitie čistenej šedej vody pre: splachovanie toalety, zalievanie záhrad, pranie a upratovanie. Špecifikuje aj minimálne požiadavky na zariadenie pre využitie šedej vody.

ČSN 75 6780 Využití šedých a srážkových vod v budovách a na přilehlých pozemcích
Platí pre navrhovanie (projektovanie), montáž, skúšanie, prevádzku a údržbu zariadení pre využitie čistých šedých a/alebo zrážkových povrchových vôd v budovách a na príľahlých pozemkoch a je národným predpisom dopĺňujúcim ČSN EN 1694-1 a ČSN EN 1694-2.

Normy riešiace použitie recyklovanej vody

1. ČSN ISO 20468-1 až 7 (75 9020) Směrnice pro hodnocení účinnosti technologií čištění pro systémy k opětovnému využití vody – Část 1: Obecně
2. ČSN ISO 20761 (75 9021) Opětovné využití vody v městských oblastech - Směrnice pro hodnocení bezpečnosti opětovného využití vody - Hodnocené ukazatele a metody
3. ČSN ISO 20426 (75 9022) Směrnice pro posuzování a management zdravotních rizik pro opětovné využití vody k nepitným účelům
4. ISO 16075 Směrnice pro využití čištěných odpadních vod pro projekty závlah - Část 1: Základ projektu opětovného využití pro závlahy
5. WHO zverejnilo odporúčenie pre bezpečné využívanie odpadových vôd, exkrementov a šedých vôd (WHO 2006)
6. BS 8525-1:2010 Greywater systems. Code of practice
7. BS 8525-2:2011 Greywater systems. Domestic greywater treatment equipment. Requirements and test methods, NSF/ANSI 350-:2014 Onsite Residential and commercial water reuse treatment systems + návrh prEN 16941-2 On-site non-potable water systems – Part 2: System for the use of treated greywater (2017) (Asio čištění a úprava vod, 2021)

Primárne rieši nakladanie s vodami vodný zákon. Zrážková voda (povrchová voda vzniknutá zo zrážkovej vody) nie je jednoznačne v legislatíve vyriešená, no podlieha **Zákonu č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon) a Zákonu č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích a vyhláške č. 428/2001 Sb.**

Vodný zákon zahŕňa a rieši akumuláciu a využitie zrážkovej vody a to v **§ 6 odst.**

2) Povolenie alebo súhlas vodoprávneho úradu nie sú potrebné k zachytávaniu povrchových vôd jednoduchými zariadeniami na jednotlivých pozemkoch a stavbách alebo k zmene prirodzeného odtoku vôd za účelom ich ochrany pred škodlivými účinkami týchto vôd.

V prípade vsakovania zrážkovej vody, tak požiadavky v rámci realizácie stavieb alebo ich zmien, prípadne úpravy na pozemku sú v rámci povolovacích procesov týchto stavieb regulované stavebným zákon **Zákon č. 283/2021(183/2006) Sb. stavební zákon** a jeho doprevádzajúcimi predpismi **vyhláška 501/2006 Sb., o obecných požadavcích na využívání území a vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby.**

Zákon č. 254/2001 Sb. o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon) ve znění pozdějších předpisů v § 1 odst. 1):

- 1) Účelom tohto zákona je chrániť povrchové a podzemné vody, ako ohrozené a nenahraditeľné zložky životného prostredia a prírodného zdroja, stanoviť podmienky pre hospodárne využívanie vodných zdrojov, pre zachovanie vodných zdrojov a predísť stavu nedostatku vody a pre zachovanie i zlepšenie akosti povrchových a podzemných vôd, vytvoriť podmienky pre znižovanie nepriaznivých účinkov povodní a sucha a zaistiť bezpečnosť vodných diel v súlade s právom Európskych spoločenstiev. Účelom tohto zákona je tiež prispievať k zaisteniu zásobovania obyvateľstva pitnou vodou a k ochrane vodných ekosystémov a na nich priamo závislých suchozemských ekosystémov.

Ďalej sem spadá § 5 odst. 3, **Zákona č. 254/2001 Sb.**, ktorý je uvedený vyššie pri legislatíve týkajúcej sa zelených striech ako aj **vyhláška 501/2006 Sb., o obecných požiadavkách na využívaní území**. V tretej časti, hlava I, Požiadavky na vymedzovanie a využívanie pozemkov je v §20 odst. 5 písmeno, c) uvedené:

c) Hospodárenie so zrážkovými vodami a ich

- 1. akumuláciou s následným využitím, vsakovaním alebo výparom, pokiaľ to hydrogeologické pomery, veľkosť pozemku a jeho výhľadové využitie umožňujú a pokiaľ nie sú vsakovaním ohrozené okolité stavby alebo pozemky,*
- 2. odvádzaním do vôd povrchových prostredníctvom dažďovej kanalizácie, pokiaľ ich akumulácia s následným využitím, vsakovaním alebo výparom nie je možná, alebo*
- 3. regulovaným odvádzaním do jednotnej kanalizácie, ak nie je možné odvádzanie do vôd povrchových.*

Radíme sem aj §21 Pozemky stavieb pre bývanie a pre rodinnú rekreáciu odst. 3)

(3) Vsakovanie dažďových vôd na pozemkoch stavieb pre bývanie je splnené [§20 odst. 5 písm. c)], ak pomer výmery časti pozemku je schopný vsakovania dažďovej vody k celkovej výmere pozemku činí v prípade

- a) samostatne stojaceho rodinného domu u stavby pre rodinnú rekreáciu najmenej 0,4,*
- b) radového domu a bytového domu 0,3.*

Vyhláška č. 268/2009 Sb. Vyhláška o technických požiadavkách na stavby v § 6 odst. 4) uvádza:

(4) Stavby, z ktorých odtekajú povrchové vody, vzniknuté dopadom atmosférických zrážok (ďalej len „zrážkové vody“), musí byť zaistené ich odvádzanie, pokiaľ nie sú zrážkové vody zadržované pre ďalšie využitie. Znečistenie týchto vôd závadnými látkami alebo ich nadmernému množstvu sa rieši vhodnými technickými opatreniami. Odvádzanie zrážkových vôd sa zaisťuje prednostne vsakovaním. Ak nie je možné vsakovanie, zaisťuje sa ich odvádzanie do povrchových vôd; pokiaľ sa nedá zrážkové vody odvádzat' samostatne, odvádzajú sa jednotnou kanalizáciou.

Legislatíva v rámci nakladania s vodami v rámci intravilánu obce

TP 83 Technické podmienky, Odvodnenie pozemných komunikácií

Pri novostavbe pozemnej komunikácie a jej neskoršej prevádzky nesmie odvádzaná povrchová voda nepriaznivo ovplyvňovať kvalitu povrchových a podzemných vôd. V návrhu odvodnenia je potrebné vyriešiť bezpečné zachytenie a odvedenie zrážkovej vody do vhodného recipientu. Pri návrhu odvádzania vody je potrebné brať ohľad na zásady ochrany prírody a starostlivosti o krajinu. Pri dažďoch s veľkou intenzitou môže nárazový prítok povrchovej vody z pozemných komunikácií do recipientu podstatné škody. Preto je nutné zaistiť zadržanie alebo vsakovanie povrchovej vody pomocou rôznych stavebných úprav. Pri plánovaní odvodňovacích zariadení vo vnútri obce je potrebné rešpektovať o ďalšie urbanistické požiadavky.

3. Vody odvádzané z komunikácie

3.1 Klasifikácie vôd z odvodnenia

Neznečistené vody (neznečistené vody chladiace, kondenzované, podzemné, pramenité, zrážkové podľa 5.2.2. ČSN 75 6101 nie sú odpadovými vodami a odporúča sa ich povrchovo vsakovať (napríklad vegetačné trávnice, zelené plochy, priekopy), podzemne vsakovať (napríklad vsakovacími jímkami, ak vsakovanie nemá negatívny účinok (napríklad zvýšenie hladiny podzemnej vody) alebo odvieť samostatnou stokou priamo do vodného recipientu. Tým sa umožní zmenšiť prítok odpadových vôd, profily stokovej siete a v prípade nízkych teplôt týchto vôd zamedziť zhoršenie procesov čistenia odpadových vôd.

4.3 Stavby pre vsakovanie zrážkových vôd

Pri návrhu a realizácii objektov vsakovania je nutné dodržať zásady pre voľbu filtračných materiálov, tak aby boli zaistené požadované hydraulické charakteristiky. Taktiež je nutné pri návrhu zloženia vegetačného porastu prihliadnuť k možnostiam porastu podporovať filtračnú schopnosť objektu a odolať zmenám stupňa nasýtenia filtračného prostredia.

(TNV) Technická norma vodného hospodárství 75 9011

Rieši nakladanie so zrážkovými vodami hlavne na pozemku stavby (decentralizovaný spôsob odvodnenia), ale sú uvedené aj centrálné opatrenia, ktoré sú radené za opatrenia decentralne (reťazenie do série) tak , aby bol vytvorený filtračný systém prírode blízkeho odvodnenia. V tejto norme sú uvedené taktiež opatrenia pre zníženie (prípadne prevencie vzniku) zrážkového odtoku.

1.4 Zmena klímy

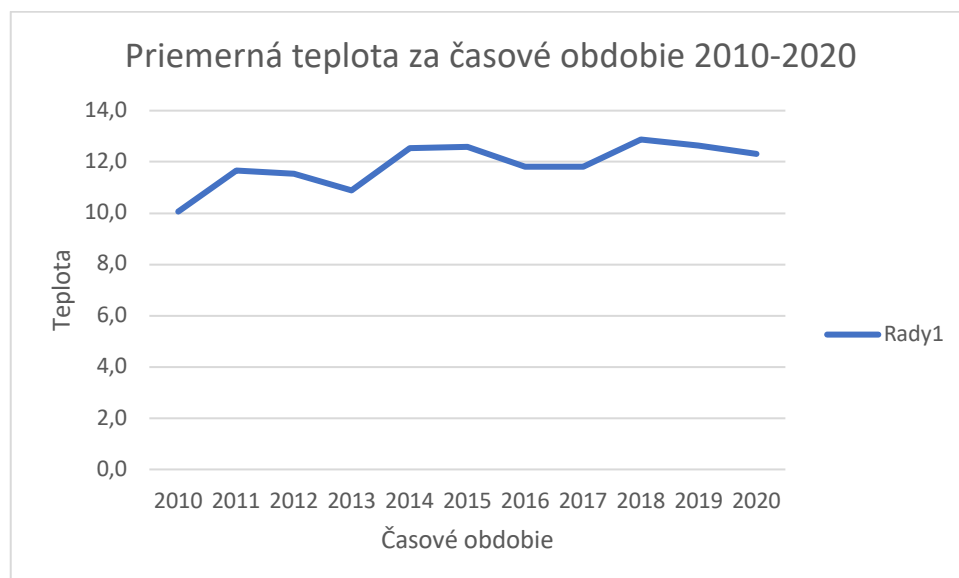
V súčasnosti je zmena klímy najviac sa skloňujúcou témou v spoločnosti. Je jednou z najdôležitejších tém environmentálnej politiky a to predovšetkým kvôli jej dopadom, dôsledkom a nutnosti reakcie. Klímu vnímame ako dlho trvajúci režim počasia a to so všetkými zvláštnosťami, premenlivosťami a pestrosťou, ktorými sa na určitom mieste prejavuje. Pri rozbore klímy je potrebné vychádzať z geografickej polohy územia v Európe a následne z nej vyplývajúcej príslušnosti ku klimatickej oblasti a pásmu. Zmena klímy ovplyvňuje celý svet. Meniaci sa klimatický systém sa prispôsobuje podmienkam hlavne formou globálneho otepľovania. Vedecké skúmania za posledné roky uvádzajú, že nárast koncentrácie skleníkových plynov sú vyvolávané hlavne ľudskou činnosťou, čím sa ovplyvňuje aj klimatický systém, no podiel ľudskej činnosti nie je možné vyčíslieť pretože klimatický systém je veľmi zložitým nelineárnym systémom, v ktorom sú prebiehajúce procesy vzájomne prepojené zložitými väzbami (napríklad hydrologický cyklus). Ako bolo vyššie uvedené klimatický systém sa vďaka rýchlemu nárastu koncentrácií skleníkových

plynov prispôsobuje a to otepľovaním planéty ako aj ďalšími zmenami celého systému, ktoré k tomu vedú. Globálne otepľovanie prináša množstvo negatívnych dopadov na životné prostredie a fungovanie ekosystému, vrátane dopadov na jednotlivé oblasti životného prostredia ako je lesné hospodárstvo, vodné hospodárstvo, poľnohospodárstvo, zvyšovanie hladín oceánov a morí a ďalších zložiek. Extrémnymi klimatickými prejavmi sú napríklad sucha a povodne, ktoré sú jednými z množstva dôsledkov a v súčasnosti je o túto problematiku zvýšený záujem. Vedci predpokladajú, že množstvo problémov spojených so zmenou klímy bude ovplyvnené negatívnym spôsobom. Klimatické zmeny sa netýkajú iba jedného územia, ale je to globálny problém, ktorý je potrebné riešiť na medzinárodnej úrovni. (ČHMI, 2021, SHMÚ 2021)

1.4.1 História zmeny klímy v Českej republike

Zmena klímy v Českej republike (ČR) prebieha vzájomne so zmenou klímy v Európe. Medzi hlavné klimatologické charakteristiky, ktoré najviac podliehajú prebiehajúcim zmenám klimatického systému a o ktorých máme najviac informácií sú teplota a zrážky. Tieto dve hlavné charakteristiky nám slúžia ako základné indikátory klimatickej zmeny. Vývoj zmien klímy bol a je monitorovaný na monitorovacích staniciach a jednou z nich je stanica Praha – Klementinum, kde je možné pozorovať dlhodobý teplotný vývoj na území ČR. Z dát, ktoré boli zaznamenané je jednoznačné, že teplota začala významne narastať už od začiatku osemdesiatych rokov minulého storočia. Tento nárast je možné pozorovať aj z porovnania troch posledných päťdesiatročných období, kde v rozpätí rokov 1861-1910 bola priemerná teplota 9,1°C, v rokoch 1911-1960 – 9,6°C a v rokoch 1961-2010 sa teplota zvýšila na 10,4°C. Hodnoty priemerných teplôt za tieto obdobia 1861-1910 môžete vidieť v prílohe č.1, za obdobie 1910-1960 v prílohe č. 2. a obdobie 1961-2010 v prílohe č.3. Na obrázku č.1 sú znázornené priemerné hodnoty teplôt od roku 2010 – 2020, kde je možné vidieť ako teploty za posledných 10 rokov extrémne stúpajú. (CHMI, 2021)

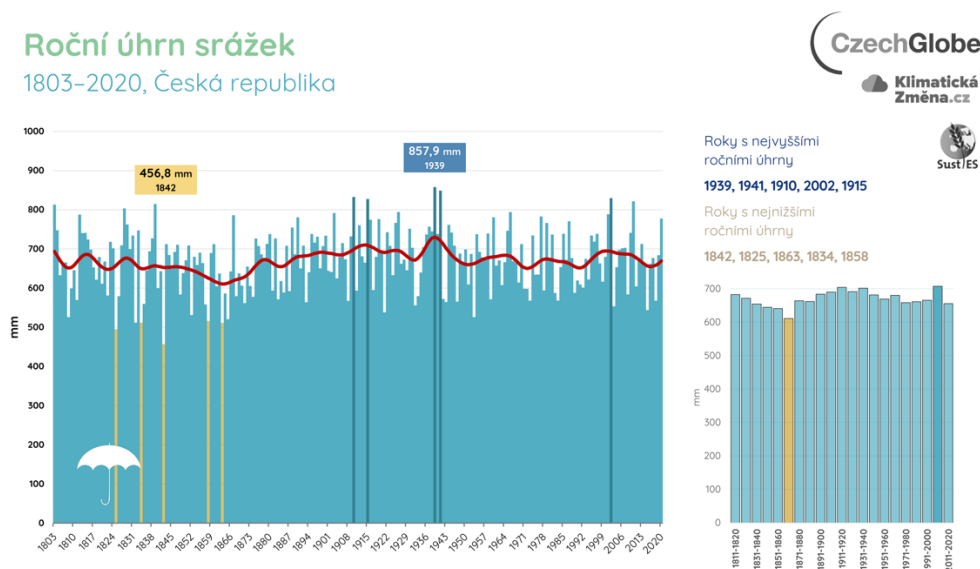
Obrázok 1 Graf s vyobrazením priemernej teploty za obdobie 2010 – 2020 (ČHMI, 2021; upravil autor práce, 2021)



Čo sa týka zrážok, tak dlhodobý vývoj pomeru zrážok sa vyznačuje medziročnou premenlivosťou úhrnu zrážok. Na obrázku č. 2 je vyobrazený priemerný ročný úhrn zrážok v priebehu rokov 1803-2020, vidno, že nedochádza k výraznej zmene a nie je ani pozorovaný štatisticky významný dlhodobý trend. Krátkodobo v niektorých obdobiach môžeme pozorovať

významný trend, no niekedy je stúpajúci a inokedy klesajúci, no dlhodobo sa priemerný úhrn nemení. Neznamená to však, že k nijakým zmenám v priebehu zrážok dlhodobo nedochádza. Celkový úhrn zrážok však nedokazuje nič o distribúcii zrážok počas roka, napríklad o tom, či zrážky spadli počas niekoľkých zrážkovo veľmi intenzívnych epizód, či počas dlhodobo menej intenzívnych dažďov. (CHMI, 2021; klimatickazmena.cz, 2022)

Obrázok 2 Graf znázorňuje ročný úhrn zrážok od roku 1803-2020 (www.klimatickazmena.cz, 2022)



V posledných dvoch desaťročiach sa oproti štandardnému obdobiu priemerná ročná teplota zvýšila o 0,8°C. Výkyvy priemerných teplôt sú výraznejšie v zimných mesiacoch, v letných sú naopak nižšie. (ČHMI, 2022)

So zmenami teplôt dochádza aj k postupnému nárastu priemerného počtu dní s vysokou teplotou a k poklesu priemerného počtu dní s nízkou teplotou. To sa samozrejme odzrkadľuje na priemernom počte letných dní počas roka na celom území Českej republiky, ktorý sa zvýšil o 13 oproti štandardu, tropické dni o 6 a na druhej strane došlo k poklesu priemerného počtu mrazových dní o 8 a ľadových o 3 dni. Do úvahy však musíme brať, že štatisticky významné sú zmeny maximálnych denných teplôt, počet dní s extrémnou teplotou a striedanie extrémne teplého alebo chladného obdobia prevažne v letnom čase. (ČHMI, 2022)

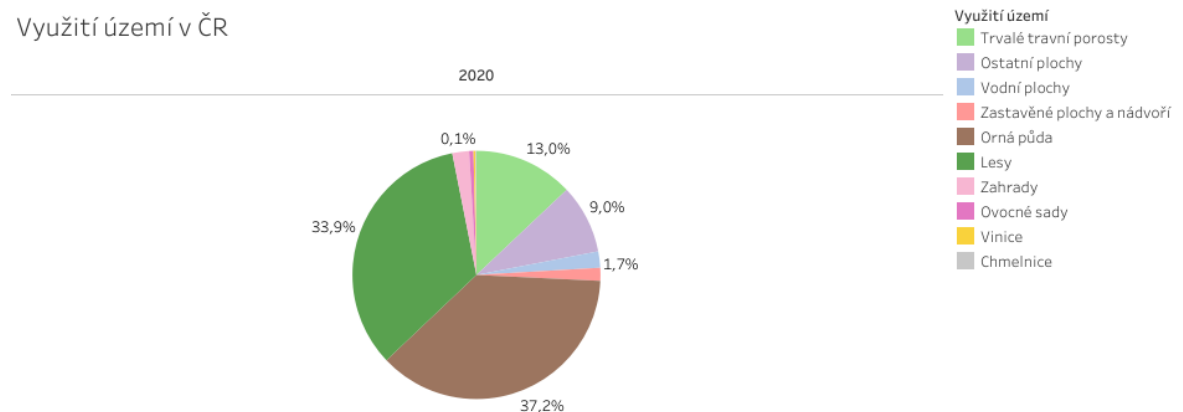
1.4.2 Spevnené plochy

Je dôležité spomenúť zastavené územia a ostatné plochy. V ČR sa denne zastavia približne 14ha pozemkov, čo znamená, že dochádza vo väčšine prípadov k odstráneniu zelene a plochy sa nejakým spôsobom alebo čiastočne neprepustia. Všetky následky takého spevnenia ako menej zelene, väčší povrchový odtok a nebezpečenstvo vzniku tepelných ostrovov ide v súčasnosti proti všetkým trendom boja proti zmene klímy a v snahe riešenia tepelnej pohody v mestách. Zastavaná plocha a nádvorie sa podľa stavebného zákona č.183/2006 Sb. rozumie *plocha pozemku, ktorá je súčtom zastavaných plôch jednotlivých stavieb. Zastavenou plochou stavby sa rozumie plocha ohraničená pravouhlými priemetmi vonkajšieho líca obvodových konštrukcii všetkých nadzemných i podzemných podlaží do vodorovnej roviny. Plochy lodžii a arkierov sa tiež započítavajú. Pri poloodkrytých objektoch sa vymedzuje zastavaná plocha obalovými čiarami vedenými vonkajšími lícami zvislých konštrukcii do vodorovnej roviny. U nezastrešených stavieb alebo ich častí bez obvodových zvislých konštrukcii je zastavená*

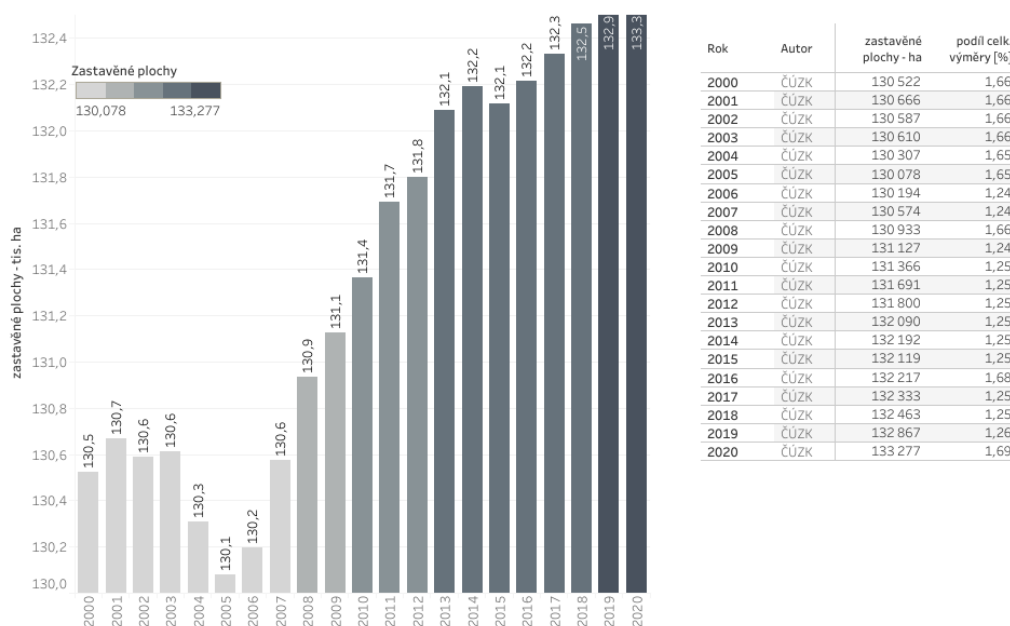
plocha vymedzené pravouhlými priemetmi strešnej konštrukcie do vodorovnej roviny. Zastavané plochy tvoria pozemky, na ktorých sú postavené budovy a nádvorja patriace k obytným, hospodárskym alebo priemyselným budovám ako ich príslušenstvo. Medzi ostatné plochy tak patria všetky ostatné pozemky určené ako skladiskové alebo dielenské priestory, ďalej stavebné miesta ak slúžia k iným účelom a nie je možné ich poľnohospodársky využiť, ďalej pozemky určené k doprave alebo k telekomunikáciám, ako aj štátne prírodné rezervácie alebo iné chránené územia, areály kultúrnych pamiatok ... Ako zastavené plochy tak aj ostatné sa v prevažnej väčšine týkajú činností výhradne spojených s urbanizáciou a s intenzívnou poľnohospodárskou činnosťou. Tieto plochy sú sústredované jednoznačne do oblastí, v ktorých došlo k najvýznamnejšej premene pôvodnej krajiny. Zväčša sa jedná o negatívne prejavy ľudského ovplyvňovania a pretvárania krajiny s výnimkou plôch parkov, prírodných parkov a chránených území.

Na obrázku č. 3 je znázornené využitie pozemku v ČR za rok 2020, kde je možné vidieť akú časť pokrýva zastavaná a ostatná plocha. Zastavaná plocha tvorí 1,7% čiže 133 277 ha z celkovej výmery ČR a ostatná plocha 9%, čo predstavuje 709 044 ha. Na ďalšom obrázku č. 4 môžeme sledovať postupný vývoj zastavaných plôch v ČR od roku 2020, kde je viditeľné, že pri náraste urbanizácie dochádza aj k postupnému nárastu zastavaných plôch. (Radek Líška, 2018; czso.cz, 2022; Cenia, 2020)

Obrázok 3 Využitie územia podľa druhu pozemku (<https://issar.cenia.cz/>, 2020)



Obrázok 4 Vývoj zastavaných plôch v časovom období 2000-2020 (<https://issar.cenia.cz/>)

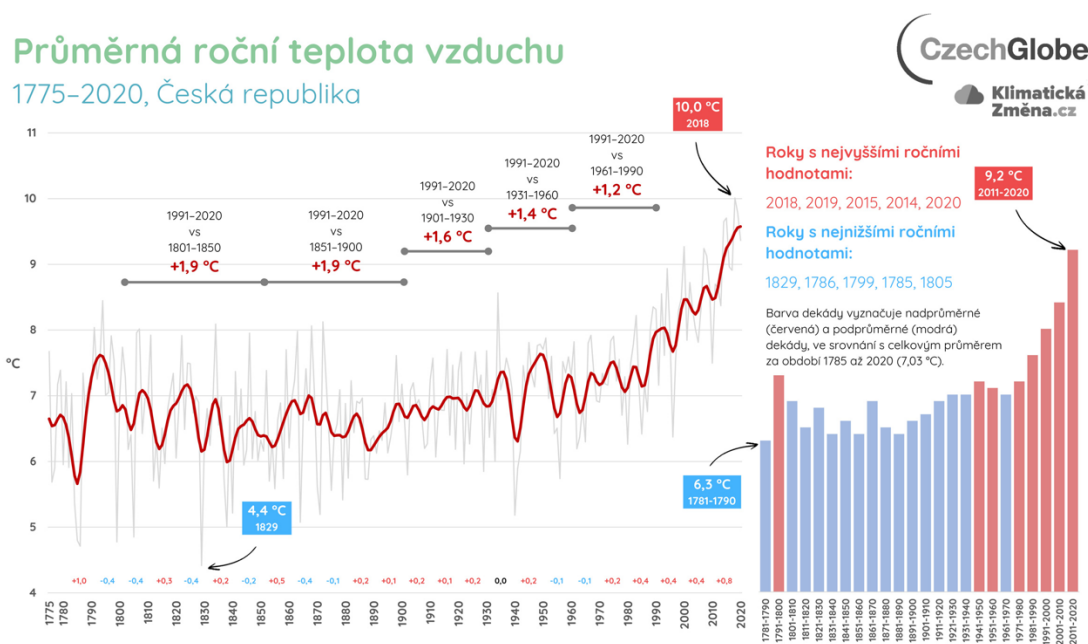


1.4.3 Súčasný vývoj klímy v Česku, na Slovensku a vo svete

Český klimatológ Pavel Zahradníček zhodnotil súčasný vývoj klímy v rozhovore pre Hospodárske noviny Science (HN Science) uviedol: „ Je pravdepodobnosť, že by sa klíma mohla zmeniť (jeden z horších scenárov) a mohla by sa posunúť až na oblasti severného Talianska, Sicílie, či severného Grécka. Avšak nemusíme počítať s tropickými teplotami ako na Sicílii, no teplota vzduchu od 80. rokov 20. storočia až do teraz rastie a zvyšuje sa. Intenzita otepľovania sa zvyšuje. Každé desaťročie sa otepľovalo o 0,2 – 0,4 stupňa, avšak posledné desaťročie sa dokonca otepľuje o 0,8 stupňov to znamená až zdvojnásobenie otepľovania. Ak by sa potvrdil rýchly trend otepľovania, tak by to nemalo dobrý záver. Roky 2015-2020 boli najteplejšie roky za posledných 250 rokov, ktoré sú zdokumentované. Môžeme pozorovať aj výkyvy počasia. Tento rok môžeme tvrdiť, že leto bolo priemerné, v ČR pravdepodobne mierne teplejšie a spadlo viac zrážok oproti rokom 2015-2018, kedy bolo extrémne sucho. Pribúda aj teplotných rekordov a to dokazuje klimatickú zmenu, extrémnosť zmeny. Je to spôsobené príchodom teplej vlny, ktorá je intenzívnejšia a tým sa nám otepľuje ako deň tak aj noc, čo ma za následok aj dopad na ľudské zdravie. (Lucia Ležečovičová, 2021)

Obrázok č.5. bol prezentovaný pánom Zahradníčkom na tlačovej konferencii k príležitosti vydania šiestej hodnotiacej správy Medzivládneho panelu pre zmenu klímy (IPCC), na základe ktorého s ním bol vedený aj rozhovor pre HN Science k danej problematike. Na tomto obrázku môžeme pozorovať nárast priemernej ročnej teploty vzduchu, ktorý je znázornený od roku 1775-2020 a tiež roky s najvyššími ročnými hodnotami. Vidíme, že vývoj klímy je variabilný a striedajú sa teplé a chladné roky. Od 20. storočia nám teplota výrazne rastie. A ako bolo prezentované na tlačovej konferencii, tak aj v rozhovore môžeme pozorovať posledných 5 najteplejších rokov, dokonca aj rok 2020 napriek chladnejšiemu počasiu patrí medzi 5. najteplejší rok v rámci ČR. (Jan Klika, 2021)

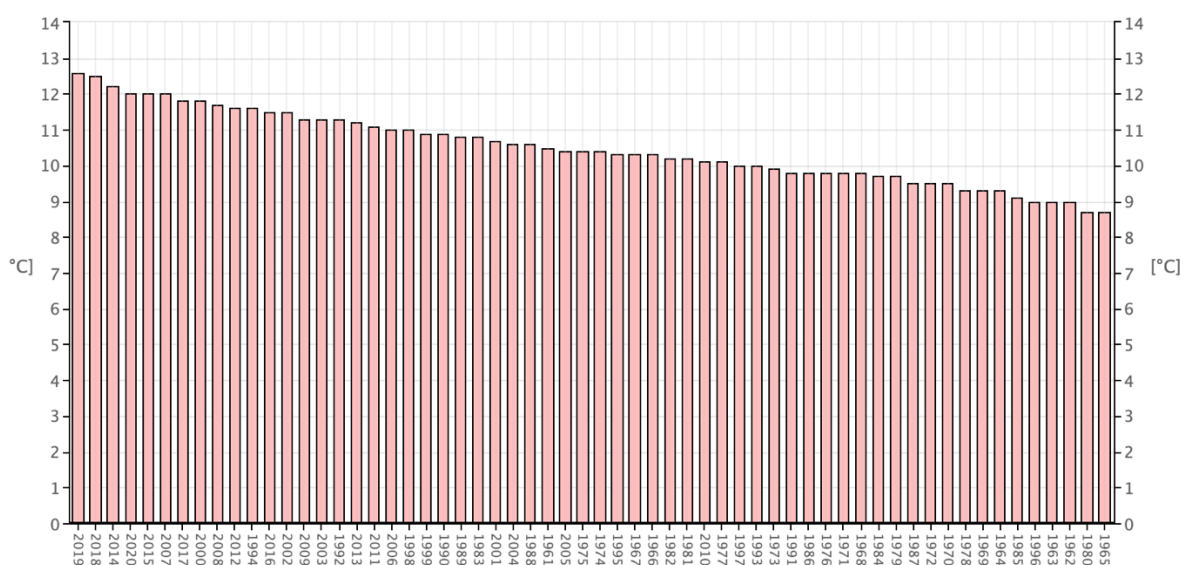
Obrázok 5 Graf s priemernou ročnou teplotou vzduchu v ČR od roku 1775-2020 (www.klimatickazmena.cz, 2022)



Podobne ako v ČR tak aj na Slovensku dochádza k nárastu priemernej ročnej teploty vzduchu. Za posledných 100 rokov je to nárast o 1,1°C, ktorý je pozorovaný z observatória v Hurbanove. Od začiatku deväťdesiatych rokov bolo zaznamenaných 12 najteplejších rokov. Samozrejme došlo aj k zníženiu atmosférických zrážok v priemere o 5,6%. Zaznamenáva sa aj pokles relatívnej vlhkosti vzduchu, ako aj snehovej pokrývky na celom území Slovenska. Na obrázku č.6 je znázornený graf s vývojom priemernej ročnej teploty od roku 1960-2020, kde je možné pozorovať variabilitu teploty a jej postupný nárast. (SHMÚ, 2021)

Čo sa týka zrážok, tak priemerný ročný úhrn zrážok na Slovensku sa pohybuje od menej ako 500 mm do približne 2000 mm, záleží od oblasti. V niektorých častiach Slovenska pozorujeme pokles ročných úhrnov zrážok (hlavne južná časť), naopak v severných a severovýchodných častiach je pozorovaný nárast úhrnov. Tiež sa nedá nespomenúť narastajúca disproporcja nielen medzi rokmi, ale i v rámci sezónnych vývojov v priebehu zrážkových úhrnov (striedanie extrémne suchého obdobia s mimoriadnymi zrážkovými udalosťami). Za posledných 20 rokov dochádzalo k striedaniu najsuchších rokov s bohatými na zrážky. Je jasné, že Slovensko a ČR majú podobný vývoj zrážok. (SHMÚ, 2021)

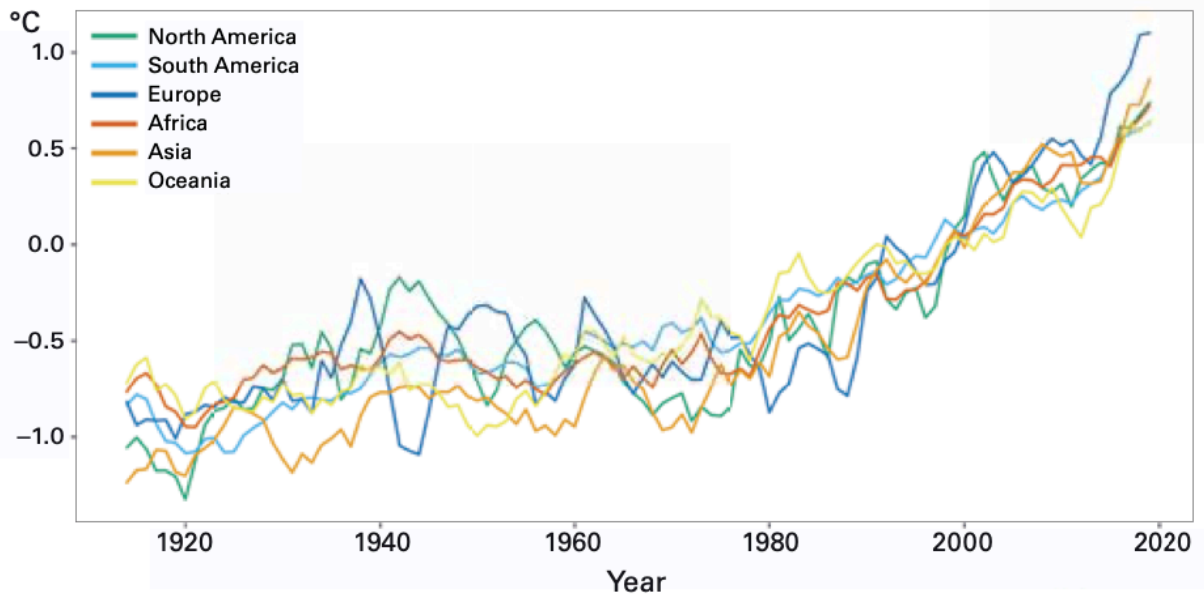
Obrázok 6 Priemerné ročné teploty Slovenska od roku 1960-2020 meracia stanica Bratislava -letisko (www.shmu.sk, 2021)



Podľa šiestej správy Medzivládneho panelu o zmene klímy (IPCC), ktorá bola zverejnená 9.8.2021 vedci pozorujú zmeny klímy Zeme v každom regióne a v celom klimatickom systéme. Mnohé zmeny, ktoré trvajú stovky tisíc rokov sú bezpredmetné, ale niektoré zo zmien, ktoré sa dali do pohybu ako napríklad pokračujúce zvyšovanie hladín morí sú v priebehu stoviek až tisíc rokov nezvratné. Táto správa tiež poskytuje odhady šancí prekročenia úrovne globálneho otepľovania o $1,5^{\circ}\text{C}$ v nasledujúcich desaťročiach sa konštatuje, že pokiaľ nedôjde k okamžitému, rýchlemu a rozsiahlemu zníženiu emisií skleníkových plynov, tak obmedzenie otepľovania na takmer $1,5^{\circ}\text{C}$ alebo dokonca 2°C v tom prípade budú mimo dosahu. V správe sa tiež uvádza, že emisie skleníkových plynov z ľudskej činnosti sú zodpovedné za približne $1,1^{\circ}\text{C}$ otepľovania a to od roku 1850-1900 a konštatuje, že v priemere počas ďalších 20 nasledujúcich rokov sa očakáva, že globálna teplota prekročí $1,5^{\circ}\text{C}$ otepľovania. Ako je vyššie uvedené, tak klimatické zmeny sa v ďalších rokoch zvýšia a to vo všetkých oblastiach. Pri $1,5^{\circ}\text{C}$ globálneho otepľovania budú narastať vlny horúčav, dlhšie teplé sezóny a kratšie chladné obdobia. Správa tiež uvádza, že pri teplote 2°C by extrémne teploty častejšie dosahovali kritické prahy tolerance pre poľnohospodárstvo a hlavne ľudské zdravie. World Meteorological organization (WMO) vydalo zbierku pod názvom The global climate in 2015 -2019, kde hodnotia vývoj klímy v 5 - ročných cykloch. V tejto zbierke sú detailne popísané zmeny klímy od roku 2015 do roku 2019, ktoré boli namerané niekoľkými inštitúciami po celom svete. V tomto období bolo zaznamenané zvýšenie emisií oxidu uhličitého ako aj koncentrácie CO_2 v atmosfére ako aj zaznamenané najteplejšie obdobie v globálnom meradle s nárastom teploty o $1,1^{\circ}\text{C}$. Čo sa týka zrážok tak tie sa v niektorých oblastiach zvýšili a v iných klesli. Nižšie na obrázku č.8 môžeme vidieť 5 - ročný priemer teplotných anomálií v priemere na roky v kontinentálnom meradle od roku 1910 do roku 2019 pre Severnú a Južnú Ameriku, Európu, Afriku, Áziu a Oceániu. Priemerné teploty typicky vykazujú variabilitu, ako je globálny priemer, napriek tomu boli päť ročné priemerné teploty za roky 2015-2019 pre každý kontinent nominálne teplejšie ako ktorékoľvek päťročné obdobia pred rokom 2015. Obrázok č.7 teda zobrazuje mapu teplotných anomálií pre roky 2015-2019 v pomere k dlhodobému priemeru pre roky 1981-2010. Čo sa týka zrážok tak priemerné úhrny zrážok boli v poslednom období vyššie vo veľkých regiónoch a to na juhu Južnej a Severnej Ameriky, vo východnej Európe, v častiach tropickej Afriky a vo väčšine Ázie. Naopak vo veľkých častiach Európy, v niektorých častiach

tropickej a južnej Afriky, Strednej Ameriky a Karibiku ako aj vo veľkej časti Južnej Ameriky v oblastiach indického monzónu bolo zrážok menej. (World Meteorological Organization, 2020; Peter Siegmund a kol. 2020; IPCC, 2021)

Obrázok 7 5 - ročný priemer teplotných anomálií v priemere na roky v kontinentálnom meradle od roku 1910 do roku 2019 pre Severnú a Južnú Ameriku, Európu, Afriku, Áziu a Océániu. (www.wmo.int, 2020)



1.4.4 Dôsledky zmeny klímy

Zmeny klímy ovplyvňujú celý svet, či už je to roztápanie polárnych ľadovcov, v niektorých oblastiach stúpanie hladiny mora alebo ako extrémne výkyvy počasia a zrážok, ku ktorým dochádza častejšie, zatiaľ čo v iných zažívajú viac extrémnych horúčav a suchá. V budúcich desaťročiach sa očakáva, že dôjde k zvýšeniu intenzity týchto vplyvov. K ďalším rozsiahlym a globálnym environmentálnym nebezpečenstvám patrí aj úbytok stratosférického ozónu, strata biodiverzity, zmeny v hydrologických systémoch a zásobovanie pitnou vodou, či degradácia pôdy a napätie v systémoch produkujúcich potraviny. (WHO, 2003, Európska komisia, 2020)

Dôsledky klimatických zmien:

Klimatické zmeny zintenzívňujú kolobeh vody. To prináša intenzívnejšie zrážky a s nimi súvisiace záplavy, ako aj intenzívnejšie sucha v mnohých oblastiach.

Klimatické zmeny ovplyvňujú zrážky. Vo vysokých zemepisných šírkach sa zrážky pravdepodobne zvýšia, pričom sa predpokladá, že vo veľkých častiach subtróпов budú klesať. Očakávajú sa zmeny monzónových zrážok, ktoré sa budú líšiť podľa regiónov.

V pobrežných oblastiach bude 21. storočie pokračovať v zvyšovaní hladiny mora, čo prispeje k častejším a závažnejším záplavám pobrežia v nízko položených oblastiach a erózii pobrežia. K extrémnym udalostiam na hladine mora, ktoré sa predtým vyskytli raz za 100 rokov, môže dôjsť každý rok do konca tohto storočia.

Ďalšie otepľovanie zvýši rozmrazovanie permafrostu a stratu sezónnej snehovej pokrývky, topenie ľadu a ľadovcov a stratu letného arktického morského ľadu.

Zmeny v oceáne, vrátane otepľovania, častejších morských horúčav, okysľovania oceánov a znížených hladín kyslíka, sú jednoznačne spojené s ľudským vplyvom. Tieto zmeny ovplyvňujú oceánske ekosystémy aj ľudí, ktorí sa na ne spoliehajú a budú pokračovať prinajmenšom po zvyšok tohto storočia.

Pokiaľ ide o mestá, niektoré aspekty zmeny klímy môžu byť zosilnené, vrátane horúčav (pretože mestské oblasti sú zvyčajne teplejšie ako ich okolie), záplav v dôsledku silných zrážok a nárastu hladiny mora v pobrežných mestách. (IPPC, 2021)

Následky pre Európu:

- Južná a stredná Európa – častejšie vlny horúčav, lesné požiare a suchá.
- Oblasť Stredozemia – stáva sa viac suchšou, a preto je viac vystavená suchá a požiarom.
- Severná Európa – dochádza k výraznému zvýšeniu vlhkosti, čo by mohlo mať za následok zvýšenie výskytu záplav v zimnom období.
- Mestské oblasti – tie sú vystavené horúčavam alebo záplavám, či stúpajúcej hladine morí. Bohužiaľ sú častokrát nie veľmi dobre vybavené na prispôbenie sa zmenám klímy.

Riziká pre ľudské zdravie:

V súčasnosti už dochádza k pôsobeniu zmeny klímy na ľudské zdravie:

- v niektorých oblastiach dochádza k navýšeniu úmrtnosti v dôsledku horúčav a iných k zvýšeniu počtu v dôsledku chladu
- momentálne sú pozorované zmeny aj vo výskyte chorôb, ktoré sú prenášané vodou alebo zvýšený výskyt prenášačov chorôb.

Riziká pre voľne žijúce živočíchy a rastliny:

Klíma sa mení veľmi rýchlo, až tak, že množstvo rastlín a živočíchov sa s tým len ťažko vyrovnáva. Veľa suchozemských, sladkovodných a morských druhov sa presťahovalo do nových oblastí. Naopak niektoré rastlinné a živočíšne druhy budú vystavené zvýšenému riziku vyhynutia a to v prípade, že bude dochádzať k nárastu priemernej celosvetovej teploty, ktorá sa nebude kontrolovať. (Európska komisia, 2020)

1.5 Hospodárenie s vodou

V prírode sa voda pohybuje v kolobehu, ktorého súčasťou sú pitná, znečistená ale aj použitá voda. Spôsoby zachádzania s použitou vodou, tak priamo ovplyvňujú aj kvalitu a množstvo pitnej vody. Zvýšený tlak na vodné zdroje s cieľom uspokojiť požiadavky rastúcej populácie posúva systémy na ich limity. Aspekty, ako sú zníženie dostupnosti vody z povrchových a podzemných zdrojov, pokračujúci rast populácie a klimatická zmena, ktorá zvyšuje počet prípadov sucha prispievajú k zintenzívneniu obáv z dostupnosti vody. Tieto hrozby spôsobujú, že je nevyhnutné prispôsobiť vodné hospodárstvo a správu súčasným a meniacim sa sociálnym a environmentálnym podmienkam. To znamená, že je dôležité správne hospodárenie, ochrana a opätovné využívanie odpadových vôd. (Šálek a kol. 2012; Oviedo-Ocaña ER a kol. 2018)

1.5.1 Spotreba vody

V nasledujúcich rokoch sa má vodný stres zhoršiť, pretože sa očakáva výrazné zvýšenie spotreby vody spôsobené klimatickou zmenou. Ako je vyššie spomenuté tak vodný stres je v súčasnosti realitou v mnohých častiach sveta. V Európskej únii (EÚ) je nedostatkom vody postihnutých 17% územia a 11% obyvateľstva. V stredomorskej oblasti žije viac než 20% populácie v neustálom vodnom strese a v lete toto percento dosahuje 50%, ako je to definované indexom využívania vody Európskou environmentálnou agentúrou. Klimatické podmienky a dopyt po vode sú jednými z najdôležitejších faktorov, ktoré vyvolávajú stres z nedostatku vody. Tento tlak má za následok zhoršovanie zdrojov sladkej vody, ak ide o zásobu (spôsobené suchom alebo vysokým využívaním) a kvalitu (eutrofizácia a znečistenie). Priemerné množstvo vody spotrebovanej na osobu v domácnostiach môžu ovplyvniť faktory ako typ bývania, klíma alebo zvyky. V tabuľke príloha č. 4 môžeme pozorovať rozdiel v spotrebe vody na osobu za deň. Môžeme vidieť, že 4 krajiny prekračujú priemer 150 l/deň a Švajčiarsko sa vyznačuje najvyššou spotrebou až 300 l/deň, čo je oproti Slovensku s najnižšou spotrebou 79 l/deň vysoká spotreba vody. V rámci hlavného mesta Praha bola priemerná spotreba vody na osobu v roku 2020 vyššia a to 112 l/deň, než priemerná hodnota ČR 89,2, v tabuľke č. 1 môžeme vidieť orientačné hodnoty spotreby vody za deň v domácnosti. (Európska environmentálna agentúra, 2018; Pražské vodovody a kanalizácie, 2021; Oviedo-Ocaña ER a kol. 2018; EUREAU, 2021; smartwatermagazine.com, 2021)

Tabuľka 1 Orientačné hodnoty spotreby vody v domácnosti za deň (l/d) (www.pvk.cz, 2021)

	Priemerné denné hodnoty (l)
Osobná hygiena	40
Umývanie rúk	6
Toaleta	26
Príprava jedla/umývanie riadu	10
Pitie	2
Upratovanie, pranie	18
Závlaha	5
Ostatné	5
Spolu	112

1.5.2 Náklady spojené so spotrebou vody (vodné a stočné)

Priemerná cena vody pre domácnosť v Európe je veľmi variabilná. Najvyššiu cenu za vodu má Dánsko a to 9,32€ / m³, za ním nasleduje Nórsko s 7,8€ / m³. Veľká Británia sa pohybuje v strede s priemernou cenou 3,5€ / m³ a medzi krajiny s najlacnejšou vodou patrí Grécko s 1,23€ / m³ a Bulharsko s 1,07€ / m³. Prehľad jednotlivých cien môžeme vidieť v prílohe č.4. Veľmi citlivou témou v spoločnosti je vodné a stočné a to predovšetkým z toho dôvodu, že voda je základom života a týka sa každého jedného človeka. Kvalita vody a obavy o jej dostupnosti na základe diskusie laickej alebo odbornej verejnosti smerujú k názoru, že voda je všeobecne drahá. Bohužiaľ o niečo menej sa hovorí, že vodné a stočné je úplatok nie len za samotnú vodu, ale aj za služby s jej úpravou a dodaním až do miesta bydliska, vrátane odvedenia odpadových vôd a ich vyčistenie na požadovanú úroveň. V ČR za rok 2021 cena vody za rok činí 101,59 Kč/ m³, z toho cena za vodné je 54,77 Kč/ m³ a stočné 46,82 Kč/ m³. Cena vody je cenou vecne usmerňovanou a je daná podľa stanovených pravidiel uvedených v Cenovom vestníku Ministerstva financií ČR. Všetci dodávatelia sa musia riadiť týmto vestníkom pri stanovovaní ceny vodného a stočného, to znamená že si môžu započítať pri kalkulácii ceny iba oprávnené náklady a primeraný zisk. Cena sa tvorí na základe jednoduchej rovnice pre výpočet ceny vody:

$$\text{Cena vody} = \text{oprávnené náklady} + \text{primeraný zisk} + \text{DPH}$$

V prílohe č.5 môžete vidieť vývoj cien vodného a stočného v ČR od roku 2008. Ako môžete vidieť tak dochádzalo k postupnému zvyšovaniu cien a to aj vďaka zvýšenej spotrebe vody. Je evidentné, že v Prahe je vyššia spotreba vody zapríčinená turizmom a samozrejme vyššou ekonomickou činnosťou. V Prahe za rok 2020 vzrástla cena vody o 7,9%, tento nárast ceny je spôsobený najmä veľkým prepadom fakturovaných objemov, na ktoré sa rozpočítavajú regulované náklady. Pokles spotreby vody postihol Prahu za rok 2020 najviac z celej ČR v dôsledku krízy COVID-19, ktorá spôsobila pokles turistov, zavretie škôl, hotelov, reštaurácií, atď. čo viedlo k poklesom dochádzajúcich študentov aj pracujúcich a to malo za následok ovplyvnenie ekonomickej aktivity a predovšetkým spotrebu vody avšak to nijako neovplyvnilo nárast cien vody. Ďalší vplyv na nárast ceny bude mať prevádzka úpravy vody v Podolí, ktorá bude v roku 2021 po rekonštrukcii. (Pražské vodovody a kanalizácie, 2021, Sloupová, 2021; Hospodka, 2020)

1.5.3 Druhy odpadových vôd

Vo všeobecnosti je pre odpadovú vodu charakteristické zhoršenie kvality a to hlavne pôsobením ľudskej a inej činnosti. Podľa zákona Zákon č. 254/2001 Sb. sú to vody, ktoré sú použité v obytných, priemyselných, poľnohospodárskych, zdravotníckych a iných stavbách, zariadeniach alebo dopravných prostriedkoch, pokiaľ majú po použití zmenenú akosť (teplotu alebo zloženie) a ich zmesi so zrážkovými vodami. Odpadové vody obsahujú veľký počet kontaminantov ako sú farbivá, povrchovo aktívne látky, ťažké kovy, lieky, výrobky osobnej starostlivosti a baktérie. Existuje mnoho ošetrovaní na odstránenie kontaminantov prítomných v odpadových vodách, ale prípadnému opätovnému použitiu upravenej vody sa venuje stále malá pozornosť. V EÚ sa napríklad ročne vyrobí 40 000 miliónov m³ upravených odpadových vôd a z toho iba 964 miliónov m³ sa znova použijú. (Šálek a kol. 2012, Zákon č. 254/2001 Sb.)

Existuje niekoľko druhov odpadových vôd a medzi ne patria:

- odpadové vody z domácností – použitá voda z domov a bytov,
- priemyselné odpadové vody – voda z výrobných procesov,

- dažďové (zrážkové) vody – odtok zrážok zhromažďujúci sa v systéme potrubia. (Šálek a kol. 2012, Zákon č. 254/2001 Sb.)

1.5.4 Odpadová voda z domácnosti

Odpadová voda z domácností je o niečo viac ako 99,9% hmotnosti vody. Zvyšok a to menej ako 0,1% obsahuje široké spektrum rozpustených a suspendovaných nečistôt. Napriek tomu, že sa jedná o veľmi malý hmotnostný zlomok odpadových vôd, povaha týchto nečistôt a veľké objemy odpadových vôd, v ktorých sú odvádzané spôsobujú, že likvidácia domácich odpadových vôd je významným technickým problémom.

Odpadovú vodu z domácnosti môžeme ďalej deliť na:

- čierne vody – voda z WC, čiže fekálie, moč, toaletný papier a splachovacia voda
- šedé vody – voda pochádzajúca zo sprchy, práčky, umývadiel, drezu a umývačky riadu

Čierne vody

Ako bolo vyššie spomenuté, tak sa jedná hlavne o vody z WC. Čierne vody sa ďalej delia na vody žlté (moč) a hnedé (fekálie). Pri klasickom odvádzaní vôd z toaliet (hnedé aj žlté) získavame teda vody čierne. Ak by sme dokázali čierne vody zadržať oddelene od ostatných, to znamená, že by boli veľmi málo zriedené, tak by sme ich mohli premeniť na prírodné hnojivo, ktorým by sa dali nahradiť syntetické produkty.

Hnedé vody

Za hnedé vody sa považujú fekálie, ktoré obsahujú hlavne uhlík, menej fosforu a draslíka, no tiež väčšie množstvo železa, vápnika a horčíka. Odhaduje sa, že jeden človek ročne vyprodukuje okolo 50 l fekálií.

Žlté vody

Jedná sa o moč, ktorý sa skladá z vodného roztoku metabolických odpadov, predovšetkým močoviny, rozpustných solí, hlavne chloridu sodného a iných organických látok. Žlté vody, tiež obsahujú nutrienty a to dusík (N), draslík (K), fosfor (P), bór, síru a ďalšie prvky. V závislosti na strave sa líši aj ich skutočný obsah. Moč sa vo všeobecnosti berie ako dobre vyvážené hnojivo s podobným pomerom živín ako je vyrábané priemyslové hnojivo NPK. V priemere človek vyprodukuje ročne približne 500 l moču.

Šedé vody

Podľa britskej normy BS 8525-1 sú to vody, ktoré neobsahujú fekálie a moč, a sú produkované hlavne v kúpeľni a to zo sprch, umývadiel, práčok, ale aj drezo, či umývačiek riadu. Šedé vody je možné po ich úprave využívať ako vodu prevádzkovú, čiže bielu vodu a to napríklad pre splachovanie WC, pre závlahu, na umývanie podláh, auta dokonca aj na účely hasenia požiaru, či ďalších možností využitia. Tieto vody sa vyznačujú významným znečistením a to hlavne detergentmi z pracích prostriedkov, šampónov, mydiel v skratke kozmetiky. Podľa normy ČSN 75 6780 ide o splaškovú (domovú) odpadovú vodu, okrem vôd z WC a pisoárov. Považuje sa za vysoko objemovú, nízko pevnú odpadovú vodu s vysokým potenciálom opätovného využitia a aplikácie. Šedé vody predstavujú 50-80% celkovej

spotreby vody v domácnostiach. Majú však veľkú výhodu ako alternatívny zdroj vody a to hlavne v suchých a semiaridných zónach vďaka svojmu nepretržitému zásobovaniu, na rozdiel od iných spôsobov zásobovania ako je napríklad zachytávanie dažďovej vody, ktoré závisí od hydrologických podmienok. Zloženie šedých vôd je rôznorodé a závisí od životného štýlu, zariadení a klimatických podmienok. (Englande a kol., 2003; Englande a kol., 2015; Beránková, 2016; Collivignarelli a kol., 2020)

1.5.5 Priemyselná odpadová voda

Tieto vody zvyčajne obsahujú špecifické a ľahko identifikovateľné chemické zlúčeniny a to v závislosti od charakteru priemyselného procesu. Podľa nariadenia vlády č. 401/2015 Sb. sa priemyselnými vodami myslia odpadové vody z výroby uvedené v časti B prílohy č.1 k tomuto nariadeniu ako aj odpadové vody, ktoré sú vypúšťané z výrobných alebo im podobných zariadení, vrátane odpadových vôd vypúšťaných z priemyselných areálov, ktoré vznikajú prevažne ako produkt priemyselnej činnosti. (Englande a kol., 2003; Englande a kol., 2015)

1.5.6 Dažďová voda

Dažďová voda alebo inak zrážková voda nie je špecificky definovaná v legislatíve, no táto voda podlieha vodnému zákonu č.254/2001 Sb. a zákonu o vodovodoch a kanalizáciách č.274/2001 Sb. Ďalšie nakladanie s dažďovou vodou je upravené v rôznych normách a vyhláškach. Vo vodnom zákone sa uvádza: Pri uskutočňovaní stavieb, ich zmien alebo ich užívaní je stavebník povinný podľa charakteru a účelu využívania týchto stavieb zabezpečiť zásobovanie vodou a odvádzanie odpadových vôd kanalizáciou k tomu určenej. Ďalej je stavebník povinný zabezpečiť obmedzenie odtoku povrchových vôd vzniknutých dopadom atmosférických zrážok na tieto stavby (ďalej iba „zrážková voda“) akumuláciou a následným využitím, poprípade vsakovaním na pozemku, výparom alebo ak nie je žiadny z týchto spôsobov obmedzený na odtoku zrážkových vôd možný alebo dostatočný, ich zadržívaním a riadeným odvádzaním alebo kombináciou týchto spôsobov. Pri odvádzaní zrážkovej vody je potrebné zabezpečiť domy tak, aby nedošlo k ich zatopeniu v prípade prívalových zrážok a tiež aby bolo možné vyriešiť hospodárenie so zrážkovými vodami ako to vyžaduje súčasná legislatíva, ich vsakovanie, akumuláciu alebo riadené odvedenie podľa toho, čo miestne podmienky dovoľujú. Pri využívaní upravených zrážkových vôd v domoch musia byť dodržané požiadavky, ktoré nariaďujú, že nesmie dôjsť k zmiešaniu pitnej, zrážkovej a úžitkovej vody s rozvodom pitnej vody. Vo všeobecnosti ide o zrážkovú vodu, ktorá dopadá na zemský povrch a nebola znečistená žiadnym využitím, no zmenila svoje fyzikálne a chemické vlastnosti. Dažďová voda obsahuje pred dopadom na zemský povrch niekoľko látok, ktoré získala počas prechodu cez atmosféru. Považuje sa za dôležitý prostriedok na zachytávanie škodlivín z atmosféry, ktoré sa môžu vyskytovať buď v plynnej alebo v časticovej fáze. V podstate sa dá povedať, že v skutočnosti odráža zloženie atmosféry cez ktoré prepadáva. (Šálek a kol. 2012; Zákon č. 254/2001 Sb.; Bharti a kol., 2017)

1.5.7 Hlavné znečisťujúce látky odpadovej vody

Organický materiál

Množstvo hnilobného organického materiálu v odpadových vodách sa označuje ako biochemická spotreba kyslíka čiže BSK. Čím viac organického materiálu sa vo vode nachádza tým je BSK vyššia, čo je množstvo kyslíka potrebného pre mikroorganizmy na rozklad organických látok v odpadovej vode. BSK je veľmi dôležité pre projektovanie, návrh

a prevádzku odpadových vôd. Priemyselná odpadová voda môže mať úroveň BSK mnohonásobne vyššiu ako domáca odpadová voda. Čo sa týka dažďových vôd, tak tu je to znepokojujúce, keď sa zmieša s domácimi odpadovými vodami v kombinovaných kanalizačných systémoch. Rozpustený kyslík je dôležitým faktorom kvality vody pre jazerá a rieky. Čím je vyššia koncentrácia rozpusteného kyslíka, tým je vyššia kvalita vody. Po vstupe odpadovej vody do jazera alebo potoka začne rozklad organických materiálov.

Nerozpustné látky

Ďalšou dôležitou charakteristikou odpadových vôd sú nerozpustné látky. Objem kalu, ktorý je produkovaný v čistiarni priamo súvisí s celkovým množstvom nerozpustných látok prítomných v odpadovej vode. Priemyselné a dažďové vody môžu obsahovať vyššie koncentrácie nerozpustných látok než domáce odpadové vody. Rozsah v akom čistiareň odstraňuje nerozpustné látky ako aj BSK určuje účinnosť procesu čistenia.

Rastlinné živiny

Domáce odpadové vody obsahujú zlúčeniny dusíka a fosforu, tieto dva prvky sú základnými živinami nevyhnutnými pre rast rastlín. Napríklad v jazerách nadmerné množstvo dusičnanov a fosfátov môže spôsobiť rýchly rast rias. Kvitnutie rias, ktoré je často spôsobené vypúšťaním odpadovej vody urýchľuje prirodzené starnutie jazier v procese nazývanom eutrofizácia.

Mikróby

Mikróby, ktoré sa nachádzajú v domácich odpadových vodách obsahujú milióny mikroorganizmov a vo väčšine prípadov ide o koliformné baktérie z ľudského črevného traktu, ale aj iné mikróby. Koliformné baktérie sa používajú ako indikátory znečistenia odpadových vôd. Práve vysoký počet koliformných baktérií naznačuje, že došlo k znečisteniu odpadových vôd. (Englande a kol., 2003; Englande a kol., 2015)

1.6 Kvalita a zloženie dažďových a šedých vôd

1.6.1 Pôvod znečistenia dažďových vôd

Vlastnosti dažďovej vody v mestských oblastiach sa pripisujú hlavne zdrojom z miestneho znečistenia, zatiaľ čo v odľahlejších a vidieckych oblastiach poskytuje rozsah atropogénnych, ale aj prírodných zdrojov. Ako už bolo vyššie spomenuté, tak dažďová voda odráža zloženie atmosféry cez ktorú padá. Viac ako 90% z celkového množstva znečisťujúcich látok prítomných v atmosfére sa odstraňuje mokrou depozíciou, ktorá je prevládajúcim čistiacim mechanizmom na odstránenie znečisťujúcich látok zo vzduchu. Dažďová voda teda môže byť jedným zo spôsobov ako znížiť atmosférickú záťaž znečisťujúcimi látkami, ako aj zdrojom kontaminácie pôdy, vody a suchozemskej vegetácie. Chemické vlastnosti vody do značnej miery ovplyvňujú prachové častice vytvorené človekom. Jedná sa hlavne o znečistenie z dopravy a priemyslu. Znečisťujúce látky v atmosfére sú preto jednou z príčin dažďového odtoku a to predovšetkým vo veľkých mestách a priemyselných oblastiach. Látky, ktoré sú obsiahnuté v atmosfére môžu byť prenášané na veľké vzdialenosti. Pri stanovovaní množstva znečistenia dažďového odtoku je významná dĺžka bez dažďového obdobia, intenzita atmosférických zrážok a objem dažďového odtoku. Ako bolo vyššie zmienené tak už v atmosfére dochádza k stretu dažďovej vody s rôznymi chemickými látkami. Po prechode

atmosférou vykáže hodnotu cca 5,6 pH, pretože sa viaže mimo iné taktiež s CO₂ nachádzajúcim sa vo vzduchu. (Bharti a kol., 2017; Dvořáková, 2017)

Znečistenie zachytenej dažďovej vody sa rozdeľuje na 3 druhy:

1. nerozpustné a rozpustné látky v atmosférických zrážkach,
2. znečistenie, ktoré sa nahromadí počas obdobia bez dažďa na povrchu územia a počas dažďov je odvádzané spoločne s dažďovou vodou,
3. znečistenie, ktoré vzniká pri kontakte dažďovej vody s materiálmi na povrchu územia. (Bharti a kol., 2017; Dvořáková, 2017)

Znečistenie v atmosférických zrážkach

Ako bolo vyššie spomenuté, tak znečisťujúce látky sú jednou z príčin znečistenia dažďového odtoku a to predovšetkým vo veľkých mestách a v priemyselných oblastiach. Počas dažďa dochádza k vymývaniu látkového znečistenia vo vzduchu a tým k čisteniu atmosféry. Dažďová voda preto nie je čistý kondenzát, ale odráža ako prirodzené prostredie zemského povrchu (erózia pôdy, morské soli), tak aj antropogénne znečistenie pochádzajúce predovšetkým z dymových plynov a dopravy. Látky pochádzajúce prevažne z antropogénnych zdrojov znečistenia ako kyseliny a kyselinotvorné látky (kyselina, chlorovodíková, dusičná, sírová) prevažujú nad zásaditými látkami (uhličitan horečnatý, vápenatý, amoniakálny dusík), ktoré pochádzajú predovšetkým z prirodzeného prostredia. Zdroje kyselín sú predovšetkým zlúčeniny dusíka, síry, ktoré sú produkované zo spaľovania fosílnych palív, z výfukových plynov áut a mikrobiálnej denitrifikácie v pôde a vode. Čo sa týka zlúčením chlóru, tak tie vznikajú zo spaľovania umelých hmôt s obsahom PVC (priemyslové a mestské spaľovne). U zásaditých látok je zdrojom znečistenia poľnohospodárstvo (amónne ióny v hnojivách), tak aj prirodzené pozadie (uhličitan). K zvyšným látkam patria predovšetkým ťažké kovy zahrňujúce emisie z priemyslu a spaľovní, organické látky (uhlíkovodíky z výfukových plynov motorových vozidiel) a tiež rastlinné živiny (amónne ióny a fosfor). Na obrázku č. 8. je pre predstavu priložená tabuľka s prehľadnou mesačnou analýzou chemického zloženia atmosférických zrážok. Môžeme vidieť o aké znečisťujúce látky sa jedná a v akom množstve sa nachádzajú v dažďovej vode. (Bharti a kol., 2017; Dvořáková, 2017)

Obrázok 8 Mesačná analýza atmosférických zrážok ČR meraných na stanici JKOSS, Košetice (www.chmi.cz, 2019)

Látka	Jednotka	Metoda	2019		Měsíční koncentrace									
			11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RAIN	mm	VOL	24,8	18,5	6,4	29,6	21,4	14,0	46,3	141,5	58,4	153,9	47,8	52,9
vodivost	μS/cm	EC metr	25,0	30,0	61,1	30,8	42,6	66,5	117,8	2,4	31,2	28,4	24,2	19,9
pH	-	pH-metrie	5,51	5,63	5,27	5,33	6,03	5,89	6,87	6,17	6,52	6,22	5,85	5,90
Na ⁺	ug/l	FAAS	180	280	1 180	630	430	650	310	100	120	120	80	150
K ⁺	ug/l	FAAS	4 310	3 990	7 670	3 950	2 730	4 180	12 340	3 380	4 340	3 830	3 760	3 220
NH ₄ ⁺	ug/l	PMT	660	1 020	1 800	670	3 570	4 470	8 980	980	1 690	1 560	730	450
Mg ²⁺	ug/l	FAAS	170	260	660	340	290	430	470	130	150	160	160	140
Ca ²⁺	ug/l	FAAS	570	510	1 330	810	600	1 400	520	380	510	550	460	500
Mn	ug/l	FAAS	76,0	166,0	280,0	118,0	66,0	58,0	2,5	15,0	2,5	32,0	72,0	40,0
Zn	ug/l	FAAS	29,0	22,0	35,0	15,0	13,0	20,0	20,0	2,5	16,0	2,5	22,0	14,0
Pb	ug/l	GF-AAS	1,1	1,7	2,0	0,4	0,4	0,4	0,4	0,2	0,2	0,2	0,5	0,2
Cd	ug/l	GF-AAS	0,02	0,02	0,10	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Ni	ug/l	GF-AAS	0,7	0,3	1,8	0,3	0,3	3,5	0,9	1,8	0,9	0,3	0,3	0,3
F ⁻	ug/l	ISE	22	200	32	26	10	29	24	10	10	10	10	10
Cl ⁻	ug/l	HPLC	970	1 120	2 970	1 760	890	1 780	2 040	570	680	960	630	770
NO ₃ ⁻	ug/l	HPLC	2 760	3 220	8 870	4 200	4 910	10 250	4 980	1 770	2 820	2 830	7 420	3 290
SO ₄ ²⁻	ug/l	HPLC	1 420	2 800	7 670	2 670	1 980	3 980	3 190	970	1 080	1 200	750	920

Znečistenie hromadené na strešných plochách počas obdobia bez dažďa

Pre strechy je dažďová voda jediným spôsobom ich čistenia. Voda odteká zo strechy objektu a obsahuje vysoký podiel rozpustených kysličníkov (CO_2 a SO_2) a premenlivý podiel organických látok (lístie, vtáčí trus, prach, peľ, choroboplodné zárodky). (Bharti a kol., 2017; Dvořáková, 2017)

Znečistenie vznikajúce pri kontakte s rôznymi materiálmi

Kvalita vody závisí tiež na tom z akého druhu povrchu steká. Dažďová voda prichádza do kontaktu so strešnou krytinou, odpadovým potrubím, filtrami a podobne, čo ma za následok, že je táto voda znečistená. Do úvahy je potrebné brať aj vplyv slnka a mrazu, ktoré tiež prispievajú k uvoľňovaniu častíc krytiny striech. Rozsah znečistenia teda závisí na druhu stavby a použitom materiáli, po ktorom dažďová voda odteká. (Bharti a kol., 2017; Dvořáková, 2017)

1.6.2 Pôvod znečistenia šedých vôd

Šedé vody sú komunálne vody, v ktorých sa nenachádzajú fekálie a moč, ide teda o vodu zo sprch, vaní, umývadiel, kuchynských drezov, umývačiek riadu a tiež práčok produkovaných v domácnostiach, administratívnych budovách, školách, ubytovacích zariadeniach a podobne. Podľa ČSN normy 75 6780 ide o splaškovú (domovú) odpadovú vodu, okrem vôd z WC a pisoárov. Najvýznamnejšie znečistenie šedých vôd spôsobujú detergenty zo šampónov, pracích prostriedkov, mydiel, zubných pást a ďalších kozmetických produktov. Šedú vodu ďalej rozdeľujeme na:

- svetlo šedú vodu – odpadová voda z umývadiel, sprch, vaní a pračiek (vhodná pre recykláciu),
- tmavo šedú vodu - odpadová voda z kuchynských drezov a umývačiek riadu (nevhodná pre recykláciu). (Beránková, 2017; ČSN 75 6780)

1.6.3 Kvalita a zloženie dažďových a šedých vôd

Prehľad literatúry odhaľuje, že ako nečistá dažďová voda, tak aj sivá voda sú veľmi premenlivé v ich kvalite a kvantite. Štúdie odhalili, že variabilita kvality šedých vôd závisí od množstva parametrov ako sú aktivity obyvateľov, životná úroveň, používanie chemických produktov a geografická poloha. Dažďová voda ako aj šedá by sa nemali opätovne využívať bez úpravy a to kvôli prítomnosti patogénov ako je napríklad *Pseudomonas Staphylococcus*.

1.6.4 Fyzikálno - chemické vlastnosti

Na tabuľke v prílohe č. 6 môžeme vidieť sumarizáciu fyzikálno – chemických vlastností dažďovej, svetlej šedej, tmavej šedej a zmiešanej šedej vody. Svetlo šedá voda pochádza zo sprch, vaní a umývadiel, zatiaľ čo tmavošedá voda pochádza z kuchynských drezov, práčok a umývačiek riadu. Všetky tieto vlastnosti boli porovnané s malajzijskými normami pre pitnú vodu, aby sa ukázalo ako dažďová a sivá voda zvyčajne prekračujú maximálne štandardné limity. Malajzijské normy boli použité z toho dôvodu, že štandardy na opätovné použitie nepitných látok majú obmedzené parametre a práve malajzijské normy, ktoré sú uvedené v tabuľke sú identické alebo dokonca prísnejšie než normy Svetovej zdravotníckej organizácie (WHO), avšak s výnimkou bária (0,7 mg/l), bóru (2,4 mg/l) a dusitanov (0,9mg/l). Väčšina fyzikálno-chemických parametrov pre surovú dažďovú vodu spadá do

malajzijských noriem s výnimkou pH a koncentrácií ťažkých kovov. V tabuľke môžeme vidieť, že sa pH dažďovej vody môže pohybovať od slabo kyslej (pH 3,1) po slabo zásaditú (pH 11,4) a taktiež občas prekročí rozsah parametrov. Na rozdiel od dažďovej vody má šedá voda menší rozsah pH, pričom hodnoty klesajú blízko pH 7,0. Biologická spotreba kyslíka (BSK₅), chemická spotreba kyslíka (CHSK) a celkový organický uhlík (TOC) označujú organickú silu odpadovej vody, zatiaľ čo celkové tuhé látky pozostávajú z celkových nerozpustených látok (TSS) a celkových rozpustených pevných látok (TDS). Najvyšší obsah organických a pevných látok má tmavá sivá voda, po nej nasleduje svetlo šedá voda, zmiešaná sivá voda a dažďová voda. Okrem toho svetlé aj tmavé sivé vody často nie sú schopné splniť štandardy kvality pitnej vody bez ďalšej úpravy kvôli ich vysokému obsahu organických látok a pevných látok. Zo všetkých ťažkých kovov olovo (Pb) najčastejšie prekračuje limit DWS 10 µg/l v surovej dažďovej vode. Napríklad koncentrácie Pb prekročili 10 µg/l vo všetkých vzorkách dažďovej vody v malajzijskej štúdiu, zatiaľ čo predchádzajúca štúdia v Aucklande na Novom Zélande ukázala, že 18 vzoriek dažďovej vody (14,4 % z celkového počtu vzoriek) obsahovalo Pb koncentrácie presahujúce novozélandské normy pre vodu. Zdroje Pb v nádržiach na dažďovú vodu pripisovali oplachovaniu alebo náterom Pb (58 %), inštalátorským prácam (16 %) a atmosférickej depozícii (21 %). Štúdie zdôraznili, že dobrý návrh systému zachytávania dažďovej vody je prvoradý pri minimalizácii zdravotných rizík spojených so zachytávaním a využívaním dažďovej vody, pretože dlhotrvajúca konzumácia a vystavenie Pb môže viesť k poruchám učenia a správania. V porovnaní s tým menej štúdií uvádza kontamináciu sivej vody ťažkými kovmi. Potenciálne zdroje Pb v sivej vode zahŕňajú inštalátorske materiály, príbory a zubné výplne. Ťažké kovy však nie sú vždy prítomné v sivej vode zistili to E. Friedler s kolektívom vo svojom výskume, že striebro, kadmium, chróm, meď, mangán, nikel a zinok boli pod detekčnými limitmi. Vysoká variabilita koncentrácií ťažkých kovov naznačuje, že kvalita sivej vody závisí tak od kvality zdroje vody, ako aj od životného štýlu obyvateľov.

1.6.5 Mikrobiologické charakteristiky

Fekálne indikátory

Fyzikálno-chemické parametre kvality vody sú zvyčajne druhoradé v porovnaní s mikrobiologickou kvalitou. Je to preto, že patogény prenášané vodou predstavujú významnú hrozbu pre zdravie v aplikáciách na opätovné použitie, ktoré nie sú určené na pitie s rizikom krížovej kontaminácie, požitia alebo telesného kontaktu. Napriek tomu nie je ekonomicky možné testovať na všetky patogény v zdrojových vodách. Bežné fekálne indikátory ako *Escherichia coli* (*E. coli*), fekálne koliformné baktérie, streptokoky a enterokoky sa teda používajú na indikáciu fekálnej kontaminácie a diktujú možnosť, že môžu byť prítomné aj iné patogény. V britskej norme BS 8525, ktorá sa zapodieva systémami šedých vôd nájdeme odporúčanie týkajúce sa kvality šedých vôd a ich monitorovaniu. V tejto norme sa uvádza, že je nutné, aby systémy šedých vôd boli navrhnuté tak, že bude zaistená vhodná výroba vody pre dané účely a nebude dochádzať k vzniku rizika, ktoré by mohlo ohroziť životy a zdravie ľudí. Uvádza sa tam tiež, že nie je nutné časté testovanie vzoriek vody, no pozorovania by sa mali vykonávať počas údržby, kde sa skontroluje výkon systému šedej vody. Následne by sa mali vykonať testy, aby sa zistila príčina alebo vzniknuté problémy so spotrebou vody zo systému. Taktiež sa neodporúča testovanie hneď po zavedení do prevádzky z dôvodu naplnenia systému z verejného vodovodu, aby sa uľahčilo testovanie komponentov a preto kvalita vody nie je reprezentatívna pre bežný zber šedej vody. Kvalita šedej vody by sa mala merať vo vzťahu k hodnotám, ktoré sú uvedené v tabuľke na obrázku č. 8 pre parametre týkajúce sa zdravotného rizika a v tabuľke na obrázku č. 9. pre parametre týkajúce sa prevádzky systému, ktoré poskytujú indikáciu kvality vody. V tabuľke na obrázku č. 10 sú

uvedené výsledky bakteriologického monitorovania a v tabuľke na obrázku č. 11 sú výsledky všeobecného monitorovania systému. (Leong a kol., 2017; Biela, 2011; Plotěný, 2012; Erikson, 2002; BS 8525-1: Greywater systems)

Obrázok 9 Orientačné hodnoty (G) pre bakteriologické monitorovanie (BS 8525 -1, 2010)

Parametr	Postřikové aplikace	Bezpostřikové aplikace			Testování	
	Tlakové mytí, zahradní rozstřikovač a mytí vozidel	Splachování WC	Zavlažování zahrad ^{A)}	Praní	Postřikové aplikace	Bezpostřikové aplikace
Escherichia coli [počet/ml]	Není zjištěno	250	250	Není zjištěno	BS EN ISO 9308-1	BS EN ISO 9308-3
Střevní enterokoky [počet/ml]	Není zjištěno	100	100	Není zjištěno	BS EN ISO 7899-1 nebo 7899-2	BS EN ISO 7899-1
Legionella pneumophila [počet/ml]	10	Nelze aplikovat	Nelze aplikovat	Nelze aplikovat	BS 6068-4.12	Nelze aplikovat
Koliformní bakterie celkem^{B)} [počet/ml]	10	1000	1000	10	Blue Book Method 223 D [N2]	BS EN ISO 9308-3

A) Pokud ošetřené šedé vody byly použity v zelinářských zahradách, na domácí půdě, pak informace o růstu těchto plodin před spotřebou by měly být poskytovány pro uživatele v předávací dokumentaci.

B) „Celková koliformní bakterie“ je ukazatelem provozního parametru pro interpretaci. Bakteriologické orientační hodnoty uvedené pro upravené šedé vody odrážejí potřebu kontrolovat kvalitu vyčištěné vody pro dodávky a užití.

Obrázok 10 Orientačné hodnoty (G) pre monitorovanie obecného systému (BS 8525 -1, 2010)

Parametr ^{C)}	Postřikové aplikace	Bezpostřikové aplikace			Testování	Typ systému
	Tlakové mytí, zahradní rozstřikovač a mytí vozidel	Splachování WC	Zavlažování zahrad ^{A)}	Praní		
Zákal [NTU]	< 10	< 10	Nelze aplikovat	< 10	BS 1427	Všechny systémy
pH	5–9,5	5–9,5	5–9,5	5–9,5	BS 1427	Všechny systémy
Zbytkový chlor [mg/l]	< 2,0	< 2,0	< 0,5	< 2,0	BS EN ISO 7393-2	Všechny systémy
Zbytkový brom [mg/l]	0,0	< 5,0	0,0	< 5,0	Blue Book 218, Method E10 [N3]	Všechny systémy

C) Kromě těchto parametrů by měly být všechny systémy kontrolovány na nerozpuštěné látky a barvu. Upravené šedé vody by měly být vizuálně čisté, bez plovoucích nečistot a nemá být problematická barva pro všechna použití. Barva je obzvláště důležitá pro automatické pračky.

Obrázok 11 Interpretácia výsledkov bakteriologického sledovania (BS 8525 -I, 2010)

Výsledok vzorku ^{D)}	Stav	Výklad
< G	Zelená	Systém pod kontrolou
od G do 10×G	Žltá	Převzorkování potvrdí výsledek, prozkoumání činnosti systému
> 10×G	Červená	Pozastavit používání šedých vod dokud není problém vyřešen

D) G = směrné hodnoty (viz tabulka 3)

Obrázok 12 Vyhodnotenie výsledkov monitorovacieho systému^E (Zdroj: BS 8525 -I:2010)

Výsledok vzorku ^{F)}	Stav	Výklad
< G	Zelená	Systém pod kontrolou
> G	Žltá	Převzorkování potvrdí výsledek, prozkoumání činnosti systému

E) Systém je pod kontrolou, pokud parametry jsou v úrovních, které uvádí tabulka 4. Pokud jsou hodnoty mimo uvedený rozsah, je nutné odebrat další vzorky. V případě přítomnosti barvy nebo nerozpuštěných látek na nežádoucí úrovni je nutné prozkoumat fungování systému a případný problém vyřešit.

F) G = směrné hodnoty (viz tabulka 4)

V tabuľkách v prílohe č. 7 a č. 8 je podrobná sumarizácia mikrobiologickej kvality dažďovej a sivej vody z vybraných zdrojov a miest. Príloha č. 7 uvádza, že dažďová voda obsahuje veľké odchýlky v *E. coli* koncentráciách (až na 4,2 log₁₀ CFU / 100 ml). V Austrálii zistili, že 76% zo 72 vzoriek dažďovej vody z juhovýchodného Queenslandu bolo pozitívne testovaných na *E. coli*. Podobné pozorovania sa uskutočnili aj v ďalších krajinách, kde tak isto potvrdili vysokú prítomnosť *E. coli*. Vysoká frekvencia prítomnosti *E. coli* naznačuje, že dažďová voda je často kontaminovaná výkalmi vtákov a malých cicavcov, čo poukazuje na potrebu dezinfekčných opatrení schopných znížiť koncentráciu *E. coli* a tak minimalizovať potencionálne zdravotné riziká z dažďovej vody. Podobne ako u dažďových vôd boli odobrané vzorky šedých vôd, ktoré boli následne skúmané a vo výsledku obsahovali fekálne koliformné baktérie, čo môžeme vidieť no prílohe č. 8, kde okrem fekálnych koliformných baktérii môžeme vidieť aj prítomnosť koncentrácie *E. coli* v podstate vyššiu než u dažďových vôd a to až do 6,2 log₁₀ CFU / 100 ml. Šedá voda, ktorá pochádza zo sprch a vaní obsahuje vyššie fekálne ukazovatele než voda z práčok. Vysoké množstvo a koncentrácia fekálnych indikátorov naznačuje, že vždy dôjde k fekálnej kontaminácii šedej vody a preto je potrebné ju podrobiť dezinfekcii. (Leong, 2017)

1.6.6 Bakteriálne a protozonálne patogény

Prílohy č. 7 a č. 8 taktiež uvádzajú množstvá a koncentrácie bakteriálnych patogénov v šedej a dažďovej vode. Medzi najčastejšie prítomné baktérie v dažďovej vode sú *Aeromonas*, *Salmonella* a *Legionella*, čo sa týka šedej vody tak to sú *Pseudomonas*, *Staphylococcus* a *Salmonella*. (Leong, 2017)

1.6.7 Vírusy

V odborných článkoch sa diskutuje aj o tom, že počet vírusov nájdených v šedej vode závisí od zdravia populácie, ktorá vodu generuje. Zvýšenie miery obsadenosti budovy by teda viedlo k vyššej pravdepodobnosti vírusovej infekcie. Na základe rozborov surovej šedej vody, ktorá bola dodaná z neinfikovaných hostiteľov zistili, že sa nenašli stopy F-RNA ani somatickej kolidágy. V ďalšom rozbere zistili, že 18% zo 111 vzoriek šedej vody obsahovalo enterovírus, norovírus alebo rotavírus. Tieto výsledky naznačujú, že zatiaľ čo vírusy nemusia byť tak rozšírené ako bakteriálne patogény alebo fekálne indikátory v šedej vode aj napriek tomu sú potrebné dezinfekčné systémy na zníženie vírusov nachádzajúcich sa vo vode. (Leong, 2017)

1.6.8 Nutrienty v šedých vodách

Čo sa týka nutričov, tak dusík sa v šedých vodách vyskytuje predovšetkým ako organicky viazaný napríklad v bielkovinách. Koncentrácia amoniakálneho teda oxidovaných foriem dusíka (dusitany, dusičnany) je v porovnaní s koncentráciou organického dusíka zanedbateľná. Množstvo fosforu potom závisí na spôsobe života obyvateľov produkujúcich šedú vodu a používaním detergentov. Najviac fosforu sa nachádza v umývacích prostriedkoch, ktoré sa používajú v umývačkách riadu. V súčasnosti je používanie prípravkov s vysokou koncentráciou fosfátov obmedzené alebo zakázané. Nižšie v tabuľke č. 2 sú uvedené vybrané koncentrácie živín v šedých vodách s obsahom nutričov pochádzajúcich z jednotlivých zdrojov šedej vody. (Plechátý, 2012)

Tabuľka 2 Koncentrácia vybraných nutričov v šedých vodách (www.vodnihospodarstvi.cz, 2012)

Nutrienty [mg/L]	Pračky	Sprchy, vane, umývadlá	Kuchynské drezy, umývačky riadu	Neseparované šedé vody
N-NH ₄	<0,1 - 3,47	<0,1 - 25	0,2 - 23	-
N-NO ₂	0,1 - 0,31	<0,05 - 0,2	-	-
N-NO ₃	0,4 - 0,6	0 - 4,9	-	-
P-PO ₄	4 - 32	0,34 - 35	0,4 - 14	0,6 - 7,4
N _{celk}	6 - 21	0,6 - 46,4	13 - 60	8 - 11
P _{celk}	0,06 - 57	0,11 - 2,2	3,1 - 10	3,3 - 11

1.6.9 Požiadavky na kvalitu dažďovej vody

Je dôležité si uvedomiť, že využívaním dažďovej vody z hľadiska jej zloženia nesmie dôjsť k niekoľkým faktorom a tými sú:

- ohrozenie zdravia užívateľa,
- ohrozenie kvality pitnej vody,
- obmedzenie komfortu využívania vody,
- kontaminácia ŽP (hlavne podzemnej vody a pôdy).

Na obrázku č. 13 je priložená tabuľka, ktorá nám ukazuje jednotlivé druhy znečistenia a požiadavky na zloženie dažďových vôd pochádzajúcich zo striech. Ako môžeme vidieť, tak záleží na spôsobe využívania dažďovej vody a aj požiadaviek na jej látkové zloženie, ktoré sa na základe toho aj líši. (Biela, 2011; Dvořáková, 2007)

Obrázok 13 Požiadavky na kvalitu dažďovej vody pochádzajúcej zo striech (ČSN 75 6780, 2021)

Druh znečistení	Požiadavky na složení dešťové vody ze střech			
	Závlahy	Úklid	WC	Praní prádla
Nerozpuštěné látky	Inertní NL jsou neškodné	Při vyšších koncentracích nevhodné	Zpravidla bez významu	Zpravidla nutná úprava (filtrace)
Organické látky	Inertní a lehce odbouratelné jsou neškodné	Zpravidla bez významu		V obvyklých koncentracích bez významu
Těžké kovy	Nebezpečí akumulace v půdní vrstvě			
Pesticidy	Ohrožení rostlin a půdních organismů			
Mikroorganismy	Zpravidla bez významného vlivu		Zpravidla bez významného vlivu	
Barva		Zpravidla bez významu	Zpravidla bez významu	Nebezpečí obarvení
Zápach				Zpravidla bez významu
Agresivita vody				Podle složení vody a typu pračky
Celkové posouzení	Dešťová voda ze střech je často mnohem vhodnější než pitná voda	Použití zpravidla bez omezení	Použití zpravidla bez omezení	V případě nadbytku dešťové vody a v kombinaci s pitnou vodou pro poslední fázi pracího procesu

1.6.10 Technologie čistenia šedých vôd

Čistená šedá voda musí byť hygienicky (bakteriálne) nezávadná, pokiaľ je možné tak bezfarebná, bez plávajúcich častíc a po dlhodobej akumulácii bez zápachu. Technologie čistenia šedých vôd musia byť pre daný účel navrhnuté tak, aby nevzniklo žiadne ohrozenie verejného zdravia. Šedé vody z kuchynských drezov a kuchynskej prevádzky kladú zvyčajne vyššie nároky na čistenie. Pokiaľ prichádza do úvahy využitie šedých vôd vznikajúcich pri menej bežných činnostiach ako napríklad pranie detských plienok alebo kadernícka prevádzka, tak je nutné aby to bolo zohľadnené pri návrhu technologie ich čistenia. Na čistiareň, ktorá je určená na čistenie šedých vôd sa môžu privádzať iba šedé vody. Technologie čistenia šedých vôd sa navrhujú v závislosti na požiadavkách na kvalitu čistenej šedej vody, prípadne s ohľadom na jej ďalšie využitie a podľa procesu čistenia sa technologie delia na:

- mechanické čistenie,
- chemické čistenie,
- fyzikálne čistenie,
- biologické čistenie,
- prírodné spôsoby čistenia.

Mechanické čistenie

Základným čistiacim procesom je sedimentácia a filtrácia. Odporúčanými objektmi mechanického predčistenia sú česle, sedimentačná nádrž, spádové a rotačné sitá a ak ide o odtok z kuchyne, tak aj lapáky tukov. Takéto objekty sa navrhujú na maximálny hodinový prietok šedej vody Q_h v l/h. Doporučená veľkosť týchto objektov je 0,2mm až 0,3mm v závislosti na ďalšom stupni čistenia. Sedimentačné nádrže môžu byť kruhové, štvorcové a obdĺžnikové.

Chemické čistenie

Medzi systémy s chemickým čistením je možné zaradiť procesy založené na koagulácii a elektro koagulácii, kedy sa do vody dávajú chemikálie na báze železa, hliníka alebo iných kovov. Ďalej sa tu radí fotokatalýza, čo je rozklad látok za prítomnosti fotokatalyzátora alebo pokročilé oxidačné procesy využívajúce hydroxylové (OH) radikály.

Fyzikálne čistenie

Do fyzikálneho čistenia sa radia procesy filtrácie založené na adsorpcii nerozpustných látok na filtračnom lôžku pieskového filtru a ďalej na membránovej filtrácii. Membránová filtrácia je charakterizovaná veľkosťou póru v membráne. Najčastejším typom je mikrofiltrácia a ultrafiltrácia o pracovnom tlaku 0,1MPa až 2MPa. Ako filtračný materiál sa využíva napríklad kremičitý piesok, granulované aktívne uhlie (GAC) a antracit, ktorého voľba a frakcia závisí na zložení čistenej šedej vody.

Biologické čistenie

Pri biologickom čistení sa využívajú biofilmové reaktory, aktivačné nádrže, membránový bioreaktor a biologické prevzdušňovacie filtre.

Prírodné spôsoby čistenia

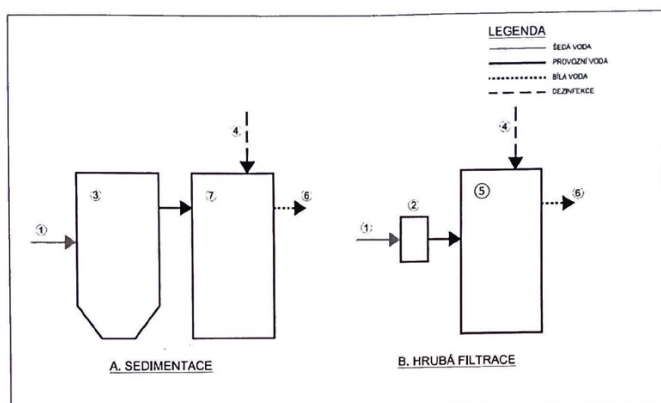
V minulosti sa využívali aj prírodné spôsoby ako usadzovanie a filtrácia na pôdnom filtri. Tieto metódy sa používajú aj dnes, no zväčša iba napríklad v prípade chat a pod. U väčších objektov je štandardným biologickým čistením, separácia nerozpustných látok a ich hygienické zabezpečenie. (Plotěný, 2012; ČSN 75 6780, 2021)

Dezinfekcia čistenej šedej vody

Čistiaci proces by mal byť predovšetkým v bytových domoch definovaných v ČSN 73 4301 a v budovách občianskeho vybavenia sídlisk, ktorý je doplnený o dezinfekciu spočívajúcu v odstránení alebo inaktivácii patogénnych organizmov z čistenej šedej vody. Vynechať dezinfekciu čistenej šedej vody je možné iba v prípade prevedenia analýzy zdravotných rizík prevedených podľa ČSN ISO 20426. Systémy určené k dezinfekcii sa delia na fyzikálne a chemické.

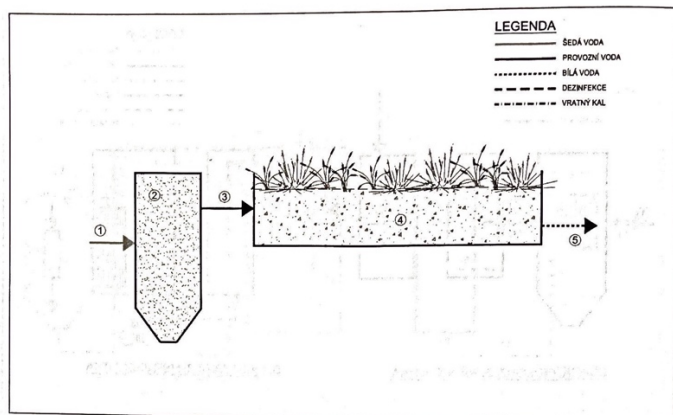
Do chemických metód patrí použitie chlóru (v rôznych formách), ozónu u veľkých zariadení, prípadne ďalších pokročilých oxidačných procesov. Medzi najčastejšie fyzikálne spôsoby patria dezinfekcia ultrafialovým žiarením, ktorá na rozdiel od chemických prostriedkov nijako neovplyvňuje chemickú kvalitu čistenej šedej vody a samozrejme sem patrí membránová filtrácia. Ak má byť dezinfekcia ultrafialovým žiarením efektívna, musí byť šedá voda prečistená do takej miery, aby zodpovedala požiadavkám ČSN 75 5050-3. Na obrázkoch č.14 a 15 sú vyobrazené príklady schém čistenia šedých vôd. V prvom prípade ide o jednoduché čistenie a dezinfekciu a v tom druhom ide o schému čistenia prírodným postupom. (ČSN 75 6780, 2021)

Obrázok 14 Technologická schéma čistenia - jednoduché čistenie a dezinfekcia (ČSN 75 6780, 2021)



- Legenda**
- 1 prítok šedej vody
 - 2 mechanické predčistenie, česle
 - 3 sedimentačný nádrž
 - 4 dezinfekcia
 - 5 hrubá filtrácia
 - 6 nepitná voda (biľá voda)
 - 7 akumulačný nádrž

Obrázok 15 Technologická schéma čistenia prírodným postupom (ČSN 75 6780, 2021)



- Legenda**
- 1 prítok šedej vody
 - 2 pískový filter
 - 3 provozní voda
 - 4 rákosové pole
 - 5 nepitná voda (biľá voda)

Čo sa týka vhodného spôsobu čistenia rôznych druhov šedých vôd a to vrátane použitých technológií čistenia tie môžeme vidieť na obrázku č. 16 a 17, kde obrázky vyobrazujú tabuľky s požiadavkami na kvalitu čistenej šedej vody.

Obrázok 16 Tabuľka s požiadavkami na kvalitu čistenej šedej vody a na zariadenia určeného k jej čisteniu (ČSN 75 6780, 2021)

Druh šedých vod		Šedé vody z vany, sprchy a umývadla	Šedé vody z vany, sprchy, umývadla, pračky a/alebo kuchyné
Způsob čišťení		Mechanické a biologické čišťení včetně stabilizace kalu	Mechanické a biologické čišťení a hygienizace
Charakteristická sestava		Provozdušňovaná akumuláční nádrž k čišťení šedých vod na splachování záchodů v domácnostech	Akumulace a čišťení šedých vod k použití v domácnostech i zařízeních pro veřejnost
Příklady použitých technologií čišťení		Systém s pevným nosičem, systém s plovoucím nosičem, zemní filtr, stabilizace	Systém s pevným nosičem, systém s plovoucím nosičem, zemní filtr, membránový reaktor + UV zařízení, ultrafiltrace, reverzní osmóza Hygienizace
Kritéria		Požadavky na kvalitu a využití čišťených šedých vod	
Biochemické/chemicko-fyzikální parametry	Zákal	–	< 2 NTU
	BSK ₅	–	< 5 mg/l
	Nasycení O ₂	> 50 %	> 50 %
	pH	6,5 až 9,5	6,5 až 9,5
Hygienické parametry	Koliformní bakterie	Žádný požadavek	< 10 000/100 ml
	<i>E. coli</i>		< 1 000/100 ml
	<i>P. aeruginosa</i>		< 100/100 ml
	Vzorkování	–	.../...
Doporučené využití	Splachování WC	Vhodné	Vhodné
	Zavlažování trávníků, okrasných rostlin	Nevhodné	
	Zavlažování plodin		
	Praní ¹⁾		
	Splachování WC pro veřejnost		

¹⁾ UV-přenos > 60 %

Obrázok 17 Tabuľka s požiadavky na kvalitu čistenej šedej vody určenej pre závlahu (ČSN 75 6780, 2021)

Kvalifikační třída z hlediska účelu použití	Aplikace	Fekální streptokoky KT/J/100 ml Podle pokynů EU pro vodu ke koupání ¹⁾	<i>E. coli</i> KT/J/100 ml Podle pokynů EU pro vodu ke koupání ¹⁾	Salmonela/ 1 000 ml	Potenciálně infekční stadia parazitů lidí a zvířat ²⁾ v 1 000 ml
1 (pitná voda)	Všechny plodiny ve sklenících a na volném prostranství bez omezení	Nedetekováno	Nedetekováno	Nedetekováno	Nedetekováno
2 ²⁾	Plodiny na volném prostranství a ve sklenících pro konzumaci za syrova, školní hřiště, veřejné parky	≤ 100 ⁴⁾	≤ 200 ⁴⁾	Nedetekováno	Nedetekováno
3 ³⁾	Plodiny ve sklenících, které nejsou určeny ke konzumaci Plodiny na volném prostranství pro konzumaci za syrova až do plodící fáze nebo pro zeleninu až do 2 týdnů před sklizní Ovoce a zelenina ke konzervaci Volně rostoucí rostliny nebo píče až do 2 týdnů před sklizní nebo pastvou Všechny ostatní plodiny na volném prostranství bez omezení Sportovní hřiště ⁵⁾	≤ 400	≤ 2 000	Nedetekováno	Nedetekováno
4 ^{3), 5)}	Vino a ovocná kultura na ochranu před mrazem Les, poldry a mokřady Cukrová řepa, škrobové brambory, olejnaté plody a nepotravinářské rostliny pro průmyslové zpracování a semena do 2 týdnů před sklizní Obilí do fáze klíčení (není určeno pro konzumaci v syrovém stavu) Krmivo pro konzervaci do 2 týdnů před sklizní	Odpadní voda, která prošla alespoň jedním biologickým čišťením			U střečních hlístic nejsou možná žádná standardní doporučení pro fáze. <i>Taenia</i> by neměla být detekována.

¹⁾ Mikrobiologické vyšetření metodami používanými pro vodu ke koupání.

²⁾ Pokud je to nezbytné pro ochranu zdraví lidí a zvířat, může být provedeno vyšetření vody pro závlahu na střežní hlístice (druhy *Ascaris* a *Trichouris*, stejně jako měchovce) a/nebo životní stadia tasemnic (zejména *Taenia*) podle doporučení WHO.

³⁾ Pokud je vyloučeno smažení částí rostlinného produktu vhodných ke spotřebě, může být zrušeno omezení podle hygienických/mikrobiologických kvalifikačních tříd.

⁴⁾ Směrná hodnota, pod kterou by měly být naměřené hodnoty.

⁵⁾ V případě závlahy postřikem musí být zajištěno ochranným opatřením, že nebudou ohroženi zaměstnanci a veřejnost.

1.6.11 Úprava zrážkových povrchových vôd

Pre ďalšie využitie sa zvyčajne odporúča využívať najmä zrážkové povrchové vody zo striech, pričom sa musia brať do úvahy znečisťujúce látky zo zbernej plochy alebo z ďalších zdrojov, ktoré sa vyskytujú v okolí. V oblastiach, ktoré sú zaťažené priemyslom alebo dopravou môže dochádzať k oveľa vyššiemu znečisteniu zrážkovej povrchovej vody a to vďaka vysokej prašnosti, zvýšeným emisiám a ďalším rozpustným a nerozpustným škodlivinám vo vode. Pre využívanie povrchových zrážkových vôd zväčša postačia iba jednoduché mechanické spôsoby čistenia, v niektorých odôvodnených prípadoch doplnené o dezinfekciu. Pri využívaní týchto vôd vo vnútri budov občianskeho vybavenia sídlisk sa dezinfekcia navrhuje vždy. Ak sa zrážkové povrchové vody využívajú vo vnútri budov, tak sa odporúča v miestach so znečisteným ovzduším alebo v lokalitách s vyššou prašnosťou, či peľu vylúčením prvého splachu, kedy sa časť vody zo začiatku zrážky vždy alebo po dlhšom čase bez zrážok odvedie mimo akumuláčného zariadenia a nevyužije sa. Zariadenie pre odklon prvého splachu môže byť na mechanickom princípe alebo v kombinácii s elektrickým ovládaním. Vylúčením takéhoto prvého splachu sa znižuje hydraulická účinnosť zariadenia pre využitie zrážkových vôd. (ČSN 75 6780, 2021)

1.6.12 Čistenie dažďovej vody

Ak chceme používať dažďovú vodu v záhrade na zalievanie alebo na napríklad umývanie auta a pod., tak postačí systém, ktorý nevyžaduje žiadnu zvláštnu filtráciu vody. Je vhodné len zaistiť, aby sa do akumuláčnej nádrže nedostalo lístie a ďalšie väčšie nečistoty, ktoré by nádrž zanášali. Ak by sme chceli využívať vodu na pranie, tak táto voda už vyžaduje kvalitnejšiu filtráciu. Pri čistení dažďovej vody sa uplatňujú dva procesy čistenia a tými sú filtrácia a sedimentácia.

Pri filtrácii je možné použiť dva typy filtrov a to interné alebo externé filtre. Externé filtre sú samostatné filtračné šachty, ktoré sa napájajú medzi odkvapový zvod a nádržku. Zvyčajne umožňujú spojenie dvoch vetiev odkvapových zvodov a po prefiltrovaní vody umožňujú odtok čistej vody do nádrže, pri samočistiacich filtroch odtok prebytočnej vody a nečistôt do kanalizácie. Interné filtre sú umiestnené vo vnútri nádrže, kde majú jeden prítok, odtok vody do nádrže a možnosť napojenia prepádového sifónu pre odtok prebytočnej vody. V prípade, že je dažďová voda využívaná na pranie alebo splachovanie toalety, kde voda prechádza cez jemné trysky, tak tu sme mohli použiť jemný filter, ktorý sa namontuje do tlakového potrubia za čerpadlo. (Dvořáková, 2007)

Podľa normy ČSN 75 6780 sa podľa miesta osadenia mechanického filtra rozdeľuje pred čistenie zrážkových vôd na:

- a) zvodové, žľabové a pododkvapové filtre,
- b) interné filtračné zložky vo filtračnom telese,
- c) externé filtračné šachty (ČSN 75 6780, 2021).

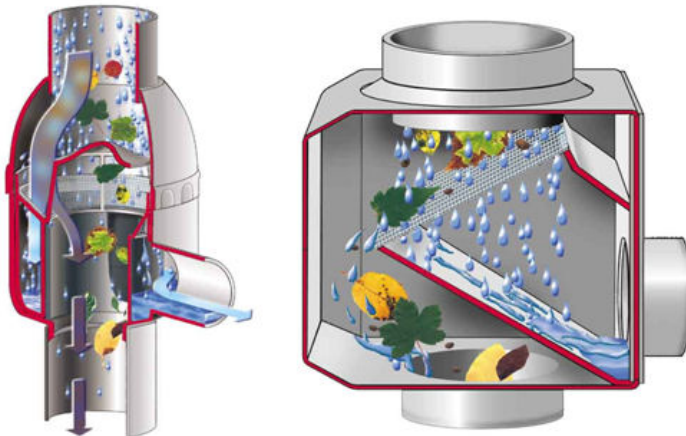
Medzi zariadenia na čistenie dažďovej vody patrí napríklad filtračný pododkvapový hrniec obr. č. 18, ktorý je určený na filtráciu vody z jedného odkvapového zvodu. Pri jeho inštalácii sa zapúšťa do zeme a uloží sa na vrstvu betónu, či štrku. Telo filtra sa môže skladať z hrubostenného polypropylénu. Filtrácia je zaisťovaná sitkom, na ktorom je umiestnená približne 5 cm vrstva filtračného materiálu, na ktorom sa zachytávajú nečistoty. Medzi filtračným materiálom a filtračným sitkom je umiestnená filtračná vložka z netkanej textilie. Takýto typ filtra je vhodný pre využívanie vody na zavlažovanie, doplňovanie napríklad rybníkov, či vsakovanie. Na obr. č. 19 je odkvapový filter, ktorý sa nasadzuje na odkvapový zvod a je určený na odfiltrovanie hrubších nečistôt ako sú plody ovocia, drievka, lístie

a podobne. Na filtri sa môžu zachytiť jemné časti ako prach a piesok, no tie z časti prepadnú a budú sedimentovať na dne nádrže. Takéto filtre sú samočistiace a preto nie je potrebná žiadna špeciálna kontrola a údržba. Nečistoty sú odplavované zvyškovou vodou do kanalizácie. (Dvořáková, 2007)

Obrázok 18 Filtračný pododkvapový hrniec (<https://voda.tzb-info.cz/>, 2007)



Obrázok 19 Zvodový odkvapový filter (<https://voda.tzb-info.cz/>, 2007)



1.7 Zelená infraštruktúra

Podľa oznámenia komisie Európskeho parlamentu to je úspešne testovaný nástroj na poskytovanie ekologických, ekonomických a sociálnych výhod prostredníctvom prírodných riešení. Zelená infraštruktúra je založená na princípe, že ochrana a zveľaďovanie prírodných procesov, ako aj mnohé benefity, ktoré z prírody má ľudská spoločnosť sú vedome integrované do územného plánovania a územného rozvoja. V porovnaní s jednoúčelovou sivou infraštruktúrou ma zelená infraštruktúra množstvo výhod. Zelená infraštruktúra má veľa definícií, ale v rámci tohto oznámenia je definovaná ako strategicky plánovaná sieť prírodných a polo prírodných oblastí s ďalšími environmentálnymi prvkami navrhnutými

a riadenými tak, aby poskytovali širokú škálu ekosystémových služieb. Zahŕňa zelené plochy (alebo modré ak sa jedná o vodné ekosystémy) a iné fyzické prvky v suchozemských (vrátane pobrežných) a morských oblastiach. Na súši je zelená infraštruktúra prítomná vo vidieckom a mestskom prostredí. Zelená infraštruktúra môže poskytovať viac funkcií a prínosov. Medzi nimi môžu byť environmentálne (napr. ochrana biodiverzity alebo adaptácia na zmeny klímy), sociálne (napr. zabezpečenie odvodnenia a poskytovanie zelene) a ekonomické (napr. poskytovanie pracovných miest a zvyšovanie hodnoty nehnuteľností). Prostredníctvom prirodzenej retenčnej a absorpčnej schopnosti vegetácie a pôdy je možné zelenú infraštruktúru použiť na zníženie odtekajúcej prívalovej dažďovej vody do kanalizačných systémov a následne do riek, jazier a potokov. Ďalšími možnosťami, ktoré by mohli patriť medzi výhody zelenej infraštruktúry sú zvýšenie pútania nadbytočného uhlíka, zlepšovanie kvality ovzdušia, zmiernovanie efektu mestských tepelných ostrovov, vytváranie ďalších biotopov pre voľne žijúce organizmy a tiež aj vytváranie miest na rekreáciu. Vo všeobecnosti zelené oblasti prispievajú aj k vytváraniu kultúrneho a historického prostredia a určujú identitu miest, ako aj scenérii mestských a prímestských oblastí, v ktorých ľudia žijú a pracujú. Z výskumu vyplýva, že riešenia zelenej infraštruktúry sú menej nákladné ako riešenia sivej infraštruktúry a zároveň poskytujú množstvo prínosov pre miestne ekonomiky, sociálnu štruktúru a širšie prostredie. (WILKINSON, 2016; Dige, 2015)

1.7.1 Zelené strechy od histórie po súčasnosť

Zelené strechy sú dôležitým prvkom zelenej infraštruktúry. Ich história siaha až do Babylonu, teda Babylonských Visutých záhrad v roku 500 p.n.l., či Zikkuraty v Mezopotámii alebo v rannej rímskej architektúre. Rané Vikingské bývanie a stredoveké budovy taktiež využívali zelené strechy, pričom táto technika bola populárna aj počas osídľovania amerického západu a v ľudovej Škandinávii. V ČR boli dlho vnímané skôr ako estetická než funkčná záležitosť. Súčasný problém miest v dôsledku zmeny klímy a jej pôsobením na husté zástavby miest a ich obyvateľov však dávajú zeleni na budovách nové rozmery. Nedostatočné kapacity kanalizácie v dobe prívalových dažďov, strata biodiverzity, znečistenie ovzdušia v dôsledku zvýšenej ekonomickej činnosti a zahusťovania dopravy, hlučnosť alebo problémy tepelných ostrovov sú jednými z výziev, pre ktoré zelené strechy ponúkajú riešenie. V súčasnosti je rozširovanie zelene na budovách celosvetovým trendom. Od Číny a Singapuru cez Nemecko až po Kanadu sú prírode blízke riešenia adaptácie na zmenu klímy uprednostňovaným spôsobom ako kladne ovplyvňovať kolobeh vody a mestskú mikroklímu a prispievanie ku skvalitneniu a zdravšiemu životu v mestách. Nemecko je uznávané ako miesto pôvodu pre moderné zelené strechy, keďže v 80. rokoch 19. storočia zažilo rýchlu industrializáciu a urbanizáciu, pretože v tom čase sa na lacné bývanie ako strešný materiál používal vysoko horľavý decht. Na zníženie nebezpečenstva požiaru vyvinul pán H. Koch metódu pokrytia dechtu pieskom a následne štrkom, čo dospelo k tomu, že týmto spôsobom semená kolonizovali tieto strechy a vytvárali lúky. V rokoch 1980 bolo 50 z týchto striech stále neporušených a stále vodotesných. Koncom 70. rokov sa preto začalo hnutie zelených striech, v rámci ktorého výskumu v oblastiach biodiverzity, konštrukcie striech, technológie a substrátov prispeli k rozvoju moderných zelených striech a návrhových smerníc. Napríklad vo Švajčiarskom Bazileji je výstavba novo zelených striech na novostavbách alebo zrekonštruovaných budovách s plochými strechami vynútená legislatívou, vďaka čomu vzniká čoraz vyšší počet zelených striech. Čo sa týka Singapuru, tak ako dobre zelená krajina sa ujíma vedenia v propagácii zelených striech. Vláda a výskumníci sa snažia vytvoriť zo Singapuru záhradné mesto. Prebiehajú tam mnohé štúdie, ktoré sa snažia zistiť vplyv mestskej zelene na mestské prostredie z mikro a mezo hľadiska. Nižšie na koláži obrázok č. 20 môžeme vidieť prepojitelnosť mesta a záhrad v Singapure ako popredného tropického záhradného mesta s dokonalým prostredím na život a prácu. Tieto záhrady s názvom Gardens

by the Bay vedie multidisciplinárny tím profesionálov, ktorí sa podieľajú na ekologizácii Singapuru. Základom konceptu týchto záhrad sú princípy environmentálnej udržateľnosti.

Obrázok 20 Prepojenie zelenej infraštruktúry (záhrad) s mestskou urbanizáciou v Singapure (autor práce, 2018)



Ďalším príkladom je Hongkong, ktorý tvorí kopcovitý terén a iba 25% územia tvoria zastavené oblasti. Patrí medzi jedného zo svetových výškových miest s vysokou hustotou obyvateľstva, aj napriek tomu asi 75% je plné zelene, zvyšok je plný úzkych uličiek a vysokých budov s vysokou hustotou. Aj napriek tomu, že disponuje vysokým percentom zelene je percento zelene v meste dosť nízke. Bohužiaľ tu stále chýba povinné vládne nariadenie o využívaní zelenej strechy pre developerov, no vláda sa snaží podporovať ekologizáciu striech a vertikálnu ekologizáciu, čím sa situácia postupne zlepšuje. (Wilkinson, 2016; Dostal, 2017; Oberndorfer, 2007; Svaz zakladaní a údržby zeleně, 2016)

1.7.2 Funkcie a pôsobenie zelených striech

Dnes zelené strechy majú množstvo navzájom prepojených funkcií, ktoré sa môžu vyskytovať v rôznych formách a tiež podľa konkrétnych situácií môžu mať rozličné významy. Je nutné ich posudzovať vyslovene komplexne.

Funkcia krajinárska a urbanistická

Zelené fasády a strechy sú plochy zelene s priamym vysokým pozitívnym účinkom na životné prostredie a majú vysoký potenciál ďalšieho využitia ako napríklad miesta pre relaxáciu hlavne v mestách, kde je nedostatok zelene. Zvyšujú atraktivitu budov a ich úžitkovú hodnotu, a to nie len bytových projektov, rodinných domov, ale aj komerčnej výstavby. Dokonca sa čoraz viac presadzujú aj na priemyselných budovách. Medzi významné urbanistické funkcie patria:

- estetické zlepšenie vzhľadu krajiny a miest,
- navýšenie podielu zelene v sídlach a urbanizovanej krajine,
- skvalitnenie obytného priestoru a pracovného prostredia,

- vytvorenie nových zelených plôch a vonkajších obytných priestorov na zastavaných pozemkoch.

Environmentálna funkcia a pôsobenie

Kladný účinok zelených striech na kvalitu ovzdušia sa môže zdať ako nepodstatný, keďže sa jedná o menšie veľkosti, no výskumy ukázali opak. Zlepšenie kvality ovzdušia však nie je podmienené úplným ozelenením striech, ale vytvorením ich siete, ktorá následne dokáže pomerne redukovať nepriaznivé vplyvy okolia. K hlavným environmentálnym funkciám patria:

Zlepšenie mikroklimy v porovnaní so strechami s holou hydroizoláciou alebo vrstvou štrku:

- zníženie prašnosti
- vyrovnávanie extrémnych hodnôt teploty
- zvýšenie vlhkosti vzduchu
- zníženie intenzity vyžarovania na susedné plochy

Zadržiavanie dažďovej vody, spomalenie odtoku a jej návratnosť do prirodzeného kolobehu vody:

- väčšina dažďovej vody vsakuje do vrstiev vegetačného súvrstvia a zostáva v nich zadržaná,
- zadržovaná voda sa odparuje, čo následne vedie k zlepšeniu mikroklimy,
- prebytočná voda odteká do kanalizácie s časovým oneskorením a utlmene,
- zelené strechy znižujú špičkové odtoky v porovnaní s nezelenými plochami,
- retenčný výkon vegetačnej vrstvy nezávisí na vlastnostiach pôdy v danej lokalite a hladine podzemných vôd.

Vytvorenie nových (náhradných) plôch a životného priestoru pre faunu a flóru v oblastiach ľudských obydlí (podpora biodiverzity):

- na zelenej streche vznikajú priestory pre voľne žijúce živočíchy, hmyz a vtáky,
- prírodné prvky ako napríklad kamene, či kamenité polia sa môžu rýchlo ohrievať a tak vytvárať optimálne podmienky pre niektoré druhy bezstavovcov,
- mŕtve drevo v rôznych zoskupeniach môže vytvoriť prístrešie, miesta na hniezdenie, či na prezimovanie vtákov, včiel, ôs, chrobákov, atď.,
- príležitostné vodné plochy ako plytké dažďové jazierka alebo nádoby naplnené vodou vytvárajú vhodné prostredie pre niektoré živočíchy a slúžia ako napájadlo pre vtáky a hmyz,
- ponechaná nepokosená vegetácia poskytuje priestor živočíchom pre prezimovanie a potravu (dutiny stoniek, semená a odkvitnuté kvety),
- palety, tlejúce drevo, bambusové stonky, šišky, slama, duté tehly a pod. môžu vytvoriť v strechách priestor pre prezimovanie a život živočíchov (takzvaný (tzv.) „hmyzí hotel“)

Ekonomické funkcie a ochranárske pôsobenie

- zvýšenie úžitkovej hodnoty nehnuteľností,
- zlepšenie tepelnej ochrany predovšetkým v lete, ale i v zime,
- zníženie veľkého náporu na kanalizáciu pri intenzívnych zrážkach,

- zvýšenie účinnosti fotovoltaických panelov v dôsledku znižovania extrémnych teplôt prostredia,
- ochrana hydroizolácie pre degradácie v dôsledku UV žiarenia a kolísania teplôt,
- zníženie nebezpečenstva mechanického poškodenia hydroizolácie následkom vonkajších vplyvov,
- vďaka nižšej zvukovej odrazivosti vegetačných plôch dochádza k zníženiu hlučnosti. (Burian a kol., 2019; Svaz zakládání a údržby zeleně, 2016)

Zelené strechy ako adaptačné opatrenia v urbanizovanej krajine

Cieľom týchto opatrení je zvýšenie odolnosti sídiel a ich schopnosť sa prispôbiť prejavom zmeny klímy, čo je možné dosiahnuť ich trvalo udržateľným rozvojom a to pri zachovaní potrebnej kvality života obyvateľov. Je dôležité pri záujme naplňovania tohto cieľa napríklad zaistiť udržateľné hospodárenie s vodou a to využívanie dažďových vôd, vsakovanie, úsporné opatrenia a ďalej funkčné prepojenie plôch s plochami s prevažujúcimi prírodnými zložkami tvoriacimi systém sídelnej zelene. Veľmi dôležitú úlohu v tomto prípade majú vegetačné plochy a prvky, keďže môžu významne ovplyvniť sídelnú mikroklimu a znižovať teplotu počas leta. (Burian a kol., 2019; Svaz zakládání a údržby zeleně, 2016)

1.8 Druhy zelených striech

Zelená strecha je strecha budovy, ktorá je čiastočne alebo úplne pokrytá vegetáciou a pestovateľským substrátom, osadená cez hydroizolačnú membránu. Môžu však zahŕňať aj ďalšie vrstvy ako je koreňová bariéra, drenáž a zavlažovacie systémy. Zelené strechy sa zvyčajne rozdeľujú na niekoľko druhov a to:

- podľa druhu vegetácie,
- podľa prístupnosti,
- podľa prevažujúcej funkcie,
- podľa skladby vegetačného súvrstvia,
- podľa sklonu,
- podľa polohy a priestorovej väzby na okolitý rastový terén. (Burian a kol., 2019; Svaz zakládání a údržby zeleně, 2016)

1.8.1 Podľa druhu vegetácie

Každá zeleň obsahuje pestré formy vegetácie, ktoré môžu navzájom prechádzať a líšiť sa od seba podľa podmienok stanovišťa, pričom podliehajú dynamickým zmenám. Strechy, ktoré sa radia do rozdelenia podľa druhov vegetácie sa ďalej delia na extenzívne zelené strechy, polo intenzívne zelené strechy (jednoduchšie intenzívne) a intenzívne zelené strechy. S využitím poznatkov využívania rastlín a botaniky môžeme tieto tri druhy zelených striech navzájom vymedziť pomocou niekoľkých kritérií, ktoré sú znázornené na obrázku č.21..

Obrázok 21 Mocnosť súvrstvia využiteľného pre korenenie rastlín u rôznych spôsobov ozelenenia a foriem vegetácie (<https://www.zelenestrechy.info/>, 2019)

		Mocnosť súvrstvia využiteľná pro korenenie rastlín v cm																							
		4	6	8	10	12	15	18	20	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100	125	150	200		
Způsoby ozelenění a formy vegetace	Extenzivní zelené střechy	Rozchodníky	▲	■	■																				
		Rozchodníky – trvalky		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
		Rozchodníky – byliny – trávy				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Polointenzivní zelené střechy	Trávy – byliny					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
		Trvalky						■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
		Trvalky – dřeviny							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
		Dřeviny																							
	Intenzivní zelené střechy	Trávník					▲	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
		Nízké trvalky a keře						■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
		Středně vysoké trvalky a keře							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
		Vysoké trvalky a keře									■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
		Velké keře a malé stromy																							
Velké stromy	Střední až vyšší stromy																								
	Velké stromy																								

Extenzivně zelené střechy

Podstatou týchto zelených striech je vegetácia s maximálnou mierou auto regulácie schopná udržať sa v zodpovedajúcej kvalite pravidelnej zálievky a iba s minimálnou starostlivosťou (zvyčajne jeden až dva krát ročne kontrola, odstránenie nežiaducej vegetácie, prihnojenie podľa typu substrátu a vývojového stupňa porastu). Výber aplikovaných druhov je dôležité maximálne prispôbiť extrémnych podmienkam stanovišťa. Rastliny musia byť v daných podmienkach dostatočne konkurencie schopné, aby potlačovali rozvoj nevhodných rastlín. Porast extenzívnej strechy tvorí vegetáciu s predvídateľným sukcesným vývojom, ktorý môže zahŕňať i spontánne osídlenie ďalšími pri realizácii nepoužitými druhmi. Mocnosť vegetačného súvrstvia sa u extenzívnych striech pohybuje v rozmedzí 60-150 mm. Pri dobre zvolených druhoch sukulentov môže postačovať mocnosť súvrstvia iba 40 mm aj menej, naopak pre stepné trávo-bylinné druhy porastu môže byť použité súvrstvie až 200 mm. Tieto strechy sú zväčša neprístupné pre možnosti prechádzky a vstup na plochy majú povolený len poučené osoby iba pre kontrolu a technickú údržbu.

Typy porastov extenzívnych striech

Medzi najčastejšie porasty patria:

Machy (Bryophyta), ktoré sú vyššie zelené, ale necievnaté rastliny malého vzrastu a s významnou schopnosťou zadržiavať vodu. Machy zvyčajne uprednostňujú vlhké a tienisté miesta. Ako pionierske rastliny majú schopnosť rásť na plochách bez substrátu. V zahraničí ich uvádzajú ako vhodný typ vegetácie na najnižšie vegetačné súvrstvie spolu so skalničkami (skalnými ružami), no v ČR je ich použitie stále diskutabilné.

Rozchodníky a ďalšie sukulenty – rozchodníky (Sedum) reprezentujú sukulentné (tučnolisté) rastliny so špecifickým metabolizmom, ktorý im umožňuje prečkať veľmi dlhé obdobia sucha. Tieto rozchodníky a ďalšie sukulenty sú viacročné alebo trvalé rastliny (trvalky). Ďalšími veľmi často používanými druhmi tučnolistých sú skalné ruže (Sempervivum).

Byliny a trávy – inak zmes xerofytných (suchomilných) bylín a tráv. Odlišne od botanického poňatia sa podľa publikácie Vegetačné súvrstvie zelených striech označujú iba dvojkličnolistové kvitnúce byliny rastúce spoločne s trávami v stepných formáciách podoba prirodzených stepných trávnikov. Tieto porasty sa kosia iba raz, maximálne 2-krát ročne. (Burian a kol., 2019; Svaz zakládání a údržby zeleně, 2016)

Konkrétne ide o nenáročné nízke rastliny tvoriace súvislé trsy, spĺňajú to hlavne sukulenty, napríklad:

- Sedum album (rozchodník biely),
- Sedum sexangulare (rozchodník šesťradový),
- Sedum hispanicum (rozchodník španielsky),
- Sedum hybridum (rozchodník),
- Sedum reflexum (rozchodník skalný),
- Sedum floriferum (rozchodník kvetonosný),
- Sedum spurium (rozchodník pochybný),
- Sempervivum arachnoideum (skalnica pavučinatá),
- Sempervivum montanum (skalnica horská),
- Jovibarba spec. (skalničník výhonkatý),
- Mrazuvzdorné kaktusy (např.: Opuntia rutila). (Isover, 2019)

Porasty, ktoré je možné využiť je možno navzájom kombinovať. Príklad extenzívnej zelenej strechy v Ledniciach od spoločnosti Liko-s Internacional, ktorá sa zaoberá stavbou zelených striech a fasád môžeme vidieť na obrázku č. 22. (Burian a kol., 2019; Svaz zakládání a údržby zeleně, 2016)

Obrázok 22 Extenzívna zelená strecha, Lednice ČR (<https://www.zivestavby.cz/>, 2020)



Polo intenzívne zelené strechy

Častokrát nazývané aj jednoduché intenzívne strechy tvoria prechodový typ medzi strechami intenzívnymi a extenzívnymi. Na polo intenzívnych strechách okrem vhodnej vegetácie je možné využiť aj ďalšie rastlinné druhy ako sú trvalky, trávy, dreviny, ktoré majú vyššie nároky na skladbu vegetačného súvrstvia, zásobovania vodou a živinami. Vyššia starostlivosť

pozostáva z potreby závlahy v suchších obdobiach v roku. Ďalšie pestovateľské zásahy výrazne neprevyšujú starostlivosť o extenzívne strechy. Na streche sa neráta so spontánnymi osídlením ďalšími pri zriaďovaní nepoužitými druhmi. Čo sa týka mocnosti vegetačného súvrstvia tak u polo intenzívnych striech sa zvyčajne pohybuje v rozmedzí 150-330 mm. Pri priaznivých klimatických podmienkach môže byť mocnosť súvrstvia len 120 mm, naopak pri použití trvaliek a drevín je možné použiť súvrstvie o mocnosti až 350 mm, niekedy aj viac.

Typy porastov polo intenzívnych striech

Trvalky (pereny) – inak záhradnícky výraz zahrňujúci pestovateľské druhy a odrody vytrvalých bylín, ktoré sú podľa botanickej definície viacročnými nedrevnatými rastlinami. Nepriaznivé vegetačné podmienky veľmi často prečkávajú iba podzemné orgány, čiže korene, podzemky, hlúzy a cibule.

Trávy a byliny – zhodné s typmi pri extenzívnych strechách (viď str. 41).

Kry – drevité vytrvalé rastliny, ktoré sa rozdeľujú do množstva vetví bez kmeňa nízko nad zemou. (Burian a kol., 2019; Svaz zakladaní a údržby zeleně, 2016)

Ide hlavne o vyššie rastliny a byliny tiež v kombinácií s extenzívnymi rastlinami, napríklad:

- *Campanula rotundifolia* (Zvonček ohrúhohlistý),
- *Dianthus carthusianorum* (Klinček kartuziánsky),
- *Dianthus deitoides* (Klinček slzičkový),
- *Euphorbia myrsinites* (Mliečnik myrtovitý),
- *Festuca ovina* (Kostrava ovčia),
- *Hieracium pilosella* (Jastrabník chlpaník),
- *Hypericum perforatum* (Ľubovník bodkovaný),
- *Linaria cymbalaria* (Cimbalok múrový),
- *Linum perenne* (Ľan trváci),
- *Carex flacca* (Ostrica chabá),
- *Petrorhagia saxifraga* (Tunika lľomikameňovitá)
- *Prunella grandiflora* (Čiernohlávk veľkokvetý) (Isover, 2019)

Aj pri tomto druhu zelenej strechy je možné typy porastov kombinovať. Príklad polo intenzívnej pobytovej zelenej strechy na terase bytového domu je uvedený na obrázku č.23 od autora projektu Atelier Partero s.r.o.

Obrázok 23 Polo intenzívna pobytová zelená strecha na terase bytového domu v Praze od ateliéru Partero.(<https://www.zelenastrecharoku.cz/cs/>, 2019)



Intenzívna zelená strecha

Podstatou týchto striech je úprava podmienok pre zvolenú vegetáciu vrátane pravidelnej údržby, čo zahŕňa prihnojovanie, zavlažovanie, kultiváciu a odstraňovanie nežiaducich rastlín, pravidelné kosenie trávniku a mnohé ďalšie. Výber rastlín sa podriaďuje architektonickému zámeru a spravidla pobytovej funkcii. Podmienky a starostlivosť sa maximálne prispôbujú vegetácii. Vegetáciu týchto striech tvoria rastliny s vysoko estetickou a úžitkovou hodnotou, výber je obmedzený niekoľkými faktormi prostredia, ktoré nie je možné dostupnými technickými prostriedkami upraviť. Mocnosť súvrstvia zodpovedá veľkosti a nároku použitých rastlín a obvykle je vyššie než 300 mm. Povrch vegetačného súvrstvia býva často modelovaný a v niektorých častiach potom môže byť mocnosť aj nižšia. Zväčša tieto strechy bývajú pochôdzne a pobytové a častokrát sú doplnené a spevnené plochy s mobiliárom (nábytok, koberce, sochy atď.)

Typy porastu intenzívnych striech

Intenzívne strechy môžu pozostávať zo skoro neobmedzenej rozmanitosti výberu rastlín a dizajnu, podobne ako záhrady na rastlinnom teréne. Samozrejme existujú aj obmedzenia, ktoré však závisia na konkrétnom objekte, lokalite a stanovišti. V podstate z toho vyplýva, že intenzívne strechy môžu tvoriť všetky typy porastov.

Trávnik – trávny porast bez prímеси dvojkličnolistových rastlín, ktorý je intenzívne zavlažovaný, hnojený, pravidelné kosení na malú výšku viac-krát v roku (v období rýchleho rastu aj každý týždeň).

Trvalky – zhodné s druhmi porastov polointenzívnych striech (viď str. 43.)

Kry - zhodné s druhmi porastov polointenzívnych striech (viď str. 43.)

Stromy – pre strešné záhrady sa vyberajú menej vzrastové druhy stromov.

Úžitkové rastliny – nezvyčajným typom intenzívnych zelených striech sú zelené strechy, ktoré umožňujú produkciu plodov ovocia a zeleniny. V tomto prípade musia byť strechy riešené tak, aby nemohlo dôjsť pri obrábaní pôdy k poškodeniu skladby vegetačného súvrstvia alebo hydroizolácie. (Burian a kol., 2019; Svaz zakladaní a údržby zeleně)

V tomto prípade ide o vyššie až náročnejšie rastliny, nízke kry a stromy ako napríklad:

Byliny:

- *Anthemis tinctoria* (Rumanovec farbiarsky),
- *Aster linosyris* (Zlatovlások obyčajný),
- *Centaurea scabiosa* (Nevädza hlaváčovitá),
- *Dianthus carthusianorum* (Klinček kartuziánsky),
- *Hieracium pilosella* (Jastrabník chlpánik),
- *Chrysanthemum leucanthemum* (Margaréta biela),
- *Iris tectorum* (kosatec strešný),
- *Origanum vulgare* (Pamajorán obyčajný),
- *Petrorhagia saxifraga* (Tunika lomikameňovitá),
- *Verbascum nigrum* (Divozel čierny).

Trávy:

- *Bromus tectorum* (Stoklas strechový),
- *Carex humilis* (Ostrica nízka),
- *Festuca amethystina* (Kostrava ametystová),
- *Festuca ovina* (Kostrava ovčia),
- *Festuca rupicaprina* (Kostrava kamzičia),
- *Melica ciliata* (Mednička brvitá),
- *Poa compressa* (Lipnica stlačená).

Listnaté a uhličnaté dreviny:

- *Amelanchier ovalis* (Muchovník vajcovitý),
- *Salix lanata* (Vrba vlnitá),
- *Genista lydia* (Kručinka),
- *Cytisus purpureus* (Zanovať purpurová),
- *Rosa pimpinellifolia* (Ruža bedrovníkolistá),
- *Juniperus communis* (Borievka obyčajná),
- *Pinus mugo mughus* (Borovica kosodrevinatá). (Isover, 2019)

Nižšie na obrázku č.24 je vyobrazená intenzívna strecha na stavbe DRN, známej ako Palác Národní, ktorý vznikol ako viacúčelový projekt domu v srdci Prahy. (Časopis stavebnictví, 2018)



V prípade ak by bolo navrhované strešné jazierko, tak pripadajú do úvahy vodné rastliny bahenné a plytko vodné, medzi ktoré radíme napríklad:

- *Typha shuttleworthii* (Pálka striebrosivá),
- *Caltha palustris* (Záružlie močiarna),
- *Myosotis palustris* (Nezábudka močiarna),
- *Nymphaea tetragon* (Lekno štvorhranné),
- *Utricularia vulgaris* (Bublinatka obyčajná),
- *Iris pseudacorus* (Kosatec žltý). (Isover, 2019)

V publikácii *Vegetačné súvrstvie zelených striech* sa uvádza doporučený sortiment rastlín podľa výšky substrátu. Zoznamy rastlín do menej než 80 mm substrátu môžeme vidieť v prílohe č. 10., do výšky minimálne 80 mm v prílohe č. 11., a v prílohe č. 12 s výškou nad 100 mm. (Burian a kol., 2019; Svaz zakladaní a údržby zeleně)

1.8.2 Podľa prístupnosti

Nepochôdzne strechy

Táto strecha nie je primárne určená k pohybu osôb. Na takéto strechy majú prístup iba povolené osoby, ktoré majú za úlohu kontrolovať alebo udržiavať vegetáciu, strešné a doplnkové konštrukcie, prípadne technologické. Keďže sa jedná o plochy ťažko prístupné s obmedzenou možnosťou údržby, tak je na takýchto strechách potrebný taký typ súvrstvia vegetácie, ktorá je dlhodobo stabilná, najmenej náchylná k zarastaniu plevelom a má minimálne nároky na údržbu.

Pochôdzne strechy

Tento typ strechy je opäť prístupný iba pre povolené osoby a to v obmedzenou rozsahu (zvyčajne za účelom pravidelnej obsluhy konkrétneho zariadenia). Pre tieto účely je ideálne vybudovať chodníky z kameniva, roštov, dlaždíc alebo kameňa, aby nedochádzalo k poškodeniu vegetácie.

Pobytové strechy

Sú to strechy, ktoré sú určené pre pobyt a pohyb ľudí a sú bežne prístupné. Môžu to byť súkromné zelené strechy (terasy a strechy bytov alebo rodinných domov), vyhradené zelené strechy (prístupné pre zamestnancov, klientov inštitúcií a firiem) alebo verejné (prístupné širokej verejnosti). V tomto prípade musia byť zriadené bezpečnostné opatrenia pred pádom a to buď zábradlím alebo inou zábranou. (Burian a kol., 2019; Svaz zakladaní a údržby zeleně)

1.8.3 Podľa doplnkovej funkcie

Retenčné zelené strechy

Určené prevažne k zadržiavaniu maximálneho množstva zrážkovej vody a spomaleniu odtoku do kanalizácie.

Zelené strechy podporujúce biodiverzitu

Sú navrhované s dôrazom na veľkú rozmanitosť živočíšnych a rastlinných druhov. Na týchto strechách je možné vytvoriť náhradné plochy zelene s premenlivou vrstvou substrátu a rôznorodou vegetáciou, čo samozrejme vytvára vhodné prostredie pre životný cyklus množstva rastlín a živočíchov a častokrát i vzácných bezstavovcov.

Fotovoltaické zelené strechy

Umožňujú využívať vegetáciu v kombinácii s fotovoltaickými panelmi (solárnymi). Pri umiestnení týchto panelov na zelené strechy sa uplatňujú synergické efekty priaznivé pre výrobu energie. Účinnosť fotovoltaiky v letnom období a pri teplotách nad 25 °C zvyčajne klesá, chladivý efekt vegetácie preto pôsobí kladne.

Pestovateľské zelené strechy

Prestavujú možnosť pestovania plodín v husto zastavanej mestskej oblasti. U takýchto striech nie je najdôležitejší ekonomický prínos, ale prínos skôr ekologický a sociálny. Pestovateľské zelené strechy predstavujú veľký potenciál hlavne pre školy, či susedské komunity a sociálne zariadenia. Takéto „strešné farmy“ sa hodia i pre strechy supermarketov, reštaurácií a hotelov, ktoré tak môžu využívať čerstvé plodiny z ich vlastnej produkcie. (Burian a kol., 2019; Svaz zakladaní a údržby zeleně)

1.8.4 Podľa skladby vegetačného súvrstvia

Jednovrstvová skladba vegetačného súvrstvia

Substrát tu plní funkciu vegetačnú, hydro-akumulačnú a drenážnu. Táto skladba sa uplatňuje predovšetkým u jednoduchých extenzívnych a u šikmých zelených striech. Základnou požiadavkou je minimálny obsah vyplaviteľných častíc v substráte a jeho dostatočná priepustnosť, zaisťujúcich odvádzanie prebytočnej vody.

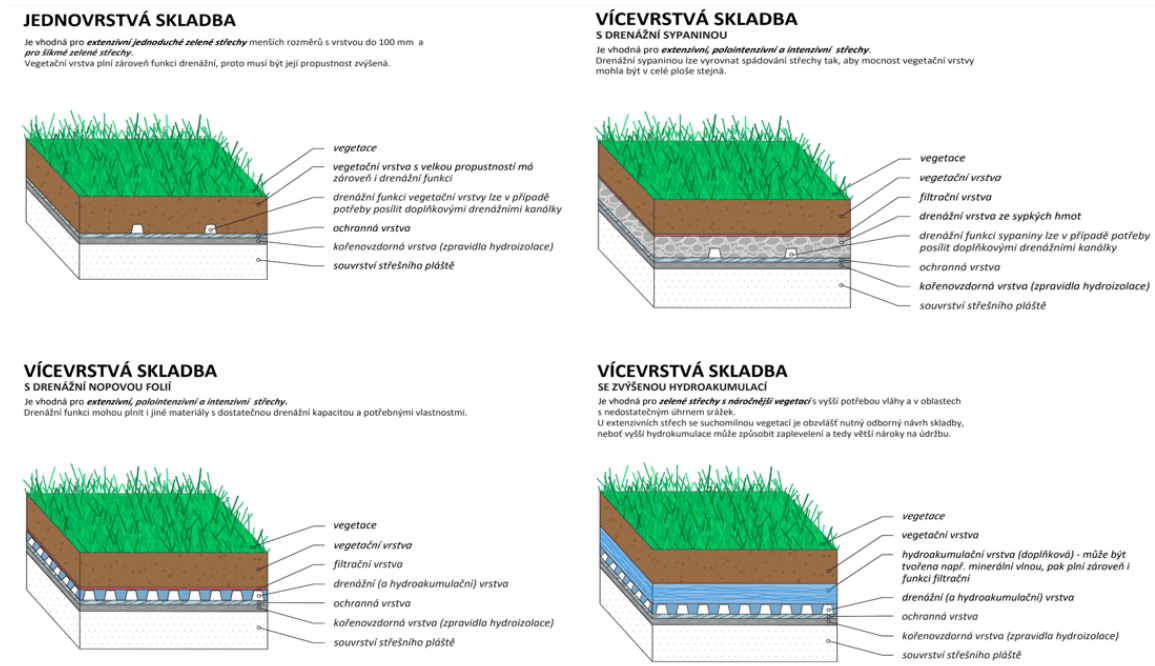
Viacvrstvová skladba vegetačného súvrstvia

Vegetačné súvrstvie sa v tomto prípade skladá z niekoľkých samostatných funkčných vrstiev, najčastejšie je tvorené vrstvou vegetačnou, filtračnou, hydro-akumulačnou, drenážnou a ochrannou. Táto skladba sa uplatňuje u intenzívnych a väčšiny plochých extenzívnych zelených striech. Na voľbu vhodného typu vegetačného súvrstvia a formu vegetácie má rozhodujúci vplyv niekoľko faktorov a to:

- spôsob využitia (bez využitia, trvalý pobyt ľudí, príležitostný pobyt osôb, prevádzku verejnosti, prevádzku vozidiel, súkromná alebo komerčná záhradnícka/poľnohospodárska činnosť),
- stavebné technické podmienky (sklon, nosnosť stavebnej konštrukcie, spôsob odvádzania zrážkovej vody, skladba strešného plášt'a),
- vlastnosti stavebnej konštrukcie (použité materiály, priehyb),
- konkrétne podmienky stanovišťa (napr. orientácia k svetovým stranám, veterná poloha, odraz svetla alebo zatienenie. zrážkový tieň),
- výška objektu a jeho umiestnenie v krajine (viditeľnosť strechy, namáhanie saním vetra), možnosť následnej údržby (prístupové cesty, likvidácia odpadu, využitie mechanizácie, finančná stránka). (Burian a kol., 2019; Svaz zakladaní a údržby zeleně)

Nižšie na obrázku č. 25 je možné vidieť schému jednovrstvovej a viacvrstvovej skladby súvrstvia s drenážnou sypaninou, s drenážnou nopovou fóliou a so zvýšenou hydroakumuláciou. V prílohe č. 9 je uvedené rozdelenie zelených striech podľa druhu vegetácie a skladby súvrstvia podľa publikácie štandardov vegetačného súvrstvia zelených striech, kde uvedené hodnoty plošnej hmotnosti a mocnosti sú iba orientačné a uvádzané ako príklad.

Obrázok 25 Schéma vegetačného súvrstvia jednovrstvovej a viacvrstvovej skladby súvrstvia (<https://www.zelenestrechy.info/>, 2019)



1.8.5 Podľa sklonu zelených striech

Plochá strecha

Strecha so sklonom vonkajšieho povrchu $\alpha \leq 5^\circ$

Šikmá strecha

Strecha so sklonom vonkajšieho povrchu $5^\circ < \alpha \leq 45^\circ$ a to s ohľadom na konštrukciu vegetačného súvrstvia a zaistenie proti schádzaniu vrstiev delíme šikmé strechy na strechy s miernym sklonom $5\text{--}20^\circ$ a s veľkým sklonom $20\text{--}45^\circ$.

Strmá strecha

Strecha so sklonom vonkajšieho povrchu $45^\circ < \alpha \leq 90^\circ$. (Burian a kol., 2019; Svaz zakládání a údržby zeleně)

1.8.6 Podľa priestorovej väzby na terén

Na základe priestorového vzťahu k parteru (prízemná časť budovy, scenérie, krajiny) alebo rastlinnému terénu sa definujú tri základné typy:

V úrovni s parterom

Strešné záhrady v úrovni s parterom predstavujú veľmi dôležité verejné priestory. Zvyčajne sú vnímané ako neodmysliteľná súčasť mesta a užívateľ z pravidla nevie, že sa pohybuje na stropnej konštrukcii podzemného objektu. Takýto objekt môže plniť najrôznejšie funkcie ako napríklad stanice metra, podzemné garáže, obchody, atď. Tieto úpravy sú s ohľadom na intenzitu prevádzky budované najčastejšie ako intenzívne zelené strechy.

V dotyku s parterom

V rámci dotyku s parterom predstavujú silný nástroj architektov pri hľadaní nových foriem vytvárania predovšetkým mestských priestorov. Pri využití tohto typu vo voľnej krajine umožňuje začlenenie budovy alebo jej časti do okolitého prostredia a to s ohľadom na extrémne podmienky pre vegetáciu sú tieto úpravy najčastejšie budované ako extenzívne, poprípade polointenzívne zelené strechy.

Bez dotyku s parterom

Typ bez dotyku s parterom je najčastejším druhom strešných záhrad. Tieto úpravy môžu plniť tiež najrôznejšie funkcie pri rešpektovaní prevádzkových a kompozičných obmedzení, ktoré vyplývajú z funkcie objektu a požiadaviek užívateľa. Samozrejme, že týmto obmedzeniam musí zodpovedať aj forma strešnej záhrady – intenzívne, extenzívne resp. polointenzívne zelené strechy. (Burian a kol., 2019; Svaz zakládání a údržby zeleně)

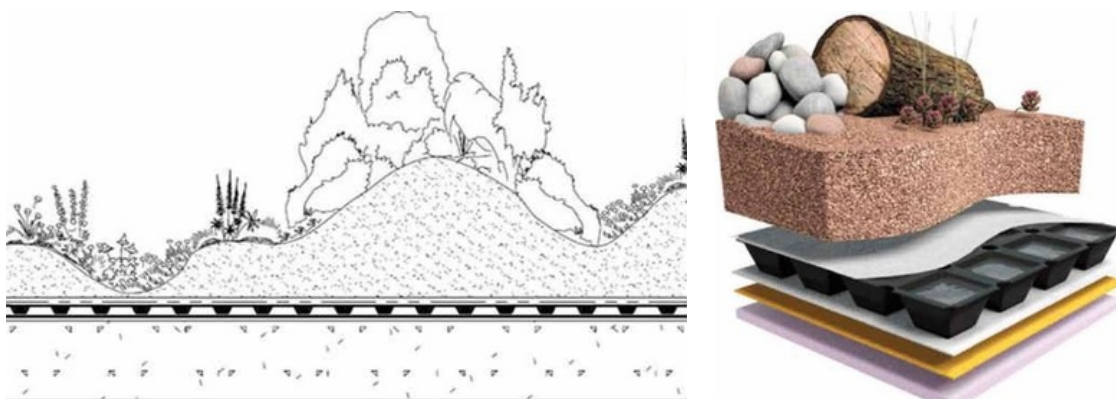
1.8.7 Alternatívy zelených striech

Okrem zelených striech dnes máme aj iné retenčné alebo detenčné strechy a tými sú hnedé a modré strechy.

1.8.8 Hnedé strechy

Hnedé strechy sa často krát považujú za nový typ zelených striech a to tým, že sa podobajú ich skladbe a vlastnostiam. Pomer zadržiavania dažďovej vody je preto systémovo porovnateľný ako u striech zelených. Najväčším rozdielom je ale pomer biodiverzity, ktorou tieto strechy disponujú. U hnedých striech je povrch substrátu ponechaný celkom alebo skoro bez vegetácie a to za účelom postupného prirodzeného ozelenenia lokálnymi druhmi rastlín. Hlavnou vlastnosťou takejto bio diverznej strechy je maximálna imitácia terénu. Pri jej inštalácii sa používajú prvky ako kmene stromov, vodné plochy, piesok, kamene a premenlivá šírka substrátu. Dole na obrázku č. 26 je možné vidieť skladbu hnedej strechy. (Selník a kol., 2020)

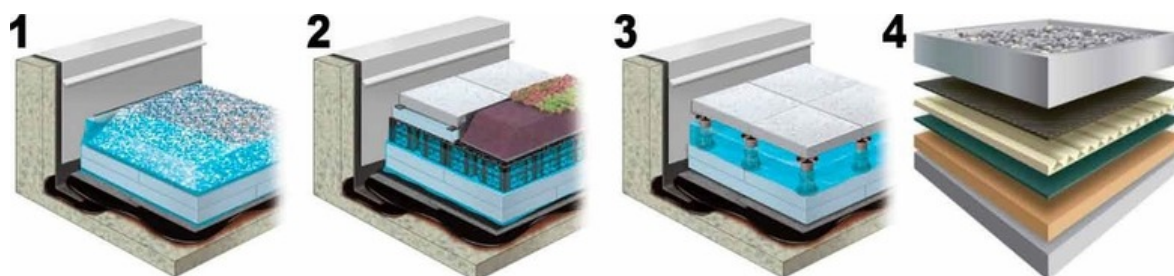
Obrázok 26 Hnedá strecha (<https://stavba.tzb-info.cz/>, 2020)



1.8.9 Modré strechy

V anglickej literatúre sa vyskytujú pod názvom modré strechy, no v ČR sa používa skôr pojem štrkové strechy. Predstavujú systémy riadeného odtoku dažďovej vody zo striech a sú určené k retencii zrážkovej vody podobne ako zelené strechy. Takýto typ striech je efektívny iba pri plochých strechách s miernym sklonom okolo 2%. Hlavnou funkciou je teda zadržiavanie dažďovej vody a spomalenie jej odtoku. Tieto strechy zadržiavajú vodu dočasne s nasledujúcim vypúšťaním do iného objektu na zadržanie alebo ako spomalenie odtoku zrážkovej vody z územia pre účely jej využitia v budove napríklad pre splachovanie toalety a na pozemku pre zalievanie. Voda, ktorá je zadržaná sa môže čiastočne vypariť. Na rozdiel od zelených striech zvyčajne neplnia estetickú funkciu, nepodporujú biodiverzitu a tiež nezlepšujú kvalitu vzduchu nad povrchom, to iba v prípade kombinácie zelených a modrých striech. Voda na streche môže byť zbieraná na povrchu so štrkovou balastnou vrstvou alebo bez nej, vo špeciálnych kontajneroch so štrkom alebo v špeciálnych retenčných plastových blokoch s možnosťou inštalácie vegetačného súvrstvia nad nimi (modro-zelená strecha). Balastná strecha je najjednoduchším prevedením modrej strechy. Voda sa zadržiava v medzerách vrstvy štrku a do určitej miery aj nad ňou. Taktiež sa voda môže na streche zbierať aj priamo na hydroizolácii bez balastnej vrstvy. Skladby modrých striech a ich poradie vrstiev sa líšia podľa spôsobu akumulácie a tiež podľa výrobcu. Obrázok č. 27 nám približuje druhy modrej strechy, kde 1 - je balastný typ, 2 - typ s plastovými blokmi (modro-zelená strecha), 3 - typ s terasou nad vodo-izolačnou vrstvou, 4 - kontajnerový typ. (Selník a kol., 2020)

Obrázok 27 Typy modrej strechy (<https://stavba.tzb-info.cz/>, 2020)



1.8.10 Spôsob akumulácie vody

Z praxe je jasné, že pri zelených strechách sa voda najčastejšie zadržiava v špeciálnych vrstvách ako substrát alebo retenčná vrstva v rôznych vláknitých, či tvarových materiáloch. Existujú sa aj tzv. meandrové (profilové plastové) panely, ktoré súčasne slúžia ako drenážna vrstva na spomalenie odtoku a to vďaka špeciálnemu profilu, ktorý predlžuje cestu vody do vpusti. To všetko sa dá vysvetliť tým, že pri zelených strechách je potrebné dažďovú vodu nielen zachytiť, ale tiež ju tam zadržať na nejakú dobu pre rastliny v prípade sucha a to vo vrstve alebo materiáli dosiahnuteľnom pre korene. U modrých striech sa doposiaľ nepoužívali vrstvy z vláknitých materiálov, ale častejšie zo sypkých ako napríklad štrku alebo plastových vodo-izolačných dosiek s vysokým profilom. Ďalšou alternatívou je aplikácia blokov, kde prevláda spôsob zbierania vody v kontajneroch.

Modré strechy sú novou technológiou a česká legislatíva a české normy zatiaľ tento pojem neuvádzajú. Z toho vyplýva, že pre modré strechy nie sú určené ani súčinitelia odtoku. Naopak zelené strechy sú známe zmenšeným odtokom dažďovej vody a tiež elementárne zakotvené v súčasných stavebných normách. Nedostatkom je však, že norma ČSN 75 6760 Vnútorňá kanalizácia uvádza iba tri možné súčinitele odtoku bez zásadného ohľadu na hrúbku vrstvy substrátu, či zapojenie technických vrstiev. V súčasnosti už existujú retenčné materiály, ktoré dokážu zadržiavať vodu lepšie ako substrát a preto aj pri menších hrúbkach substrátu sa dá dosiahnuť zníženie súčiniteľa odtoku (podiel vsiaknutej vody dosiahne až 100% pri menších dažďových udalostiach).

Odporúča sa pre jednotlivé druhy striech (zelené, hnedé a modré) vychádzať z overeného výpočtu a aplikovaného výskumu na základe správnej hydrologie navrhovaného dažďa, hydraulického výpočtu retencie resp. detencie a správneho návrhu nasledujúcich hydrotechnických objektov pre retenciu prípadne detenciu s regulovaným odvedením odtoku zrážkových povrchových vôd. (Selník a kol., 2020)

1.8.11 Spôsob odvodnenia

Na stavebnom pozemku má byť podporovaný výpar zrážkovej vody do ovzdušia za účelom zachovania zdravej mikroklimy urbanizovanej oblasti. Odporúča sa, aby aspoň 30% z celkovej zastavanej plochy pozemku bolo prispôbené tak, aby sa časť zadržanej vody mohla odpariť do ovzdušia priamo (evaporácia) alebo prostredníctvom vegetácie (transpirácia). Toto je možné dosiahnuť prostredníctvom vegetačných striech alebo vegetačných krytov fasád. Pri voľbe spôsoboch odvodnenia je nutné aby bola zohľadnená uskutočniteľnosť a prístupnosť, z ktorých vyplynie technické riešenie vrátane prípadnej nutnosti pred čistenia zrážkovej vody. Voľba odvodnenia sa riadi niekoľkými prioritami a tými sú:

- odvádzanie zrážkovej vody do pôdneho a horninového prostredia (vsakovanie), pri nedostatočnej vsakovacej schopnosti sa vsakovanie kombinuje s retenciou a regulovaným odtokom, pri neuskutočniteľnosti alebo neprípustnosti vsakovania sa postupuje podľa priority uvedenej v bode 2. normy TNV 75 9010,
- retencia a regulované odvedenie zrážkových vôd do povrchových vôd, pri neuskutočniteľnosti alebo prípustnosti regulovaného odvádzania do povrchových vôd sa postupuje podľa priority v bode 3. normy TNV 75 9011,
- retencia a regulované odvádzanie zrážkových vôd jednotnou kanalizáciou.

Pri regulovanom odvádzaní zrážkových vôd do povrchových vôd je možné opatrenie HDV (hospodárenie s dažďovou vodou) reťaziť v nasledujúcom poradí:

- opatrenie u zdroja, to sú spôsoby zníženia, či prevencie zrážkového odtoku priamo v mieste jeho vzniku a zníženie jeho znečistenia (napr. minimalizáciou spevnených povrchov, použitím priepustných a polopriepustných spevnených povrchov, vegetačných striech, pravidelných čistením povrchov, akumuláciou a využívaním zrážkovej vody),
- opatrenie na pozemku odvodňovanej nehnuteľnosti, či priamo susediacim s odvodňovanou pozemnou komunikáciou (napr. ryhy, vsakovacie šachty atď.),
- opatrenia spoločné pre viac pozemkov (zaústenie regulovaných odtokov a vôd z bezpečnostných prelivov z decentrálnych objektov napr. do suchých zatrávnených retenčných nádrží alebo umelých močiarov). (TNV 75 9011, 2013)

1.8.12 Vsakovanie

U každej stavby musí byť uskutočnená geologický prieskum, ktorý zhodnotí možnosť vsakovania zrážkových vôd. Rozsah, spôsob a výstupy tohto prieskumu pre vsakovanie podrobne stanovuje norma ČSN 75 9010. Medzi hlavné aspekty, smerodajné pre uskutočniteľnosť vsakovania z geologického hľadiska sú:

- vsakovacia schopnosť horninového a pôdneho prostredia, ktorá určuje veľkosť vsakovacej plochy vsakovacieho zariadenia (čím vyšší koeficient vsaku tým môže byť menšia táto plocha),
- mocnosť zle priepustných krycích vrstiev (nad pôdnym a horninovým prostredím, do ktorého sa vsakuje), ktorá ovplyvňuje technické a konštrukčné riešenia vsakovacieho zariadenia,
- vzdialenosť hladiny podzemnej vody, ktorá limituje možnú hĺbku vsakovacieho zariadenia, úroveň základovej škáry vsakovacieho zariadenia by mala byť aspoň 1,0 m nad maximálnou hladinou podzemnej vody. (TNV 75 9011, 2013)

1.8.13 Zníženie a prevencia vzniku zrážkového odtoku u zdroja prostredníctvom vegetačných striech

Ako bolo vyššie pri zelených strechách spomenuté, tak sú to vegetačné strechy s viacvrstvovými systémami, ktoré zahrňujú konštrukciu strechy, filtračnú vrstvu a vegetačný pokryv. Vegetačné ako aj štrkové strechy sa navrhujú za účelom zníženia zrážkového odtoku, zníženia kulminačných prietokov a zvýšeniu evapotranspirácie. Konštrukcia strechy musí byť navrhnutá a dimenzovaná na zaťaženie, ktoré zahŕňa okrem iného aj hmotnosť filtračnej vrstvy a vegetačnej vrstvy, ktoré sú plne nasýtené vodou. Preto musí byť filtračná vrstva vegetačných striech dobre priepustná a musí mať vysokú retenčnú schopnosť a nízku mernú hmotnosť. Je samozrejmosťou, že vegetačný pokryv musí splňať účel a funkciu strechy. (TNV 75 9011, 2013)

Akumulácia a využívanie zrážkovej vody

Medzi hlavné dôvody využívania dažďovej vody v nehnuteľnostiach a príľahlých pozemkoch je náhrada a úspora pitnej vody, predovšetkým pre zavlažovanie, pranie oblečenia, splachovanie toalety, upratovanie, či umývanie auta.

Spôsob využívania zrážkovej vody ovplyvňuje systém úpravy a akumulácie vody. Tento spôsob sa delí:

- systémy pre využívanie zrážkovej vody iba pre zavlažovanie, so zníženými nárokmi na akosť zrážkovej vody,
- systémy pre využívanie zrážkovej vody pre ďalšie činnosti, ktoré sú uvedené v norme TNV 75 9011 so zvýšenými nárokmi na akosť zrážkovej vody a tiež technologické vybavenie systému. (TNV 75 9011, 2013)

Hospodárenie s vodou prostredníctvom vegetačných striech

Zásadnou úlohou pri projektovaní zelených striech je pochopenie pohybu dažďovej vody od okamihu jej dopadu na jednotlivé rastliny až po výsledný odtok prebytočnej vody mimo budovu. Je dôležité si uvedomiť, že ak dôjde k prebytku vody v streche, tak dôjde k zaťaženiu nosnej konštrukcie. Toto premočenie môže byť pre korene niektorých rastlín až devastujúce. Na druhej strane ak voda zo strechy odtečie veľmi rýchlo a žiadna sa v nej nezadrží, v tomto prípade rastliny trpia suchom. V prvom rade je preto nutné najprv určiť s akým množstvom vody sa bude pracovať. Pri navrhovaní vegetačných striech je nevyhnutné zaujímať sa o vodu prívalovú (zrážkový úhrn s dobou trvania od piatich minút až do sedemdesiatdva hodín) a tiež s dlhodobými ročnými úhrnmi zrážok. (Isover, 2019)

Odvodnenie strechy

Vegetačné strechy sú schopné časť vody zadržať a prebytok odvieť preč do akumuláčného zariadenia po prípade do kanalizácie (ak nie je vodu možné ďalej využiť). Je podstatné, aby voda v prvom rade vsiakla do substrátu a hydroakumulačnej vrstvy, tam bola zadržaná a až potom bola odvedená spodnou funkčnou vrstvou. U striech šikmých je dôležité udržať vodu v skladbe proti gravitácii. Preto sa u takýchto striech s hydrofilnou vlnou sa medzi dosky vkladajú drenážne spomaľovače na obmedzenie odtoku vody. V publikácii Vegetační souvrství zelených střech sa uvádza, že gravitačné odvodnenie striech sa uskutočňuje zväčša pomocou strešných vtokov (ploché strechy) alebo odvodňovacích žľabov (ploché a šikmé strechy). Jedna strešná plocha musí byť odvodnená minimálne dvoma strešnými vtokmi. Strechy s vnútorným odvodnením musí mať bez ohľadu na veľkosť strechy minimálne jeden bezpečnostný (núdzový) prepád. Pri použití jedného vtoku u malých striech, musí byť vždy doplnený bezpečnostných prepádom. Odvodňovacie prvky je nutné udržiavať, musia byť trvalo prípustné pre pravidelné kontroly a čistenie. (Isover, 2019)

Súčiniteľ odtoku C

Pri navrhovaní odvodňovania šikmých a plochých striech sa vždy stanovuje súčiniteľ odtoku C, ktorý predstavuje bezrozmerné číslo, ktorého maximálna hodnota je rovná 1 a jeho použiteľná hodnota vyjadruje schopnosť povrchu strechy odvádzať dažďovú vodu. Hodnota súčiniteľa odtoku C je ovplyvnená mocnosťou a zložením vegetačnej vrstvy, vegetáciou, sklonom strechy, prítomnosťou dodatočnej hydroakumulačnej vrstvy a tiež klimatickými podmienkami. Súčiniteľ odtoku je dvojakého druhu a to:

- C – súčiniteľ špičkového odtoku, ktorý udáva odtok počas navrhovaného dažďa o danej intenzite a trvania, je smerodajný pre návrh odvodnenia strechy, dimenzia zvodu a kanalizačného potrubia,
- ψ [psí] – súčiniteľ objemového (dlhodobého) odtoku udáva strednú alebo priemernú hodnotu odtoku v dlhšom časovom horizonte (napr. za rok), je určujúci pre výpočet množstva zrážkových vôd, ktoré sú odvádzané do kanalizácie. (Burian, 2019)

Ak nie sú k dispozícii súčinitele odtoku konkrétnych skladieb vegetačného súvrstvia, tak sa použijú pre výpočet hodnoty z nižšie priloženej tabuľky č. 3, v ktorej sú porovnávané hodnoty súčiniteľov odtoku zrážkovej vody zo zelenej strechy podľa mocnosti vegetačného súvrstvia a tiež podľa relevantnosti nemeckej, rakúskej a českej normy a tiež podľa smernice FLL. V tabuľke je možné vidieť aj hodnoty ak to dané normy alebo smernica uvádzajú v závislosti na sklone strechy. Presnejšie hodnoty však môže pre definované vegetačné súvrstvie udávať priamo výrobca alebo dodávateľ, a to na základe merania v akreditovanej skúšobni. (Burian, 2019)

Tabuľka 3 Súčiniteľ odtoku zrážkovej vody C a ψ zo zelenej strechy podľa mocnosti vegetačného súvrstvia podľa súvisiacich noriem: nemecká, rakúska, česká a podľa smernice FLL pre zelené strechy. Rozlišuje sa medzi špičkovými a priemernými hodnotami a sklonom (<https://www.zelenestrechy.info/>, 2019)

Mocnosť	DIN 1986-100		ÖNORM B 2501	ČSN 75 6760		FLL		
	C ($\leq 5^\circ$)	Ψ ($\leq 5^\circ$)	C	C ($< 5\%$)	C ($> 5\%$)	C ($< 5^\circ$)*	C ($> 5^\circ$)	Ψ^{**}
2-4 cm	0,5	0,3	0,8	0,7	0,8	0,7	0,8	0,6
4-6 cm						0,6	0,7	0,55
6-8 cm			0,5			0,6	0,5	
8-10 cm			0,5			0,6	0,5	
10-15 cm	0,4	0,2	0,3	0,4	0,5	0,4	-	0,45
15-25 cm						0,3		0,4
25-30 cm			0,3			0,4		0,4
30-50 cm	0,2	0,1	0,1	0,3	0,3	0,2	-	0,3
> 50 cm						0,1		0,1

*Súčiniteľ špičkového odtoku je meraný pre navrhovaný dažď o intenzite $0,04 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ po dobu 15 min., celkový zrážkový úhrn činí 27 mm.

** Hodnoty sa vzťahujú k miestam s ročným úhrnom zrážok 600-850 mm na základe niekoľko ročného merania.

V prípade striech so sklonom nad 5° (8,7%) sa odporúča pracovať u skladieb s drenážnymi panelmi so spomaľovačmi odtoku vody zo skladieb. Ak by neboli použité, tak je nutné súčiniteľ odtoku navýšiť. Pre dimenzovanie drenážnej vrstvy a výpočet odvodnenia je kľúčový odvod vody pri prívalovom daždi. Prebytok vody musí byť bezpečne odvedený do drenážnej vrstvy a následne k strešným vtokom alebo inému odvodňovaciemu zariadeniu. Požadovaný výkon takejto vrstvy sa stanovuje podľa tejto rovnice:

$$q' = \frac{A \cdot C \cdot q}{b}$$

kde je

q' – celkový odtok dažďovej vody zo strechy [$\text{l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-1}$],

A – odvodňovaná plocha [m^2],

C – súčiniteľ odtoku [-],

b – výpočtová odtoková šírka (voľná šírka u vpusti alebo žliabku) [m],

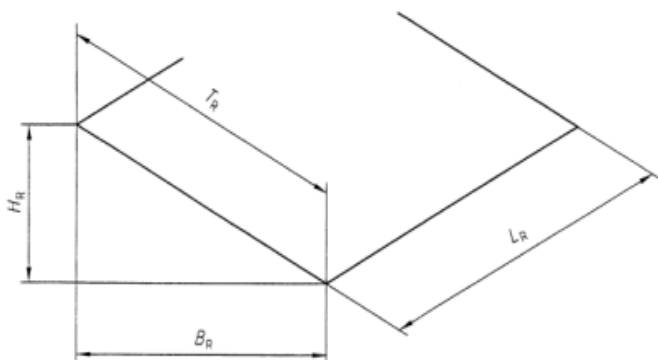
q – návrhový 15minutový dažď [$\text{l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$]

Ak je odvodňovacia plocha alebo jej časť vo väčšom sklone ako 5% berie sa odvodňovacia plocha podľa tejto rovnice:

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

Na obrázku č. 28 je možné vidieť popis plochy odvodňovanej strechy so sklonom väčším než 5% (šikmej strechy) podľa vyššie vyobrazenej rovnice. (Burian, 2019)

Obrázok 28 Popis plochy odvodňovanej šikmej strechy (<https://www.zelenestrechy.info/>, 2019)



Výpočet množstva dažďových, odpadových vôd zo zelených striech

Vypočítané je množstvo odvádzaných zrážkových, odpadových vôd podľa lokality, periodicity dažďa, typu a veľkosti povrchu a súčiniteľa (koeficientu) odtoku.

Príklad výpočtu množstva dažďových (zrážkových) odpadových vôd Q_r odvedených zo strechy rodinného domu o ploche $A = 150 \text{ m}^2$ v meste Brno s periodicitou dažďa 0,5 (pre obytné územie s viac než 5000 obyvateľmi, mestské centrá, priemyslové územie, drobné prevádzky) a intenzitou dažďa 165 l/s.ha berie sa do úvahy celkový zrážkový úhrn po dobu 15 minút intenzívneho dažďa. Nižšie v tabuľkách č. 4 a č.5 je možné vidieť výpočet množstva odvádzaných dažďových (odpadových) vôd v závislosti na sklone strechy a použitých súčiniteľov odtoku C vymedzených normou ČSN 75 6760 stanovených na základe rozličnej mocnosti substrátu zelených striech. Vo výsledkoch je možné vidieť, že čím je vyššia mocnosť substrátu tým je menšie množstvo odvádzaných zrážkových odpadových vôd buď do kanalizácie alebo do nádoby na zachytenie dažďovej vody. (Reinberk, 2020)

Tabuľka 4 Množstvo odvedených zrážkových, odpadových vôd zo zelenej strechy so sklonom <5% v závislosti na mocnosti substrátu (autor práce, 2022)

Mocnosť	C (<5 %)	Plocha A [m ²]	Q _{r,i} [l/s]
2-10 cm	0,7	150	1,7
10-25 cm	0,4	150	1
25 - >50 cm	0,3	150	0,7

Tabuľka 5 Množstvo odvedených zrážkových, odpadových vôd zo zelenej strechy so sklonom >5% v závislosti na mocnosti substrátu (autor práce, 2022)

Mocnosť	C (> 5 %)	Plocha A [m ²]	Q _{r,i} [l/s]*
2-10 cm	0,8	150	1,9
10-25 cm	0,5	150	1,2
25 - >50 cm	0,3	150	0,7

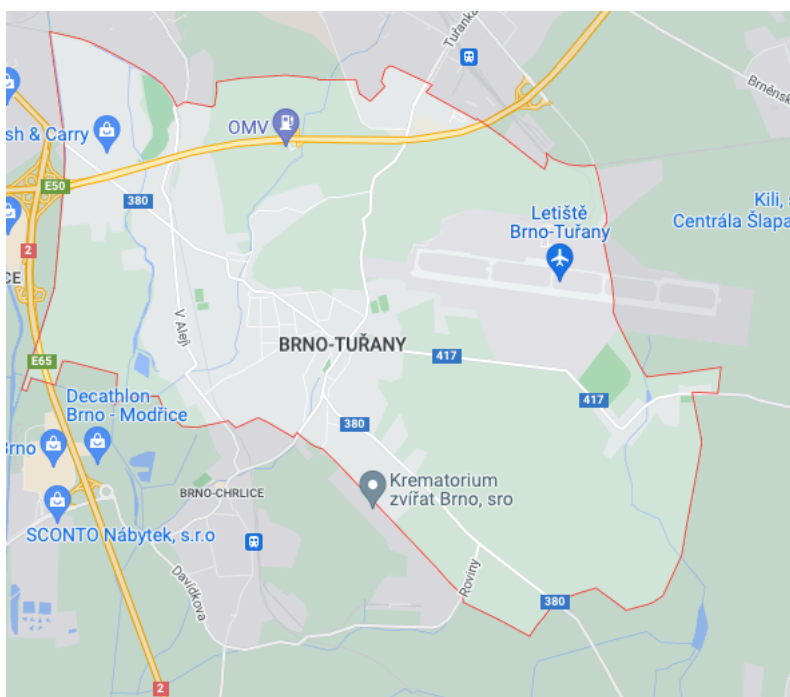
Praktická časť

1.9 Modelový projekt návrhu zelenej strechy pre rodinný dom

1.9.1 Popis vybranej lokality

Rodinný dom sa bude nachádzať zastavenej oblasti v mestskej časti Brno Tuřany. Táto mestská časť sa nachádza na juhovýchode mesta na ľavom brehu rieky Svitavy, pričom sa západná hranica tejto mestskej časti rozlieha na pravom brehu rieky. Rozloha Tuřan je 17,84 km² s počtom obyvateľstva približne okolo 5000. V západnej časti Tuřan sa nachádzajú zaujímavé miesta pre obyvateľov ako napríklad prírodná rezervácia Černovický hájek, vyhľadávaná pre oddych, turistiku, či bežkovanie. (Tuřany, 2016)

Obrázok 29 Mapové vyznačenie vybranej oblasti (www.mapy.cz, upravil autor, 2022)



Vybraná lokalita spadá do druhého klimatického regiónu, ktorý je charakterizovaný ako teplý, mierne suchý s priemerným úhrnom zrážok od 500-600mm/r a priemernou ročnou teplotou 8-9°C. V tomto regióne je 20-30%-ná pravdepodobnosť výskytu suchých vegetačných období a vlhová istota vo vegetačnom období sa pohybuje medzi 2-4. Čo sa pôdneho

zloženia týka, tak prevažujú vo väčšine černoze. Pre juhomoravský kraj, do ktorého vybraná lokalita spadá sú namerané presné hodnoty zrážkových úhrnov, ktoré poskytuje Český hydrometeorologický ústav. V práci sa využíva mesačný a ročný dlhodobý zrážkový normál (N), ktorý je priemerom zrážok za obdobie rokov 1991 – 2020. (VÚMOP, 2019; Vyhláška č. 227/201 Sb.)

Tabuľka 6 Priemerné úhrny mesačných a ročných zrážok pre Juhomoravský kraj (CHMI, upravil autor, 2022)

Mesiac	Január	Február	Marec	Apríl	Máj	Jún	Júl	August	September	Október	November	December	Rok 2021
S	33	29	16	23	72	74	82	119	23	12	44	40	566
N	29	25	35	33	61	71	76	66	56	40	36	33	561
%	114	116	46	70	118	104	108	180	41	30	122	121	101

S = úhrn zrážok [mm]
N = dlhodobý zrážkový normál 1991-2020 [mm]
% = úhrn zrážok v % normále 1991-2020

Tabuľka 7 Priemerné úhrny mesačných a ročných zrážok pre Českú republiku (CHMI, upravil autor, 2022)

Mesiac	Január	Február	Marec	Apríl	Máj	Jún	Júl	August	September	Október	November	December	Rok 2021
S	55	38	28	32	99	88	107	106	23	19	46	42	683
N	44	37	46	39	70	82	89	78	60	49	45	46	684
%	125	103	61	82	141	107	120	136	38	39	102	91	100

S = úhrn zrážok [mm]
N = dlhodobý zrážkový normál 1991-2020 [mm]
% = úhrn zrážok v % normále 1991-2020

1.9.2 Prehľad jednotlivých skladieb zelenej strechy

Strešná konštrukcia

Zelené strechy s vegetačným súvrstvom patria medzi strechy s prevádzkovaným súvrstvom podobne ako terasy, balkóny, lodžie. Na rozdiel od klasických plochých a šikmých striech musia spĺňať množstvo technických podmienok a požiadaviek ako napríklad na nosnú konštrukciu, výber a vlastnosti vhodných výrobkov, ktoré tvoria súvrstvie strešného plášťa, či dokonca aj bezpečnostné požiadavky (u verejne prístupných striech). Najčastejšie sa zelené strechy realizujú na plochých strechách, ktoré môžu byť zo stavebného hľadiska uskutočňované ako:

- jednoplášťové ploché strechy s klasickým poradím vrstiev (strechy oddelujúce chránené vnútorné prostredie od vonkajšieho jedným plášťom),
- jednoplášťové ploché strechy s opačným poradím vrstiev, označované ako strechy obrátené alebo strechy inverzné (strechy s hydroizolačnou vrstvou umiestnenou pod tepelno-izolačnou vrstvou),
- dvojplášťové strechy (strechy oddelujúce chránené vnútorné prostredie od vonkajšieho dvomi strešnými plášťami medzi ktorými je vzduchová vrstva).

Požiadavky kladené na strechy s vegetačným súvrstvom:

- únosnosť nosnej strešnej konštrukcie strešného plášťa musí byť dostatočná,
- hydroizolácia strechy musí byť odolná proti prerastaniu koreňov rastlín,
- pri strechách s tepelnou izoláciou musí byť dostatočná pevnosť ich tepelnej izolácie v tlaku a s veľmi kvalitnou parozábranou.

Nosnosť konštrukcie

Čo sa týka nosnej konštrukcie, tak je nutné dbať na vhodný výber, keďže zaťaženie závisí napríklad na váhe substrátu, ktorá sa líši v suchom a maximálnom nasýtenom stave vodou, type zelene, zaťažením snehu, vetra. Medzi najpoužívanejšie druhy sa využívajú tieto:

- železobetónová monolická alebo prefabrikovaná konštrukcia,
- keramická skladaná nosná konštrukcia,
- oceľová s nosným trapézovým plechom,
- drevené bednenie s drevenou nosnou konštrukciou.

Z hľadiska únosnosti aj možného využitia zelenej strechy je najvhodnejším typom železobetónová konštrukcia. Ľahké jednoplášťové je možné využiť u zelených striech s extenzívnou vegetáciou. Extenzívna strecha má zvyčajne malú stavebnú výšku a jej plošná hmotnosť v nasýtenom stave sa zväčša pohybuje medzi 90-200 kg*m⁻². U polointenzívnych zelených striech sa plošná hmotnosť pohybuje od 200 do 400 kg*m⁻². Intenzívne strechy majú väčšiu stavebnú výšku a jej plošná hmotnosť v nasýtenom stave závisí na skutočnej výške a materiálovom prevedení vegetačnej vrstvy a druhu vegetácie, no zvyčajne býva vyššia než 400 kg*m⁻², no pri vyššej mocnosti súvrstvia sa môže vyšplhať až na 1500-2000 kg*m⁻².

Spádová vrstva

Zabezpečuje sklon strešného plášťa k odvodňovacím prvkom. Sklon u ľahkých striech je už zvyčajne vytvorený nosnou konštrukciou strechy. U železobetónovej konštrukcie môžu byť spádové vrstvy z ľahších alebo jednoduchých betónov, no v súčasnosti sa zvyčajne vytvára sklon vodotesnej izolácie z tepelne izolačných materiálov.

Parozábrana

Charakterizovaná ako hydroizolačná vrstva podstatne obmedzujúca, či takmer zamedzujúca prenikaniu vodnej pary do stavebnej konštrukcie. Uskutočnením vegetačného súvrstvia, ktoré býva vďaka akumuláčnej vrstve a niekedy aj vďaka pravidelnému zavlažovaniu skoro po väčšinu roka vlhké sa významne zníži postup vodnej pary strešným plášťom. Práve vegetačné súvrstvie významne obmedzuje pozitívny vplyv slnečného žiarenia na vyparovanie vodnej pary zo strešného plášťa do exteriéru. Preto je kvalitná parozábrana dôležitou súčasťou strechy s vegetačným súvrstvom. V rámci vzduchotesnosti má dôležitý význam hlavne u striech s nosnou konštrukciou z trapézového plechu alebo dreveného bednenia. Mali by byť použité kvalitné parozábrany najlepšie z asfaltových pásov s nosnou vložkou hliníkovej fólie.

Tepelná izolácia

Najväčší vplyv na tepelné technické parametre celého súvrstvia má hrúbka a typ aplikovaného tepelného izolantu. Pri projektovaní zelenej strechy je z hľadiska tepelnej izolácie dôležité navrhnuť skladbu strechy, ktorá zaistí dosiahnutie určeného stavu vnútorného prostredia a zároveň priaznivého tepelne vlhkostného režimu strechy pri daných podmienkach vonkajšieho a vnútorného prostredia. V tomto prípade sa vychádza z platných technických noriem. Tepelnú izoláciu môžu tvoriť tepelné izolačné materiály, ktoré majú potrebné technické parametre a to hlavne pevnosť v tlaku a malú stlačiteľnosť. Z hľadiska tepelne technických požiadaviek ma významnú rolu aj faktor difúzneho odporu μ a súčiniteľ tepelnej vodivosti λ tepelne izolačného materiálu. Najčastejšie sa využívajú tieto druhy izolácie:

- penový polystyrén EPS,

- extrudovaný polystyrén XPS,
- penový polyuretán PUR alebo PIR¹⁰,
- penové sklo,
- v mimoriadnych prípadoch aj minerálna vlna.

V súčasnosti sa vo vegetačných súvrstviach používajú tzv. nopové fólie (vyrábané z vysoko hustotného polyetylénu HDPE), ktoré zvyčajne tvoria hydroakumulačnú a drenážnu vrstvu. Výber vhodnej tepelnej izolácie je na projektantovi, ktorý pri návrhu musí vychádzať zo stanovených technických požiadaviek. (ČSN 73 0540 – 2:2011 Tepelná ochrana budov, Část 2).

1.9.3 Hydroizolácia strechy

Je nutné ju navrhovať s ohľadom na kladené požiadavky. Hydroizolácia sa využíva buď ako dvojvrstvová izolácia vytvorená z hydroizolačných modifikovaných asfaltových pásov alebo ako jednovrstvová izolácia z hydroizolačnej fólie so šírkou minimálne 1,5 mm (v závislosti na druhu fólie a výrobcu). Dôležitá je však dlhodobá hydroizolácia voči prerastaniu koreňov rastlín z dôvodu trvalého zabránenia porušenia hydroizolácie rastlinnými koreňmi. V súčasnosti to výrobcovia berú do úvahy, a preto k vytvoreniu vodotesnej izolácie ponúkajú špeciálne výrobky, ktoré boli podrobené skúškam a spĺňajú podmienky zabránenia poškodenia hydroizolácie, v zahraničí tzv. test FLL, v ČR podľa normy ČSN 13948 (Stanovenie odolnosti proti prerastaniu koreňov) – výsledky uvedené v protokole o skúške. Hydroizolácia vegetačnej strechy je namáhaná vodou a preto je nutné ju aj podľa toho dimenzovať, aby odolávala tomuto hydrofyzikálnemu namáhaniu s prihliadnutím k prístupnosti hydroizolačnej vrstvy. Musí byť v súlade s požiadavkami normy ČSN 73 1901 vyvedená najmenej do výšky 150 mm nad povrch vegetačného súvrstvia alebo obsypu kameniva. Je dôležité, aby vegetačné súvrstvie mechanicky nenarušilo hydroizoláciu strechy. V súčasnej dobe ponúka množstvo výrobcov vo svojom portfóliu hydroizolačné produkty, ako príklad je na obrázku č. 30 možné vidieť hydroizolačnú fóliu z pružného polyolefinu, ktorá je odolná voči UV žiareniu a akýmkoľvek poveternostným podmienkam.

1.9.4 Ochranná – separačná vrstva

Slúži na ochranu hydroizolácie strechy pred mechanickým poškodením dynamického alebo statického charakteru. Ochrannú vrstvu tvoria zvyčajne geotextílie s predpísanou plošnou hmotnosťou, no zvyčajne minimálne 300 g*m⁻² alebo iné vhodné výrobky. Separačná vrstva sa zvyčajne využíva u jednoplášťových plochých striech s hydroizoláciou z hydroizolačnej fólie alebo u striech s opačným poradím vrstiev.

1.9.5 Drenážna vrstva

Jej hlavnou funkciou je odvedenie prebytočnej dažďovej vody do odvodňovacieho zariadenia. Slúži k ochrane rastlín pred premokrením, zväčšuje priestor pre rast koreňov a zaisťuje bezpečnú prevádzku celého súvrstvia. Voľba materiálu a dimenzovanie vrstvy je závislé na nárokoch vegetácie a na únosnosti nosnej konštrukcie. Môže byť tvorená niekoľkými druhmi materiálu:

- nopové fólie (bez hydroakumulačnej funkcie, s hydroakumulačnou funkciou),
- drenážne panely (napr. dosky z recyklátu, hydrofilná minerálna funkcia, atď.),
- sypké hmoty (napr. štrk, láva, penosklo,...),
- smyčkové rohože a iné.

Bližšie špecifikácie je možné nájsť v Štandardoch pre navrhovanie, uskutočňovanie a údržbu vegetačného súvrstvia zelených striech kapitola 6.

Dimenzovanie drenážnej vrstvy vegetačného súvrstvia

V rámci dimenzovania vrstvy a výpočtu odvodnenia je dôležitý odvod vody pri prívalovom daždi. Nie je dobré, aby sa dažďová voda na streche hromadila poprípadе po nej priamo tiekla, ale je nutné aby sa voda rýchlo zasiakla do vegetačnej a hydroakumulačnej vrstvy. Zvyšný prebytok vody musí byť následne bezpečne odvedený do drenážnej vrstvy a následne k odvodňovaciemu zariadeniu. Požadovaný výkon drenážnej vrstvy sa stanovuje podľa rovníc, ktoré sú uvedené v kapitole 1.8.13 na strane 69. Pre výsledne overenie drenážnej vrstvy je dôležité započítať aj bezpečnostnú prírážku, ktorá udáva mieru spoľahlivosti jednotlivých výrobkov. Tento plošný výrobok sa porovná podľa rovnice:

$$q' < 0,8 \cdot q_{VYR}$$

kde q' je vypočítaný celkový odtok dažďovej vody zo strechy,
 q_{VYR} je tabuľkový drenážny výkon výrobku, schopnosť pre prúdenie vody v pozdĺžnom smere pri určení zaťaženia a sklonu strechy podľa ČSN EN ISO 12958.

1.9.6 Hydroakumulačná vrstva

Je pomocnou vrstvou a jej funkciou je vodu zadržiavať pre lepšiu rast rastlín a spomaľovanie odtoku dažďovej vody do mestskej kanalizácie. Zvyčajne sa využíva tam, kde nemá vegetačná vrstva dostatočnú kapacitu pojať a udržať vodu pre rastliny alebo by spoločne s drenážnou vrstvou odvádzala vodu príliš rýchlo (pri šikmých strechách). Môže byť tvorená týmito materiálmi:

- hydroakumulačné dosky (z recyklátov, minerálnych vlákien,...),
- hydroakumulačné textílie,
- kombinované drenážne/hydroakumulačné fólie,
- hydroakumulačné substráty.

1.9.7 Filtračná vrstva

Predeľuje vegetačnú vrstvu tvorenú substrátom od drenážnej vrstvy. Zabraňuje vyplavovaniu jemných častíc so substrátu (hlavne ílových a prachových) alebo z hydroakumulačnej vrstvy do drenážnej vrstvy a tým ju chráni pred upchaním. Táto vrstva môže tvoriť aj súčasť napríklad drenážnej nopovej fólie. V súčasnosti sa používajú netkané alebo tkané textílie, ktoré sa skladajú z vlákien rôznej dĺžky. Spojenie vlákien môže byť uskutočnené mechanickým, chemickým alebo tepelným spôsobom, či kombináciou všetkých uvedených spôsobov. Pri vegetačných vrstvách s mocnosťou do 250mm sa plošná hmotnosť zvyčajne pohybuje medzi 100 až 200 g*m⁻². Pri vyššej mocnosti vegetačnej vrstvy alebo väčšom sklone strechy sa požaduje vyššia plošná hmotnosť.

1.9.8 Vegetačná vrstva – substrát

Vrstva je tvorená strešným substrátom, ten poskytuje priestor pre zapúšťanie koreňov rastlín a ktorý je zásobárňou vody, vzduchu a živín. Tomu všetkému musia zodpovedať aj jeho

chemické a fyzikálne vlastnosti. Podieľa sa aj na ďalších funkciách ako je zadržiavanie a spomalenie odtoku dažďových zrážok.

Rozlišujú sa dva typy strešných substrátov a to:

- sypané substrátové zmesi,
- substrátové panely.

Požiadavky na vlastnosti strešného substrátu sa líšia podľa typu vegetačného súvrstvia zelenej strechy. Na intenzívnych strechách sa pestujú náročnejšie rastliny preto sa vyžaduje substrát s vyššou hydroakumulačnou schopnosťou a taktiež s vyšším obsahom živín. U extenzívnych jednovrstvových zelených striech je veľmi dôležitá vysoká priepustnosť pre vodu, pretože tu substrát plní aj funkciu drenážnej vrstvy a musí byť schopný odvieť prebytočnú vodu až k odvodňovaciemu zariadeniu (pri viac vrstevových strechách odvod do drenážnej vrstvy). Substráty pre extenzívnu viacvrstevovú skladbu majú vyššiu vodnú kapacitu a nižší obsah vzduchu než substráty pre jednovrstevovú skladbu.

Bližšie špecifikácie je možné nájsť v Štandardoch pre navrhovanie, uskutočňovanie a údržbu vegetačného súvrstvia zelených striech kapitola 12. Vegetačná vrstva.

Mocnosť vegetačnej vrstvy

Mocnosť sa určuje podľa druhu vegetácie a podľa toho, či sa jedná o extenzívnu alebo intenzívne udržiavanú strechu. Tieto údaje je však nutné prispôbiť podľa toho pre akú klimatickú oblasť sa zelená strecha navrhuje. Z toho vyplýva, že ak sa navrhuje pre oblasť s dlhším obdobím bez zrážok je potrebné mocnosť vegetačnej vrstvy zväčšiť.

1.9.9 Vegetácia

Vegetačné strešné záhrady sú biologicky aktívnou vrstvou so súborom rastlín, ktoré sú hlavnými nositeľmi funkcií vegetačných striech. Vegetácia je vo väčšom počte umelo založená vysadením semien, aplikáciou vegetačných častí (predpestované sukulenty), položením predpestovaných rohoží a kobercov alebo výsadbou. Vegetácia plní niekoľko dôležitých funkcií ako je mikroklimatická funkcia (zvyšovanie vlhkosti vzduchu, znižovanie teplotných výkyvov), hygienickú (znižovanie prašnosti, hluku, zlepšenie kvality ovzdušia), estetickú a tiež ekologickú (vytvára nový priestor napríklad pre bezstavovcov). Podmienky stanovišťa vegetácie sú dané faktormi, ktoré nie je možné zmeniť (vyplývajú z umiestnenia zelenej strechy ako napríklad klimatický región, sklon atď.) a tými ktoré je možné zmeniť, ale tie vyplývajú z konštrukcie strechy (typ a výška substrátu, možnosti závlahy atď.).

Výber vhodných druhov

Závisí od podmienkach stanovišťa a predpokladanej údržby (extenzívne, polo-intenzívne, intenzívne strechy).

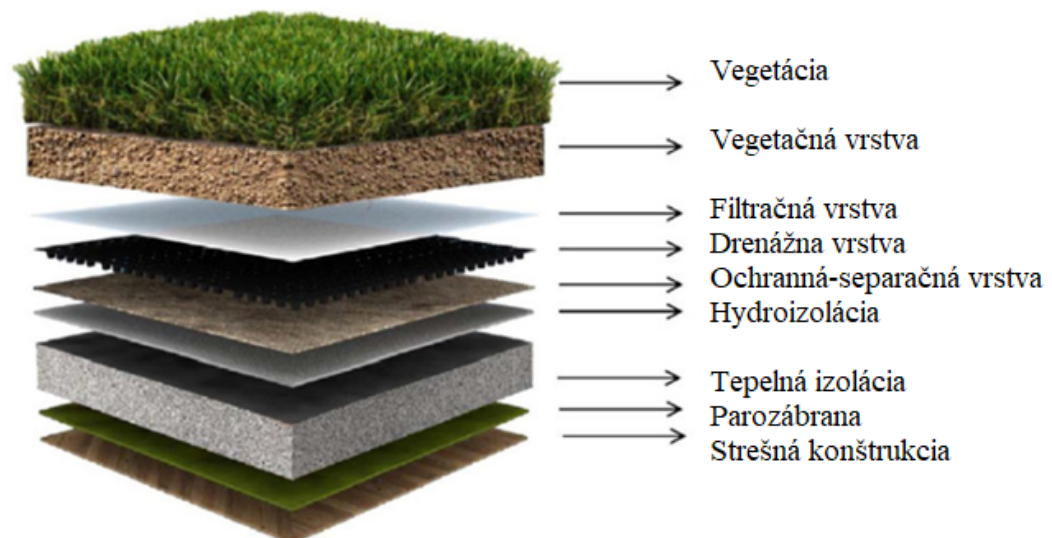
U intenzívnych je pri predpoklade zodpovedajúceho konštrukčného riešenia (mocnosť a kvalita substrátu) dôležité brať ohľad pri výbere použitého rastlinného sortimentu na oslnenie strechy a na klimatické podmienky danej lokality a to predovšetkým z hľadiska vegetačného stupňa (teploty). Z toho vyplývajú nároky na živiny a závlahu, ktoré je možné riešiť v rámci jej intenzívnej údržby. U extenzívnych je nutné vytvoriť náhradné rastlinné spoločenstvo, ktoré zodpovedá extrémnym podmienkam stanovišťa, ktoré sú dané hlavne

dlhotrvajúcim nedostatkom vlahy. V takýchto suchých oblastiach s nízkym výskytom zrážok je potrebné premýšľať nad vyššou vrstvou substrátu alebo použitím hydroakumulačnej vrstvy. (Burian a kol., 2019; Svaz zakládání a údržby zeleně)

1.9.10 Návrh skladby vegetačnej strechy

Zelená strecha bude navrhovaná ako extenzívna so sklonom strechy do 5° a s plochou strechy 150m² s dodatočnou nosnosťou v plne nasýtenom stave vodou, preto bola vybraná nosná konštrukcia železobetónovej konštrukcie s prevedením ako jednoplášťová strecha s klasickým poradím vrstiev (strechy oddeľujúce chránené vnútorné prostredie od vonkajšieho jedným plášťom). Strecha nebude slúžiť pre voľný prístup. Na strechu budú môcť vstupovať iba poučené osoby a to iba pre kontrolu a technickú údržbu ako je to uvedené v kap. 1.8.1 u extenzívnych striech. Keďže v ČR nie je predpísaný sklon plochej strechy, tak je zvolená plochá strecha so sklonom do 5°, aby prebytočná voda mohla byť odvádzaná k odvodňovacím prvkom a následne zachytená do retenčnej nádrže pre ďalšie využitie. Odvodnenie strechy je v tomto prípade gravitačné a v praxi sa uskutočňuje zvyčajne pre ploché strechy za pomoci strešných vtokov, preto aj pre tento návrh sú zvolené strešné vpuste. Pri navrhovaní odvodnenia plochých alebo šikmých striech sa stanovuje súčiniteľ odtoku C, ktorého hodnota vyjadruje schopnosť povrchu strechy odvádzať zrážkovú vodu. Hodnota súčiniteľa je braná z tabuľky č.3. pre mocnosť substrátu v rozhraní 15-25 cm, podrobnejšie o súčiniteli odtoku v kap. 1.8.13. Strecha bude obsahovať tepelnú izoláciu z nopovej fólie a bude zabezpečená parozábranou z asfaltových pásov. V tomto návrhu sa vychádza z publikácie Štandardov pre navrhovanie, uskutočňovanie a údržbu vegetačného súvrstvia zelených striech a ďalšej odbornej literatúry.

Obrázok 30 Modelový návrh skladby zelenej strechy (LE TRUNG, 2008, upravil autor práce, 2022)



1. – 3. Strešná konštrukcia, parozábrana a tepelná izolácia

Strešná konštrukcia je navrhovaná pre strechu so sklonom do 5°, ktorá spadá do kategórie plochých striech. Zo stavebného hľadiska je zvolená jednoplášťová plochá strecha s klasickým poradím vrstiev a pri zohľadnení požiadaviek na zaťaženie a únosnosť nosnej konštrukcie strechy je použitá odporúčaná železobetónová konštrukcia strešného plášťa. V tomto návrhu je strešná konštrukcia vopred navrhnutá pri stavbe rodinného domu s vopred plánovanou realizáciou zelenej strechy. Z tohto dôvodu jej súčasťou sú aj jednotlivé časti, z ktorých je tvorená a to parozábrana a tepelnej izolácie. Parozábrana sa skladá z pásu z SBS modifikovaného asfaltu s nosnou vložkou zo sklenenej tkaniny, ktorý ma na hornom povrchu jemný separačný posyp a na spodnom separačnú fóliu PE. Jeho hrúbka sú 4 mm, plošná hmotnosť pásu je 4,54 kg/m². Tepelná izolácia pozostáva z tepelnoizolačných dosiek zo stabilizovaného penového polystyrénu s hrúbkou 200 mm a objemovou hmotnosťou 23-25 kg/m³. Pevnosť tlaku pri 10% stlačení je 150kPa a pevnosť v ohybe 200 kPa.

Tabuľka 8 Orientačné ceny nosnej konštrukcie strechy (Autor práce, 2022)

	Materiál	Hrúbka	Priemerná cena m ² (Kč)	Cena za 150 m ² (Kč)
Strešná konštrukcia	železobetón	200mm		
Parozábrana	Asfaltový pás	4mm	152	22 800
Tepelná izolácia	Expandovaný polystyrén (EPS 150)	200mm	400	60 000

4. Hydroizolácia

Bude pozostávať z 3 vrstiev hydroizolačných asfaltových pásov, kde spodný pás s plošnou hmotnosťou približne 4 kg/ m² sa používa ako pás hlavnej izolačnej vrstvy plochých striech, ktorý sa priamo ukladá na tepelnú izoláciu so samolepiacou aplikáciou. Stredný asfaltový pás s plošnou hmotnosťou približne 5 kg/m² sa aplikuje natavením ako poistná hydroizolačná vrstva a vrchný hydroizolačný plášť je určený pre jednoplášťové strechy, ktorý sa aplikuje na stredný plášť s celoplošným natavením s plošnou hmotnosťou okolo 6,50 kg/ m². Izolačné pásy sú odolné voči prerastaniu koreňov a preto sa nevyžaduje ďalšia vrstva ochrany pred zarastaním.

Obrázok 31 Hydroizolačný asfaltový pás (<https://www.dek.cz/>, 2022)



5. Ochranná – separačná vrstva

V tomto prípade je zvolená separačná a vodoakumulačná geotextília, ktorá bude tvoriť ochrannú vrstvu hydroizolácie s doplnkovou separačnou, vodoakumulačnou a spevňovacou funkciou. Jej plošná hmotnosť sa pohybuje približne okolo 150 g/m².

6. Drenážna vrstva

Ako drenážna vrstva je zvolená drenážna a vodoakumulačná fólia FKD 20. Ide o umelohmotnú dosku s vodoakumulačnou funkciou so systémom kanálikov pri spodnom líci pre drenáž a difúzne otvory. Vodoakumulácia činí pri nezasypaní približne 4,3 l/m² a pri zaplnení substrátom je to hodnota okolo 1,6 l/m². Pevnosť tlaku drenážnej vrstvy je približne 120 kPa/m². Pri výbere, dimenzovaní drenážnej vrstvy a výpočte odvodnenia je zásadný odvod vody pri príválovom daždi. Preto bol prevedený výpočet požadovaného výkonu drenážnej vrstvy, v ktorom sa použila rovnica uvedená kapitole 1.8.13 na strane 54. Vo výpočte sú použité hodnoty z tabuľky č.3 pre súčiniteľ odtoku C=0,4. Navrhovaný 15minútový dažď 1·s·l·m⁻² je pre Brno vypočítaný z celkového zrážkového úhrnu po dobu 15min intenzívneho dažďa, ktorý predstavuje 16,5 mm a po prepočítaní na hodnotu intenzívneho dažďa je počítané s hodnotou 0,0183 l·s·l·m⁻². Výpočtová odtoková šírka- udáva rozmer, ktorým dažďová voda voľne vyteká z drenážnej vrstvy k odtokovému zariadeniu, rozmer je braný z rozmeru vpusti, čo predstavuje hodnotu 0,5x4=2. Odvodňovacia plocha je v tomto prípade rozmer strechy a to činí 150 m².

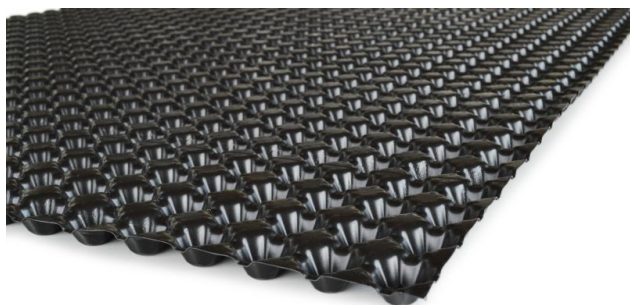
$$q' = \frac{A \cdot C \cdot q}{b} = q' = \frac{150 \cdot 0,3 \cdot 0,0183}{2} = \mathbf{0,8235 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}}$$

Výrobca udáva pre sklon strechy do cca 5° drenážnu kapacitu 1,59 l·s⁻¹·m⁻¹, no je nutné počítať s tým, že časom bude znížená priepustnosť nopovej fólie v dôsledku prerastania koreňov, či inými vplyvmi. Preto je dôležité pre overenie drenážneho výkonu drenážnej vrstvy započítať aj bezpečnostnú prirážku, ktorá udáva mieru spoľahlivosti jednotlivých výrobkov. Výpočet je doplnený o hodnoty q', čo predstavuje vypočítaný odtok dažďovej vody, q_{VYR} je poskytnutá hodnota od výrobcu znížená o 20%. Výpočet sa prevedie prostredníctvom rovnice:

$$q' < 0,8 \cdot q_{VYR} = 0,82351 < 0,8 \cdot 1,59 = \mathbf{0,823 < 1,272}$$

Z výsledku je zreteľné, že strecha z hľadiska odvodnenia spĺňa požadované hodnoty.

Obrázok 32 Drenážna nopová fólia (www.ekrost.cz, 2021)



7. Filtračná vrstva

Pozostáva z filtračnej textílie, ktorá oddeľuje drenážnu vrstvu od substrátu. Jej plošná hmotnosť sa pohybuje približne okolo 105 g/m². Filtračná vrstva spĺňa všetky požiadavky, ktoré stanovuje ČSN EN 13252.

8. Vegetačná vrstva

Keďže je substrát základnou zložkou pre rast rastlín, zásobárňou vody a živín, tak jeho zloženie musí zodpovedať požiadavkám navrhovanej vegetácie v tabuľke č. 9. Vybraný substrát je vhodný pre zakladanie strešných a vegetačných striech, kde jeho zloženie pozostáva z expandovaných ílových materiálov, rašeliny, zeolitu a podľa potreby doplnené o vápenc a hnojivo. Hmotnosť v suchom stave je približne 600 kg/m³ a v nasýtenom sa pohybuje približne okolo 1150 kg/m³. Maximálna vodná kapacita 20–60% obj. (objem). Všetky požiadavky uvedené v tabuľke č.9 vybraný substrát spĺňa a preto je vhodné ho použiť.

Tabuľka 9 Požiadavky sypanej vegetačnej vrsty (<https://www.zelenestrechy.info/>, 2019)

Parametr	Jednotka	Střešní substrát – typ/skladba zelené střechy		
		Extenzivní/jednovrstvá	Extenzivní/vícevrstvá	Intenzivní/vícevrstvá
objemová hmotnost v suchém stavu	g·l ⁻¹	400–800	400–900	400–1000
objemová hmotnost v nasyceném stavu	g·l ⁻¹	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 ⁻¹	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 _{H2O} (pH _{CaCl2})*		6,5–9,0 (6,0–8,5)		
elektrická vodivost (EC)*	mS·cm ⁻¹	≤ 0,5		
obsah N	mg·l ⁻¹	≤ 100	≤ 150	≤ 150
obsah P	mg·l ⁻¹	≤ 30	≤ 35	≤ 50
obsah K	mg·l ⁻¹	≤ 300	≤ 450	≤ 450
obsah Mg	mg·l ⁻¹	≤ 200	≤ 200	≤ 200
obsah semen plevelů	počet·l ⁻¹	≤ 1	≤ 1	≤ 1


9. Vegetácia





Keďže výber druhu vegetácie musí zodpovedať podmienkam stanovišťa a predpokladanej údržby a vybraná lokalita sa nachádza v teplom až mierne suchom pásme, tak vhodným typom vegetácie sú suchomilné rastliny, ktoré nie sú náročné a sú zvyknuté na ťažšie podmienky. Medzi takéto druhy patria sukulentné trvalky a tými sú rozchodníky. V dôsledku, že sa lokalita nachádza v suchom pásme bola navýšená mocnosť substrátu a preto sa zvolila kombinácia rozchodníkov a ďalších suchomilných rastlín, ktoré sú uvedené v tabuľke č. 8. Spôsob založenie vegetácie je zvolený prostredníctvom výsadby rezkov rozchodníkov. Druhovú variantnosť sa pohybuje v počte od 5-8 druhov rastlín. Rastliny sú predpestované v počte 20 ks/m² prípadne voľne pohádzané do nakypreného pruhu substrátu, čo predstavuje cca od 100 do 150 g/m² plochy. Pre návrh strechy bola zvolená výsadba 20 ks/m².


Obrázok 33 Rezky rozchodníkov (www.alliq.cz, 2022)



Tabuľka 10 Vybrané druhy vegetácie (<https://cdn1.idek.cz/>, upravil autor práce, 2022)

Názov	Výška rastliny (cm)	Farba listov/kvetov	Doba kvitnutia	Zdroj: https://cdn1.idek.cz/dek/document/1765944883
<i>Skalnica (v druhoch)</i>	15	ružová- červená/zelená -ružová	6-8	
<i>Rozchodník biely (Sedum album)</i>	12	biela/zelená/ červená	6-8	
<i>Sedum spurium (var. Fuldaglut)</i>	15	červená / tmavo červená	6-8	

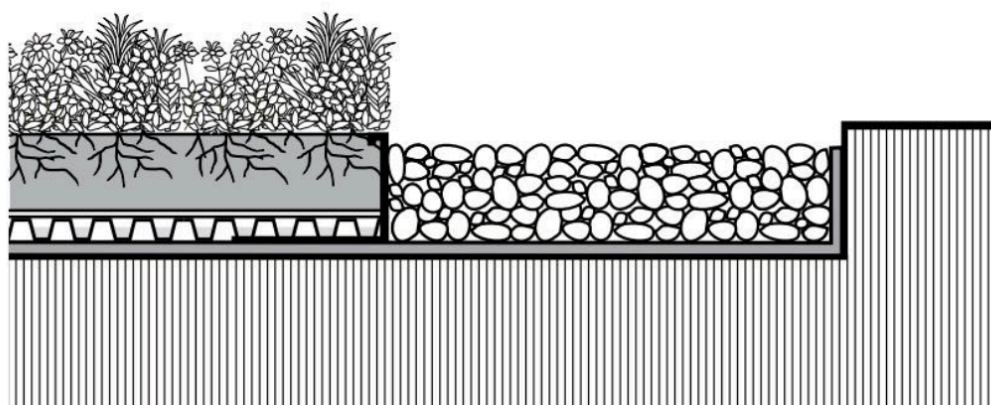
<p><i>Sedum spathulifolium</i></p>	<p>6</p>	<p>žltá/ žltozelená</p>	<p>6-7</p>	
<p><i>Rozchodník šestřradový (Sedum sexangulare)</i></p>	<p>10</p>	<p>žltá / zelená</p>	<p>6-7</p>	
<p><i>Levanduľa úzkolistá (Levandula angustifolia!)</i></p>	<p>40</p>	<p>fialová/ šedá</p>	<p>7-8</p>	
<p><i>Jastrabník chlpánik (Hi eracium pilosella)</i></p>	<p>15</p>	<p>žltá/zelená</p>	<p>5-8</p>	

<p><i>Dobromyseľ obecná (<i>Origanum vulgare</i>)</i></p>	<p>30</p>	<p>ružová/zelená</p>	<p>6-9</p>	
---	-----------	----------------------	------------	--

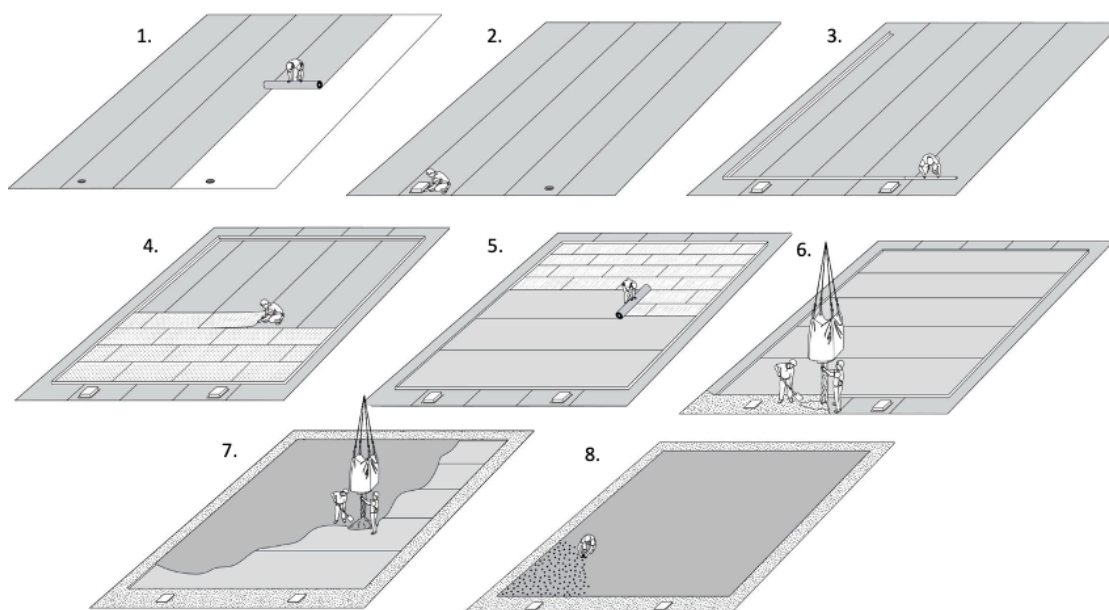
Doplňkové časti zelenej strechy

Pri návrhu zelenej strechy je potrebné začleniť aj niekoľko doplnkových častí akou je napríklad kačírok. Kačírok sa aplikuje ako pás okolo atiky a odtoku za účelom zaťaženia súvrstvia, ochrany pred vetrom ako aj prvok bezpečnostnej ochrany. Kačírok pozostáva z jednoduchej kačirkovej lišty, ktorá je ako vodopriepustná deliaca lišta medzi sypkým materiálom – substrátom a pásom, do ktorej sa následne vloží stavebné kamenivo. Šírka kačirkového pásu je 30cm. Medzi ďalšie doplnky sa radia samozrejme aj jednotlivé prvky odvodnenia a to strešné vpusti, kontrolné šachty pre kontrolu strešných vpustí ako aj nadstavec k strešnej vpusti. Jednotlivé prvky odvodnenia budú inštalované do kačirkového pásu z dôvodu lepšieho prístupu a kontroly.

Obrázok 34 Oddelenie substrátu od kamenného-štrkového okraja (<https://ekrost.cz>, 2022)



Obrázok 35 Zjednodušený postup realizácie zelenej strechy (www.ekrost.cz, 2021, upravil autor práce, 2022)



Kde:

1. Položenie hydroizolácie, 2. Inštalácia odvodňovacieho zariadenia, 3. Založenie kačírkovej lišty, 4. Položenie drenážnej vrstvy (dosky), 5. Pokrytie filtračnou vrstvou (textíliou), 6. Zásyp kameniva, 7. Zásyp substrátu, 8. Vysadenie vegetácie

Starostlivosť a údržba extenzívnej zelenej strechy

Pre extenzívne ako aj intenzívne zelené strechy je potrebné stanoviť starostlivosť a údržbu individuálne pre konkrétny objekt podľa spôsobu ozelenenia, výberu formy vegetácie, stavu a tendencie vývoja vegetácie. Po dokončení a prevzatí nastáva u vegetácie na extenzívnych strechách prirodzený dynamický vývoj a vytváranie vegetácie. Samozrejme tento vývoj je možné obmedziť ovplyvniť cieľným zásahom ako napríklad odstraňovaním náletových burín, ktoré vytláčajú iné druhy. Ošetrovanie a údržba extenzívnej strechy môže trvať aj niekoľko rokov v závislosti na stave a vývoji vegetácie. Kontrola sa teda bude vykonávať iba 2-krát do roka a predpokladá sa, že bude potrebné iba minimum veľkých zásahov údržby. Medzi menšie a častejšie zásahy, ktoré bude nutné uskutočniť patrí zavlažovanie a to predovšetkým pri dlhotrvajúcom suchu, keďže sa navrhovaná zelená strecha nachádza v teplom až suchom pásme. Potreba vody pre závlahu zelenej strechy bude neskôr detailnejšie popísaná v kapitole 1.9.13. Medzi nepravidelné zásahy patrí hnojenie (závisí od výberu hnojiva), odstraňovanie nežiaducej vegetácie, ochrana rastlín alebo napríklad dosadzovanie vegetácie v miestach s vyšším výpadkom a mnohé ďalšie, ktoré bude nutné vykonať.

1.9.11 Potreba vody pre zavlažovanie

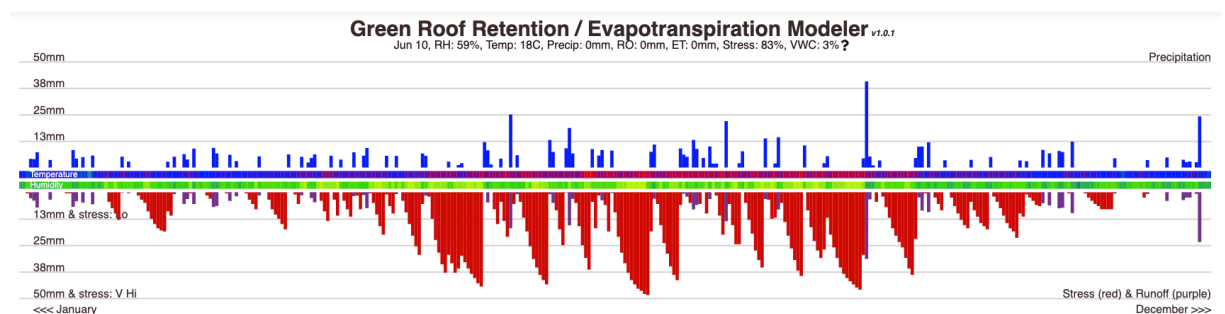
Stanovenie presnej hodnoty pre výpočet potreby vody pre zavlažovanie nie je celkom možné. V súčasnosti je množstvo dostupných výpočtov k stanoveniu určitej hodnoty, no stále neexistujú jasné a jednoznačné postupy riešenia. Potrebu vody pri návrhu na zavlažovanie je možné stanoviť výpočtom, ktorý uvádza ČSN 75 0434 Potreba vody pre doplnkovú závlahu. Pre výpočet potreby vody boli zvolené priemerné hodnoty potreby vody pre závlahu rastliny,

ktoré rastlina spotrebuje vo vegetačnom období a to od apríla do septembra. Je dôležité spomenúť, že rastliny spotrebúvajú vodu pre evapotranspiráciu (odparovanie vody z povrchu rastlina spolu s odparovaním vody z terénu bez vegetácie). Výška evapotranspirácie je závislá na niekoľkých klimatických a meteorologických javoch (teplote a vlhkosti vzduchu, intenzite slnečného žiarenia, rýchlosti vetra, zrážok a atmosférickom tlaku), taktiež na vlastnostiach vegetačnej vrstvy a stavbe rastliny. Hodnoty evapotranspirácie sa líšia pretože rastliny vo vegetačnom období si vyžadujú vyššie množstvo vody, ktoré rastlina potrebuje, preto je nutné zabezpečiť dostatočné množstvo vody po celú vegetačnú dobu. Pre výpočet evapotranspirácie bol zvolený Green Roof Retention/ Evapotranspiration Modeler, ktorý dokáže na základe zadania oblasti navrhovanej strechy (krajiny, prípadne aj mesto), stanovení skladby zelenej strechy a taktiež klimatických a meteorologických údajov prepočítať a vygenerovať 365 dňové modely za kalendárny rok. Okrem výpočtu evapotranspirácie dokáže z navolených hodnôt a podmienok vypočítať ďalšie údaje ako odtok vody, vodný stres, relatívnu vlhkosť, či objemový obsah vody. Modeler pre výpočty využíva niekoľko rovníc a pre výpočet evapotranspirácie využíva FAO Penman-Monteithovu evapotranspiračnú rovnicu. Táto Penman-Monteithova rovnica odhaduje evapotranspiráciu pre referenčnú plodinu. Následne sa táto hodnota vynásobí stresovým faktorom a faktorom odtokového a zrážkového koeficientu, aby sa určila evapotranspirácia k danému dátumu. Klimatické a hydrometeorologické údaje si čerpá z generátora počasia z použitých zdrojov a to www.en.climate-data.org, www.hweather-atlas.com, www.openweathermap.org a preto sa hodnoty dlhodobého normálu líšia od hodnôt nameraných CHMI, ale len v minimálnom rozsahu. V tomto modeli bolo navrhnutých niekoľko typov zelených striech (model I., model II. a model III.) pre priblíženie toho ako sa evapotranspirácia odvíja od zvolenia skladby zelenej strechy a v tomto prípade predovšetkým od výšky substrátu. Pre každý model je zvolená hrúbka vegetácie 12 mm, filtračná vrstva 1 mm, koreňová bariéra 0,7 mm, hydroizolačná vrstva s hrúbkou 6 mm a drenážna vrstva so 17 mm hrúbkou bola použitá iba u modelu I. a modelu II.

Model I.

Hrúbka vegetačnej vrstvy 40 mm.

Obrázok 36 Model I. s výškou substrátu 40 mm (www.purple-roof.com, 2022)

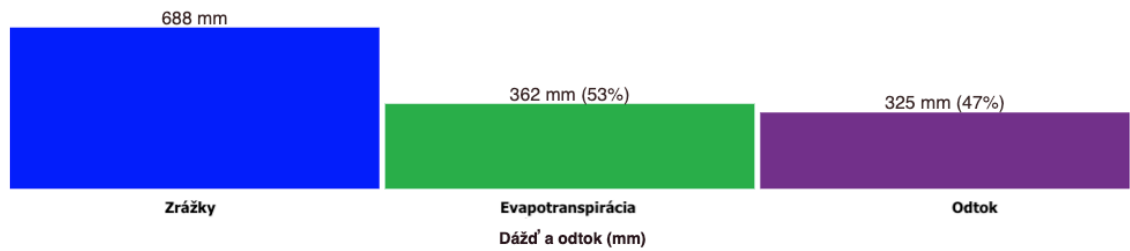


Vysvetlivky:

Precipitation – zrážky, **Humidity** – vlhkosť, **Rh** – relatívna vlhkosť, **Temp.** – teplota, **RO.** – odtok, **ET.** – evapotranspirácia, **Stress** – stres/napätie, **VWC.** – objemový obsah vody, **Stress (red)** – stres, napätie červená farba, **Runoff (purple)** – odtok fialová farba

Prepočet modelu I.

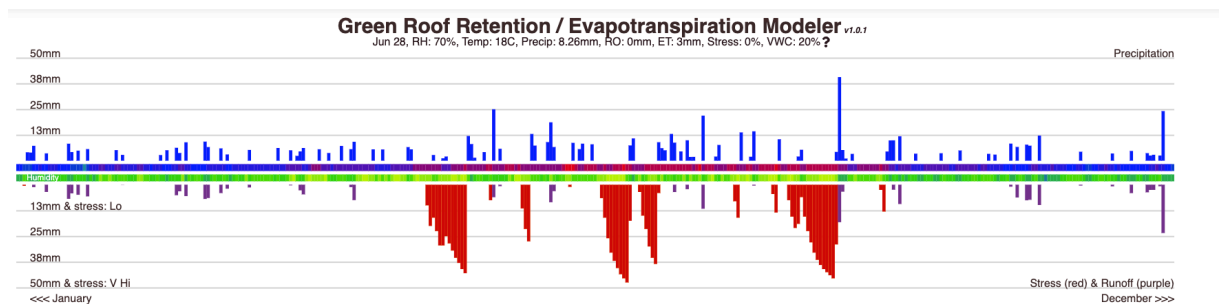
Obrázok 37 Model I. výsledky prepočtu evapotranspirácie a odtoku (www.purple-roof.com, upravil autor práce, 2022)



Model II.

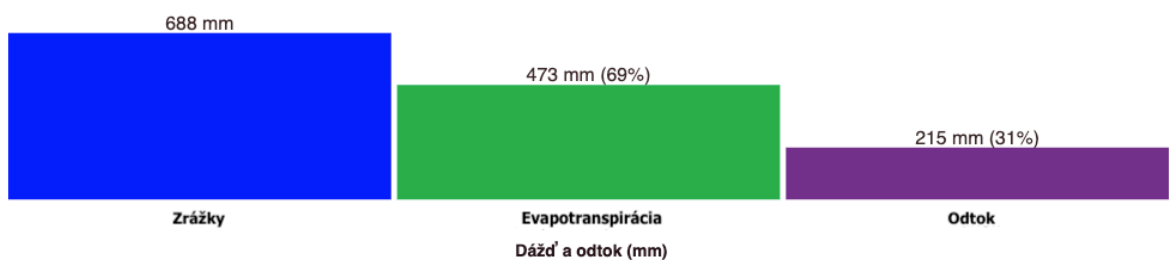
Hrúbka vegetačnej vrstvy 90 mm.

Obrázok 38 Model II. s výškou substrátu 90 mm (www.purple-roof.com, 2022)



Prepočet modelu II.

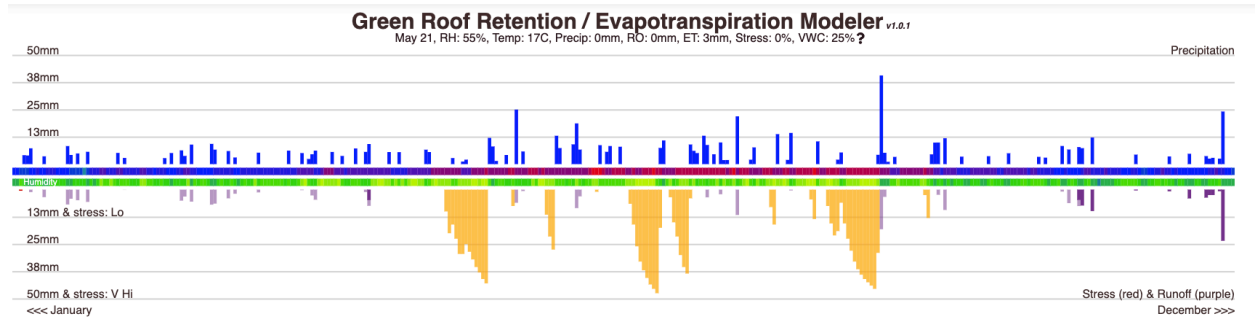
Obrázok 39 Model II. výsledky prepočtu evapotranspirácie a odtoku (www.purple-roof.com, upravil autor práce, 2022)



Model III.

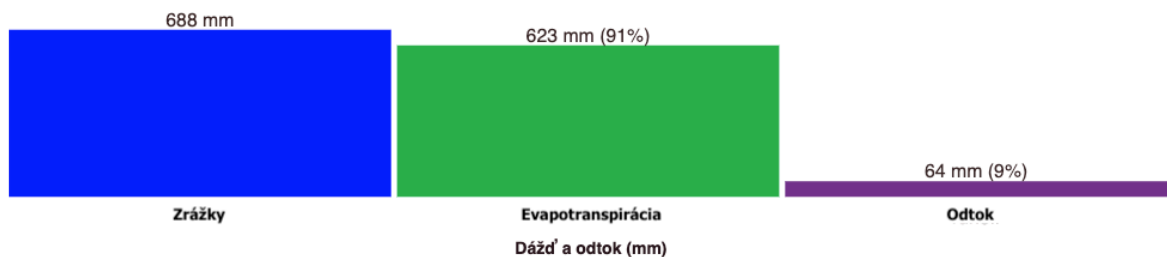
Hrúbka vegetačnej vrstvy 190 mm, zadrživacia vrstva 5 mm, minerálna vlna 25 mm.

Obrázok 40 Model III. s výškou substrátu 190 mm (www.purple-roof.com, 2022)



Prepočet modelu III.

Obrázok 41 Model III. výsledky prepočtu evapotranspirácie a odtoku (www.purple-roof.com, upravil autor práce, 2022)



Zhrnutie výsledkov

V prvom a druhom modeli boli použité rovnaké skladby zelenej strechy až na hrúbku vegetačnej vrstvy. Už pri pohľade na 365 dňové modely je možné pozorovať u modelu I. obrázok č. 36 a modelu II. obrázok č. 38, že sú rastliny prevažne vo vegetačnom období vystavené veľkému stresu (červená farba) z nedostatku vody. U modelu I. je možné tento stres pozorovať počas celého roka, čo sa samozrejme odráža aj na evapotranspirácii rastlín. U modelu I. bolo evapotranspiráciou spotrebovaných 362 mm z celkového zrážkového úhrnu 688 mm/r, čo predstavuje 59%, no v tomto prípade odtok zo zelenej strehy dosiahol skoro rovnakú hodnotu 325 mm, čo percentuálne predstavuje 47% obrázok č. 37. U modelu II. naopak pozorujeme stres rastlín iba počas vegetačného obdobia, čo sa samozrejme prejavuje na hodnotách evapotranspirácie, ktorá je vyššia a to 473 mm (69%). Na rozdiel od modelu I., kde je odtok takmer rovnaký ako evapotranspirácia, môžeme vidieť, že hodnoty v tomto prípade predstavujú polovicu z toho, čo je spracované evapotranspiráciou a to 215 mm, čo je 39%. Z toho vyplýva, že aj použitie rôznej hrúbky substrátu výrazne ovplyvňuje akumuláciu, retenciu ako aj využitie rastlín pre evapotranspiráciu. Čo sa týka modelu III., tak tu boli zvolené odlišné skladby strešného plášťa, čo sa samozrejme odzrkadlilo aj na jednotlivých hodnotách. Pri zvolenej skladbe, ktorá je obohatená o minerálnu vlnu nepozorujeme žiadne vystavenie stresu rastlín obrázok č. 40 a vykazuje ideálne podmienky pre evapotranspiráciu, ktorá činí 91% (623 mm) a minimálny odtok 64 mm (9%) z celkového úhrnu 688 mm/r. Samozrejme je dôležité brať do úvahy to, že ak chceme dosiahnuť, aby strecha vykazovala takéto hodnoty je nutné rastlinám zabezpečiť dostatok vlhky, aby nedošlo k ich vystaveniu vodnému stresu. Preto sa odporúča strechu zalievať počas vegetačného obdobia, v ktorom rastliny pre svoj vývoj potrebujú vyššie množstvo vody. Na takúto závlahu je možné využiť

dažďovú vodu, ktorá zo strechy otečie do retenčnej nádrže, no pri minimálnom odtoku zo strechy je možné tento deficit doplniť napríklad šedou vodou z toaliet.

1.9.12 Bilancia vody

Všetky rastliny si vyžadujú k svojmu rastu vodu, vzduch, živiny a slnko. Spoliehať sa v tomto prípade na prírodné dažďové zrážky je najľahšia forma, avšak keď je potrebné väčšie množstvo vlhky, tak je závlaha skvelým riešením pre vyplnenie medzery v dodávke vody. Dôležitým faktorom, ktorý je nutné brať do úvahy je to, že množstvo vody potrebnej pre závlahu závisí na troch hlavných aspektoch:

- množstvo prirodzených zásob vody (účinnosť zrážok),
- množstvo vody potrebnej pre rastlinu,
- klimatické podmienky.

Množstvo požadovanej závlahy závisí na ročnom množstve zrážok a ich rozdelení. Z toho vyplýva, že závlaha je potrebná v prípade deficitu zrážok a to aj v oblastiach s dostatočným úhrnom zrážok, aby pokryla stratu vody odparovaním. Každá rastlina rastie v teplom, slnečnom prostredí s približnou spotrebou vody 10mm/deň. Avšak táto potreba vody nemusí byť dodaná každý deň, ale odporúča sa závlahu rozdeliť na niekoľko cyklov napríklad raz za týždeň a tak priviesť väčšie množstvo závlahy k rastline, ktorá sa dostane do väčšej hĺbky a nedochádza tak k veľkému výparu. Oblasť koreňov bude vodu uchovávať pokiaľ ju rastlina potrebuje. Je dôležité si uvedomiť, že každá rastlina potrebuje iné množstvo závlahovej vody, čo sa odvíja od veľkosti v období jej plného vývinu a dĺžky rastovej sezóny. Nižšie v tabuľke sú uvedené plodiny s ich orientačnými hodnotami spotreby vody a závlahového množstva, doplnené o ich závlahové obdobie. Môžeme vidieť, že každá plodina si vyžaduje inú množstvo závlahy ako aj spotrebuje iné množstvo vody ako bolo spomenuté vyššie.

Tabuľka 11 Orientačné hodnoty spotreby a závlahového množstva (ČSN 75 0434, 2016; Grundfos Sales Chzechia and Slovakia s.r.o., 2013, upravit autor, 2022)

Rastlina/Plodina	Spotreba vody (m ³ /ha/r)	Závlahové množstvo (mm)	Závlahové obdobie
Zemiaky (podľa druhu)	3000	70-150	apríl - august
Repa	3700-4000	40-80	jún - september
Kukurica (podľa druhu)	4000	110-220	máj-august
Zelený trávnik	6000	70-120	apríl - september

Tabuľka 12 Výpočet bilancie vody (autor, 2022)

	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	Spolu za rok
	Január	Február	Marec	Apríl	Máj	Jún	Júl	August	September	Október	November	December	
Mesačný úhrn zrážok (mm)	29	25	35	33	61	71	76	66	56	40	36	33	561
Množstvo využiteľnej dažďovej vody (m ³)	4,35	3,75	5,25	4,95	9,15	10,65	11,4	9,9	8,4	6	5,4	4,95	84,15
Evapotranspirácia - vlhková potreba	0,45	1,5	3,45	5,7	10,8	12,3	12,6	10,65	8,25	3,6	0,75	0,45	70,5
Zadržaná voda	0	0	0	0,75	1,65	1,65	1,2	0,75	-0,15	0	0	0	5,85
Odvedená zrážková voda	1,566	1,35	1,89	1,782	3,294	3,834	4,104	3,564	3,024	2,16	1,944	1,782	30,294

Tabuľka 13 Výpočet potreby vody pre splachovanie a zalievanie (autor, 2022)

	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	Spolu za rok
	Január	Február	Marec	April	Máj	Jún	Júl	August	September	Október	November	December	
Potreba vody pre splachovanie l/d	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	1248
Splachovanie (m3/m)	3,224	2,912	3,224	3,12	3,224	3,12	3,224	3,224	3,12	3,224	3,12	3,224	37,96
Zalievanie (mm/týždeň)	0	0	0	15	20	25	25	20	15	0	0	0	120
Potreba vody pre zálievku (m3)	0	0	0	2,25	3	3,75	3,75	3	2,25	0	0	0	18
Celková potreba vody (m3)	0	0	0	9	12	15	15	12	9	0	0	0	72

Pre modelový návrh zelenej strechy v obci Tuřany bol prevedený výpočet bilancie vody, ktorý je možné vidieť v tabuľke č. 12. Tabuľka nám udáva množstvo vody, ktorá za daný rok naprší na plochu strechy, čo predstavuje množstvo využiteľnej dažďovej vody 84,15 m³. Táto využiteľná voda je ďalej spotrebovaná pre evapotranspiráciu rastlín, čo popredstavuje 70,5 m³. Hodnoty evapotranspirácie boli čerpané z Green Roof Retention/ Evapotranspiration Modeler, ktoré boli prispôsobené pre modelovú skladbu strechy a vybranú lokalitu. Zadržaná voda predstavuje rozdiel celkovej vláhovovej potreby rastlín (evapotranspiráciu) a úhrnu zrážok, čo predstavuje závlahové množstvo vo vegetačnom období, ktoré je nutné rastline dodať. Musíme brať do úvahy, že strecha pri plnom nasýtení už žiadnu vodu nezachytí a preto je z nej prostredníctvom odtokového zariadenia odvedená dažďová voda do akumuláčnej nádrže, kde je zachovaná pre ďalšie použitie vo forme závlahy a splachovania WC. Množstvo odvedenej zrážkovej bolo vypočítané pomocou rovnice:

$$Q = \frac{j \cdot P \cdot f_s \cdot f_f}{1000} = \frac{561 \cdot 150 \cdot 0,4 \cdot 0,9}{1000} = 30,294 \text{ m}^3/\text{rok}$$

Kde:

Q – je množstvo zachytenej dažďovej vody (m³/rok)

j – množstvo zrážok (mm/rok)

P – využiteľná plocha strechy (m²)

f_s – koeficient odtoku strechy (použitá hodnota z tabuľky č. 3)

f_f – koeficient účinnosti filtru mechanických nečistôt (doporučená hodnota 0,9)

Keďže dažďová voda je vhodná pre závlahu a splachovanie ako je to uvedené na obrázku č. 13, tak si nevyžaduje náročné čistenie. Podrobnejšie možnosti čistenia sú uvedené v kapitole 1.6.11 a 1.6.12. Pre tento modelový návrh bol zvolený odvod vody cez jemné filtre, ktoré vodu prečistia a následne je voda odvedená do akumuláčnej nádrže. Objem akumuláčnej nádrže bol stanovený v závislosti na množstve zachytenej zrážkovej vody. Objem bol stanovený podľa tejto rovnice:

$$V_p = z \cdot \frac{Q}{365} = 20 \cdot \frac{30,294}{365} = 1,7 \text{ m}^3$$

Kde:

V_p – objem nádrže podľa množstva zachytenej zrážkovej vody (m³)

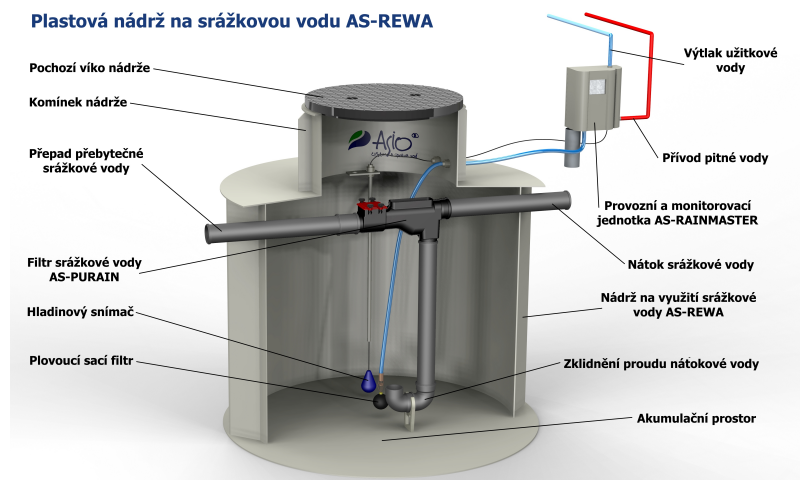
Q – množstvo odvedenej zrážkovej vody (m³/rok)

z – koeficient optimálnej veľkosti (zvyčajne 20)

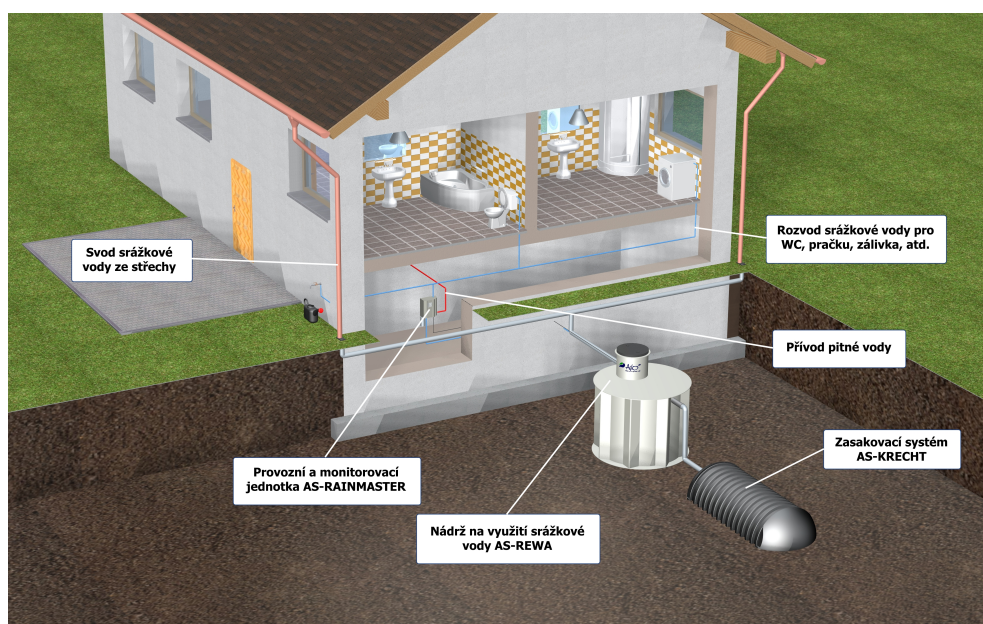
Pri návrhu akumuláčnej nádrže bolo zohľadnené využitie zrážkovej a šedej vody a preto bola vybraná akumuláčná nádrž, ktorá zodpovedá nakladaniu so zrážkovou, ale aj vyčistenou šedou vodou. V súčasnosti množstvo výrobcov ponúka akumuláčnej nádrže s takýmto

systemom využitia oboch typov vôd. Príkladom je akumulčná nádrž na obr. č. 42 od firmy Asio, kde sa jedná o systém s nádržou AS-REWA, ktorá slúži na využitie dažďovej vody, jej akumuláciu a následné využitie v domácnosti (splachovanie, závlaha). Systém vodu zachytí, vyčistí od mechanických nečistôt, akumuluje a privedie ju tam, kde bude využitá. Tento systém komplexne rieši využitie dažďovej vody, no môže byť využitý aj na vyčistenú šedú vodu. Navrhovaná nádrž je doplnená o čerpadlo, vsakovací tunel a systém automatického dopúšťania vody z vodovodu pri nedostatku zrážok. Na obrázku č. 43 je možné vidieť modelový príklad kolobehu využitia zrážkovej vody s využitím systému s akumulčnou nádržou od firmy Asio. V ďalšej tabuľke č. 13 je uvedená potreba vody pre splachovanie a potreba vody pre zavlažovanie. Potreba vody pre zavlažovanie bola vypočítaná z priemerných hodnôt, ktorú vegetácia potrebuje počas vegetačného obdobia, čo činí 15 až 25 mm vody za týždeň. Ako bolo vyššie spomenuté, tak voda k vegetácii nemusí byť dodávaná každý deň a preto bude strecha zalievaná raz za týždeň, čo činí 4-krát za mesiac. Množstvo vody potrebné pre závlahu v jednotlivých mesiacoch vegetačného obdobia je uvedené v tabuľke č. 13. Čo sa týka potreby vody pre splachovanie, tak orientačné množstvo vody pre splachovanie je čerpané z tabuľky č. 1 a je prepočítané na mesačnú potrebu vody pre štvorčlennú rodinu. Z týchto údajov uvedených v tab. č. 12 a tab. č. 13 vyplýva, že množstvo využiteľnej vody nie je vo vegetačnom období dostatočné pre potrebu rastlín v dôsledku vyššej evapotranspirácie a preto je nutné tento deficit vody dodať rastline vo forme závlahy. Naopak v zimných mesiacoch dochádza k prebytku vody, čo umožňuje využiť túto vodu pre splachovanie toalety.

Obrázok 42 Akumulčná nádrž dažďovej a vyčistenej šedej vody od firmy ASIO (www.asio.cz, 2022)



Obrázok 43 Príklad kolobehu využitia zrážkovej vody s akumuláčnou nádržou od firmy Asio (www.asio.cz, 2022)



Systém zavlažovania strechy bude uskutočnený prostredníctvom mikrozávlahy. Mikrozávlaha je povrchová alebo pod povrchová závlaha, ktorá dodáva množstvo závlahovej vody priamo k rastlinám po kvapkách, pozvoľným výtokom alebo postrekom. Pre zelenú strechu sa zvolil pre závlahu vo vegetačnom období rozstrekovač malého dostreku, kde voda pre závlahu bude čerpaná z akumuláčnej nádrže.

Obrázok 44 Rotačný mikropostrekovač (www.hunterindustries.com, 2022)



1.9.13 Mikroklima

Zelené strechy disponujú množstvom funkcií, ktoré sú uvedené v kapitole č. 1.7.2. Je zrejme, že zelené strechy ovplyvňujú aj okolité prostredie ako napríklad tým, že zabraňujú prehrievaniu striech a redukujú výkyvy teplôt medzi dňom a nocou, čo vedie k zníženiu tepelných ostrovov a tiež dokážu znížiť spotrebu energie pre vytápanie a klimatizáciu. Prostredníctvom evapotranspirácie sa ochladzuje vzduch a tým sa znižuje teplota povrchu strechy a tiež okolia. Mnohé štúdie dokázali, že počas horúcich letných mesiacov môže byť povrchová teplota zelenej strechy chladnejšia než teplota vzduchu, pričom u klasických

striech môže mať teplotu až 50°C. U exponovaných oblastí čiernych striech sa môžu teploty vyšplhať až na 80°C. Pri inštalácii zelených striech je možné namerať hodnoty 27°C, čo je samozrejme veľký rozdiel. Ďalšie štúdie poukazujú aj na to, že vďaka zelenej streche je možné zredukovať aj vnútornú teplotu o 3-4°C a vonkajšiu teplotu strechy až o 25-30°C. Solárna odrazivosť inak albedo je špecifická schopnosť materiálu odrážať infračervené a ultrafialové vlnové dĺžky slnečného žiarenia. Solárna odrazivosť teda albedo je u zelených striech v rozmedzí 0,25-0,3, ak zarátame aj evapotranspiráciu tak sa albedo pohybuje od 0,7 do 0,85. Zelené strechy majú veľký potenciál k zlepšeniu tepelného výkonu strešného systému s pomocou tienenia, izolácie a evapotranspirácie a tým sa znižujú energetické dopyty danej budovy. Zo štúdie, ktorá bola uskutočnená v Portland State University (USA), ktorá sa nachádza v podobných klimatických podmienkach ako Česká republika je možné vyvodiť to, že zelené strechy môžu ušetriť od 1,8 kWh/m² do 6,8 kWh/m² v prípade chladenia až 6,44 kWh/m² vo vytápaní. V prepočte na navrhovanú strechu s plochou 150 m² a ak je vychádzané z najnižšej hodnoty za chladenie 1,8 kWh/m² a priemernou cenou 7 Kč za 1 kWh/m² činia ročné úspory 1890 Kč a na vytápanie 6762 Kč. Samozrejme musíme brať do úvahy, že úspory energie sa môžu líšiť od typu zelených striech a klimatických podmienok, v ktorých sú realizované. (Konasova, Silveira, 2016)

Obrázok 45 Porovnanie strechy s vegetáciou a bez pomocou termosnítku (www.isover.cz, 2022)



1.9.14 Finančná analýza modelového návrhu

Investícia do zelenej strechy je pomerne nákladná položka, ale pokiaľ je navrhovaná pre novostavbu, tak jej riešenie je jednoduchšie. So zelenou strechou sa pri návrhu novostavby vopred počíta a preto je jej prispôbená aj konštrukcia a to znamená, že náklady sa navýšia než u klasickej plochej strechy. Rozdiel cien je samozrejme cena jednotlivých materiálov, ktoré sú prispôbené pre vegetačné strechy. Avšak na druhej strane je možné tieto náklady znížiť prostredníctvom rôznych dotačných programov, ktoré poskytujú financie napríklad ako dotačný program Nová zelená úsporám, ktorá poskytuje dotácie na výstavbu zelených striech na rodinných domoch od 700-100 000 korún. Pre tento modelový návrh v lokalite Brno – Tuřany je možné zažiadať aj o dotáciu z dotačného programu Zeleň strechám, ktorý poskytuje mesto Brno svojim obyvateľom v hodnote až 20 miliónov korún na zelené strechy a zachytávanie dažďovej vody. Nižšie v tabuľkách č. 14 a č.15 sú vyčíslené priemerné

náklady na jednotlivé časti a materiál, ktorý bol použitý pre návrh zelenej strechy. Ceny sa pohybujú u vybraných niekoľkých výrobcov v rôznych výškach (záleží od výberu materiálu, hrúbky, veľkosti, počtu, či druhu) a preto bola zvolená priemerná cena, ktorá bola prepočítaná na celkovú plochu navrhutej zelenej strechy. Výška nákladov na realizáciu je znázornená v tabuľke č.16, a činí 404 690 korún. Je potreba brať do úvahy, že cena je len orientačná pretože výška nákladov závisí aj na výbere druhu strechy, jej skladby, použití materiálu a samozrejme na aký účel bude slúžiť. Samozrejme je možné navrhnuť jednoduchú extenzívnu strechu s plochou 150m² aj za nižšie náklady vid'. tabuľka č. 17, v ktorej boli zvolené rozdielne typy skladby a materiálu. V porovnaní s cenou klasickej plochej strechy, ktorá sa pohybuje približne okolo od 100 000 až do 400 000 Kč v závislosti taktiež od výberu materiálu a veľkosti strechy je skladba plochej zelenej strechy skoro až po hydroizolačnú vrstvu rovnaká ako u klasickej plochy strechy až na jej hydroizoláciu, ktorá je u zelenej strechy doplnená o vrstvu proti prerastaniu koreňov rastlín a tiež o vrstvu substrátu a vegetácie. Z toho vyplýva, že aj napriek tomu, že cena klasickej strechy je v porovnaní s cenou zelenej strechy nižšia, tak sa oplatí investovať do zelenej strechy aj napriek jej vyššej cene. Zelená strecha má okrem klasickej funkcie strechy aj mnoho ďalších funkcií, ktoré boli popísané v kap. 1.7.2. a výhod medzi ktoré patrí napríklad dlhšia životnosť strechy, či návratnosť nákladov, ktoré boli vynaložené vo forme zníženia nákladov na energie, či hospodárenia s vodou a zlepšovanie mikroklímy. Samozrejme tu hrá rolu aj fakt, že je možné si zelené strechy dofinancovať z dotačných programov, čím sa znížia náklady na jej realizáciu. Orientačnú výšku dotácie je možné vidieť v tabuľke č. 18, samozrejme je dôležité, aby sa pri žiadosti o dotáciu spĺňali podmienky pre schválenie a následné čerpanie.

Tabuľka 14 Približné náklady na skladbu zelenej strechy (Autor práce, 2022)

	Materiál	Hrúbka	Priemerná cena m² (Kč)	Cena za 150 m² (Kč)
Hydroizolácia	Spodný hydroakumulačný asfaltový pás	3mm	150	22 500
	Stredný hydroakumulačný asfaltový pás	4mm	150	22 500
	Vrchný hydroakumulačný asfaltový pás	5,3mm	220	33 000
Ochranná separačná vrstva	Polypropylén	2mm	30	8250
Drenážna vrstva	Recyklát -HDPE	20mm	300	45 000
Filtračná vrstva	Recyklát -HDPE	1,1mm	50	7500
Vegetačná vrstva	expandovaných ílových materiálov, rašeliny, zeolit	20cm	3000/m ³	102 000
Rezky rozchodníkov	5-8 druhov rastlín	2,5-4 cm	600	90 000

Tabuľka 15 Náklady na príslušenstvo k zelenej streche (Autor práce, 2022)

Príslušenstvo	Materiál	Potrebné množstvo	Priemerná cena (Kč)	Cena (Kč)
Kačirková lišta	Hliník	40 kusov/ks	670/ks	26 800
Stavebné kamenivo	Kameň	7,8 m ³	1950/ m ³	15 210
Spojovací prvkom pre lištu	Hliník	50/ks	55/ks	2750
Odtokové vpusti	PUR	2 ks	1840/ks	3680
Nadstavec k strešnej vpusti	PVC	2ks	2000/ks	4000
Ochranný kôš na vpust'	Polyamid	2ks	550	1100
Doplňkový materiál				40 000

Tabuľka 16 Súčet nákladov a celková suma zelenej strechy (Autor práce, 2022)

Strešný plášť	330 750 Kč
Príslušenstvo	53 540 Kč
Spolu	404 290 Kč

Tabuľka 17 Náklady na extenzívnu zelenú strechu s odlišným výberom materiálu (Autor práce, 2022)

	Materiál	Potrebné množstvo	Cena (Kč)
Rezky rozchodníkov	5-8 druhov	14kg	7750
Substrát – pytel 45l	Drtený lapir, tehlová drť, zelený kopost,rašelina, dolomitické vápence, hnojivo	692ks	90 000
Filtračná vrstva	Geotextília	156 m ²	5000
Drenážna vrstva	Recyklát HDPE	142 m ²	22 000
Ochranná vrstva	Textília	173 m ²	5900
Koreňová fólia	PELD (polyetylen)	165 m ²	22 935
Hydroizolačná fólia	PVC-P (mäkčený polyvinylchlorid)	168 m ²	44 000
Odtokové vpuste	Neuvedené	2ks	3200
Kačirková lišta	Hliník	16ks	14 000
Praný kačírok	Kamenivo	3,2 m ³	6500
Doplňkový materiál	Neuvedené		20 000
Spolu			236 785

Tabuľka 18 Dotačné programy a ich maximálna výška príspevku (Autor práce, 2022)

Dotačný program	Podľa druhu strechy	Maximálna výška dotácie
Nová zelená úsporám	700 -1000Kč/m ²	100 000
Zeleň strechám – Brno	400 - 800Kč/m ²	120 000

Medzi ďalšie náklady je nutné zaradiť aj náklady súvisiace s využitím a hospodárením s vodou, ktoré je možné vidieť v tabuľke č. 19. Náklady súvisia s nákupom mikrozávlahy, v tomto prípade ide o mikropostrekovače, kde sa cena samozrejme líši vo výbere jednotlivých častí z ktorých sa mikrozávlahu skladá a pre akú plochu bude inštalovaná. Pre tento modelový návrh bola zvolená orientačná cena 5000 Kč. Podobne je to aj v prípade akumuláčnej nádrže a vsakovacieho zariadenia, kde sa ceny líšia v závislosti na type a objeme. Priemerné ceny boli čerpané od vybraných výrobcov poskytujúcich potrebné produkty pre hospodárenie s dažďovou a šedou vodou. Celkové náklady sa vyšplhali na sumu 77 000 Kč. Tieto náklady je možné znížiť čerpaním dotácie z dotačného programu Dešťovka na zaobstaranie akumuláčnej nádrže slúžiacej na zalievanie a splachovanie WC dažďovou vodou. Táto dotácia umožňuje preplatenie až 50% nákladov najviac však 30 tisíc korún fixnej čiastky + premennej čiastky 3500 Kč/m³ podľa veľkosti nádrže, výška minimálnej a maximálnej dotácie je uvedená v tab. č. 20.

Tabuľka 19 Prehľad nákladov na nákup vodohospodárskych zariadení (Autor práce, 2022)

	Priemerná cena (Kč)	Cena pre modelový projekt (Kč)
Mikro postrekovač (sada)	max. 10000	5000
Akumulačná nádrž	40 000 - 90 000	65 000
Vsakovacie zariadenie	2000 - 15 000	8500
Spolu		77 000

Tabuľka 20 Výška dotácie z dotácie z dotačného programu Dešťovka (autor práce, 2022)

	Minimálna výška dotácie (Kč)	Maximálna výška dotácie (Kč)
Zalievanie a splachovanie WC	37 000	65 000

1.9.15 Zhodnotenie modelového projektu

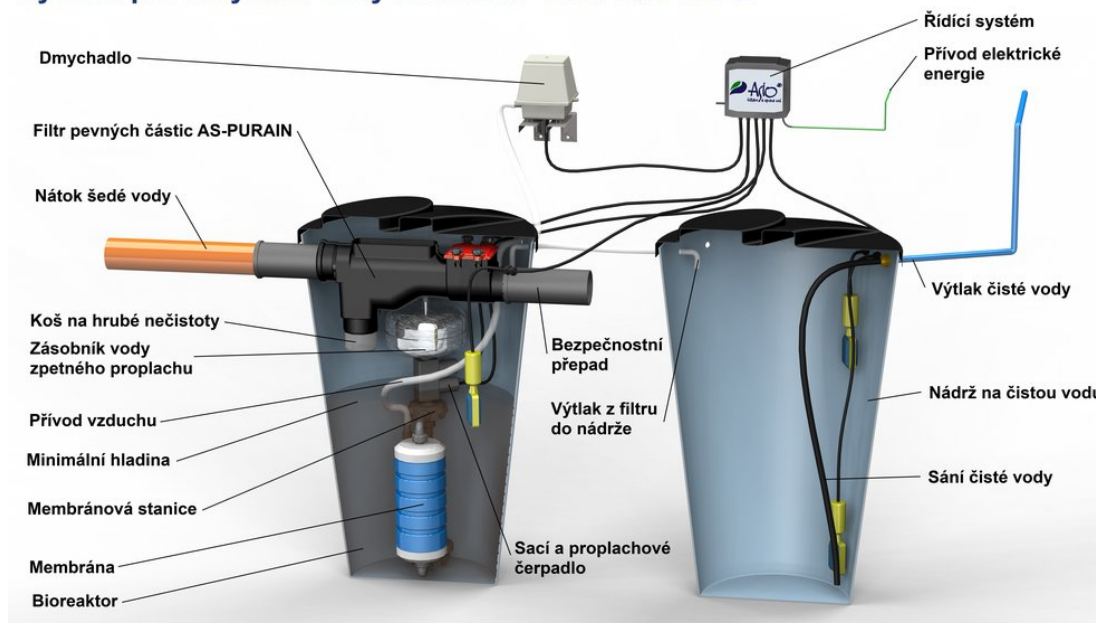
Vo všeobecnosti je dobré pozerieť na zelenú strechu ako vhodnú investíciu a nie ako na nákladovú položku. Investícia do takejto strechy sa z environmentálneho hľadiska prejaví v podstate hneď po jej realizácii. Nie je teda nutné čakať dlhé roky pre jej návratnosť. Jedným z hlavných prínosov navrhovanej strechy je zadržiavanie zrážkovej vody. Zrážková voda sa po dopadnutí na zelenú strechu vsiakne, kde sa v jednotlivých častiach strešného plášt'a zadrží a táto voda je následne využitá evapotranspiráciou. Samozrejme zelená strecha dokáže zachytiť iba určitú časť vody a pri jej plnom nasýtení je z nej odvedená voda, ktorú už nedokáže poňať. Voda je odvedená do akumuláčnej nádrže, kde je uskladnená pre jej ďalšie využitie. Na túto funkciu strechy hneď nadväzuje ochladzovanie ovzdušia práve vďaka evapotranspirácii rastlín, ktoré tak prispieva k zníženiu tepelného ostrova a vytváraniu príjemnej klímy v obytnej zóne. V tejto súvislosti prispieva navrhnutá zelená strecha aj k ochrane pred horúčavami alebo naopak v zime pred chladom, čím sa samozrejme znížia náklady na energie. Medzi ďalšie prínosy modelovej strechy patrí predĺženie životnosti strechy, ktorá dokáže ochrániť hydroizoláciu pred pôsobením UV žiarenia a kolísaním teplôt. Realizáciou zelenej strechy sa podporí zvýšenie biodiverzity, ktorá následne poskytne útočisko napríklad včelám, motýľom, vtákom a ďalšiemu hmyzu, čo má pozitívny dopad, keďže v dnešnej dobe v mestách prevažujú zastavané plochy pred zeleňou. Pozitívny dopad zelenej strechy je možné pozorovať aj pri zachytávaní prachu a škodlivín, vrátane pohlcovania CO₂, kde 1m² zelene dokáže znížiť koncentráciu CO₂ ročne až o 5kg/m². Táto navrhovaná modelové strecha preto disponuje množstvom environmentálnych prínosov,

ktorých návratnosť sa prejavuje hneď po jej realizácii. Na druhej strane musíme brať do úvahy, že z ekonomického hľadiska ide o vysokú investíciu. Investičné náklady na realizáciu zelenej strechy sa v tomto návrhu vyšplhali na cenu 481 290 Kč bez súvisiacej ceny práce. Z dlhodobého hľadiska treba zohľadniť aj to, že si zelená strecha bude vyžadovať priebežnú údržbu, z čoho budú plynúť ďalšie náklady. Medzi takéto prevádzkové náklady patria napríklad údržba zelene, nákup hnojiva, či zavlažovanie. Náklady na závlahu sú závislé na zdroji vody, čo znamená množstvo využiteľnej vody verzus zálievka pitnou vodou z vodovodu. V tomto návrhu však množstvo potrebnej vody pre zálievku vo vegetačnom období presahuje dostupnosť využiteľnej vody a preto je potrebné rátať s tým, že bude nutné vodu čerpať z vodovodného rádu a to znamená vyššie náklady v podobe vodného a stočného čo činí približne 6 000 Kč za vegetačné obdobie. Opakom je však zníženie nákladov na spotrebu vody v zimných mesiacoch, kde sa pre splachovanie toalety bude využívať zachytená zrážková voda a tým sa zníži množstvo vody čerpanej z vodovodného rádu. Návratnosť vynaložených nákladov sa navráti aj v podobe úspore nákladov na vytápanie a chladenia ako aj v úspore nákladov na výmenu izolácie ako bolo spomenuté vyššie. Výšku investičných nákladov je možné znížiť čerpaním dotácie z dotačných programov. Celkový návrh modelovej strechy z pohľadu environmentálnej a ekonomickej návratnosti spolu súvisí a ide ruka v ruke. No je nutné podotknúť, že pri hospodárení s vodou sa náklady na prevádzku a údržbu strechy zvýšia v podobe čerpania vody z vodovodného rádu, čo je v tomto prípade neekonomické a rodina by musela vynaložiť vyššie náklady.

1.9.16 Návrh vylepšenia modelového projektu

Modelový návrh extenzívnej zelenej strechy bol navrhnutý s navýšenou mocnosťou substrátu 20cm, keďže sa nachádza v teplom až mierne suchom pásme. Mocnosť substrátu v tomto prípade už zodpovedá typu polointenzívnej strechy. Z tohto dôvodu by bolo možné obohatiť vegetáciu aj o suchomilné kry listnatého alebo ihličnatého typu, byliny a trávy. Samozrejme ak by došlo k zmene vo vegetácii, tak sa to odrazí aj na potrebe vody, ktoré si rastliny vyžadujú predovšetkým vo vegetačnom období. Pre vyššie zadržanie vody v zelenej streche je možné nahradiť v strešnom plášti drenážnu vrstvu alebo vrstvu substrátu - minerálnou vlnou, ktorá sa vyznačuje dobrou absorpciou vody a nízkym zaťažením. Takáto minerálna vlna spomalí a zadrží zrážkovú vodu, ktorá je následne k dispozícii rastlinám pre ich potrebu. Na základe zhodnotenia modelového projektu je jasné, že potrebné množstvo pre závlahu prevyšuje množstvo zachytenej vody a ak by došlo k obohateniu vegetácie ďalšími druhmi táto potreba vody sa zvýši, čo by viedlo k ďalšiemu navýšeniu nákladov na čerpanie vody z vodovodného rádu. Jednou z možností by bola čistička šedej vody, ktorá by tento deficit mohla aspoň čiastočne pokryť a tým by sa náklady na potrebu vody znížili. Šedá voda by bola získavaná zo sprch a umývadiel, následne by bola odvedená do čističky šedej vody – reakčnej nádrže, kde by bola vyčistená pomocou biologického čistenia a z nej odvedená do akumuláčnej nádrže. Príkladom takejto čističky je domová čistička AS-GW/Aqualoop 6, ktorá slúži pre recykláciu vody a jej následnom využitie. Technológia čistenia pozostáva z pretekania vody cez filter mechanických nečistôt do reakčnej nádrže, kde sa voda biologicky čistí. V reakčnej nádrži je usadený membránový modul, v jeho spodnej časti sa nachádza aeračný systém. Nad ním je umiestnené čerpadlo, ktoré prostredníctvom podtlaku odsáva vodu cez membrány a odvádza ju už vyčistenú do akumuláčnej nádrže. Z akumuláčnej nádrže je voda ďalej čerpaná do systému rozvodu prevádzkovej vody. V reakčnej nádrži sa nachádza aj havarijný prepád a systém je možné doplniť v prípade potreby pitnou vodou. Jednotlivé časti, z ktorých sa čistička skladá je možné vidieť na obrázku č. 46.

Systém pro recyklaci šedých vod AS-GW/AQUALOOP



Pri zvažovaní čističky je dôležité si vopred vypočítať objem nádrže podľa spotreby vody, na základe ktorej sa vyberie vhodný typ nádrže, ktorý bude postačujúci pre akumuláciu vody. Objem nádrže pre šedú vodu sa určil podľa spotreby vody v domácnosti z tabuľky č. 1 mimo spotreby vody pre WC. V tomto návrhu sa jedná o rodinný dom so 4-člennou rodinou, kde priemerná spotreba vody je 86 l/d. Pre výpočet objemu sa využila táto rovnica:

$$V_v = \frac{n \cdot S_d \cdot R \cdot z}{1000} = \frac{4 \cdot 86 \cdot 0,5 \cdot 20}{1000} = 3,4 \text{ m}^3$$

Kde:

V_v – objem nádrže podľa spotreby vody (m^3)

n – počet obyvateľov v domácnosti

S_d – celková spotreba vody na jedného obyvateľa na deň (l)

R – koeficient využitia zrážkovej vody na (zvyčajne 0,5 – využitie zrážkovej vody na náhradu)

z – koeficient optimálnej veľkosti (zvyčajne 20)

Objem nádrže podľa výpočtu musí byť minimálne $4,3 \text{ m}^3$. Vybraná čistička je dimenzovaná pre 6 EO (ekvivalentných obyvateľov), čo je v tomto prípade viac než postačujúce.

Cena takýchto čističiek sa pohybuje v rozmedzí od 80 000 Kč do 150 000 Kč v závislosti na type a objeme. V prípade použitia čističky AS-GW/Aqualoop 6 je orientačná cena 113 000 Kč. Nákupom takejto čističky sa navýšia celkové náklady na modelový návrh, no aj v prípade takéhoto rozhodnutia je možné si zažiadať o dotáciu z dotačného programu Dešťovka pre využitie šedých odpadových vôd. Ako aj pri dotácií na akumuláciu nádrže dažďovej vody, tak aj tu poskytuje štát preplatenie až 50% nákladov, no najviac 60 tisíc korún fixnej čiastky + premenné čiastky $3\,500 \text{ Kč/m}^3$ podľa veľkosti nádrže. Minimálna výška dotácie predstavuje 62 000 Kč a maximálna výška je 105 000 Kč. Aj v tomto prípade je nutné splniť požiadavky, pre možnosť čerpania dotácie. Ak teda budeme počítať s minimálnou čiastkou dotácie, tak náklady sa znížia na 51 000 Kč. Treba však počítať s tým, že táto čistička spotrebuje viac energie, čo bude viesť k zvýšeniu nákladov zároveň však k zníženiu nákladov na čerpanie vody z vodovodu. Nižšie v tabuľkách č. 21 a č. 22 je možné vidieť množstvo vody, ktoré je

potrebné dočerpať z vodovodu pre potrebu závlahy a splachovania pri zachovaní navrhovanej skladby a zloženia vegetácie, kde tabuľka č. 21 predstavuje množstvo dostupnej vody iba z dažďovej akumuláčnej nádrže a v tabuľke č. 22 je množstvo využiteľnej vody ako z dažďovej, tak aj šedej akumuláčnej nádrže. Hodnoty v tabuľkách sú čerpané z tabuliek č. 12 a č. 13 a hodnoty pre spotreby šedej vody boli čerpané z tabuľky č. 1 mimo spotreby vody pre WC a prepočítané pre spotrebu vody štvorčlennou rodinou za mesiac. Fialovou farbou sú vyznačené zimné mesiace, počas ktorých bude zachytená voda využívaná pre splachovanie. V tabuľke č. 21 nám dostupné množstvo dažďovej vody nepokryje potrebné množstvo vody pre splachovanie, v tabuľke č. 22 s využitím vyčistenej šedej vody nám naopak vzniká prebytok vody, ktorý je možné využiť okrem splachovania napríklad na upratovanie alebo pranie. Žltou farbou je vyznačené vegetačné obdobie rastlín, počas ktorého je nutná závlaha strechy. Ako je možné vidieť v oboch tabuľkách vzniká deficit vody pre závlahu a splachovanie, ktorý je nutné doplniť čerpaním z vodovodného rádu, ale v prípade tabuľky č. 22 je tento deficit výrazne nižší než v tabuľke č. 21. práve vďaka využitiu vyčistenej šedej vody. Z ekonomického hľadiska teda ide o výrazne nižšiu spotrebu a tým aj úsporu nákladov. V tabuľke č. 23 je vypočítaná cena vody za vodu čerpanú z vodovodného rádu s využitím iba dažďovej vody, čo činí 8 093,27 Kč a využitím šedej a dažďovej vody 1 381,83 Kč, čo predstavuje vysoký rozdiel v nákladoch. Z tohto dôvodu je možné odporučiť nákup čističky šedej vody ako návrh na zlepšenie súčasného modelového projektu, ktorá tak ušetrí prevádzkové náklady na spotrebu vody vo výške 6 711,44 Kč. Zaobstaranie čističky šedej vody však prináša zvýšenie nákladov vo forme vyššej spotreby elektrickej energie. Spotreba čističky vody na deň činí približne 0,72 kWh a priemerná cena elektriny za rok 2021 bola 4,98Kč za 1 kWh. V tabuľke č. 24 bol uskutočnený prepočet spotreby elektriny spolu s výpočtom ceny, ktorá činí za rok 1 308, 744 Kč.

Tabuľka 21 Množstvo dodanej vody z vodovodu s využitím dažďovej vody (autor, 2022)

	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	Spolu za rok
	Január	Február	Marec	Apríl	Máj	Jún	Júl	August	September	Október	November	December	
Zachytená zrážková voda (m3)	1,566	1,35	1,89	1,782	3,294	3,834	4,104	3,564	3,024	2,16	1,944	1,782	30,294
Splachovanie (m3/mes)	3,224	2,912	3,224	3,12	3,224	3,12	3,224	3,224	3,12	3,224	3,12	3,224	37,96
Celková potreba vody pre závlahu (m3)	0	0	0	9	12	15	15	12	9	0	0	0	72
Dodaná voda z vodovodu (m3)	-1,658	-1,562	-1,334	-10,338	-11,93	-14,29	-14,12	-11,66	-9,096	-1,064	-1,176	-1,442	-79,666

Tabuľka 22 Množstvo dodanej vody z vodovodu s využitím dažďovej vody a šedej vody (autor, 2022)

	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	Spolu za rok
	Január	Február	Marec	Apríl	Máj	Jún	Júl	August	September	Október	November	December	
Zachytená zrážková voda (m3)	1,566	1,35	1,89	1,782	3,294	3,834	4,104	3,564	3,024	2,16	1,944	1,782	30,294
Spotreba šedej vody (m3)	9,796	8,848	9,796	9,48	9,796	9,48	9,796	9,796	9,48	9,796	9,48	9,796	115,34
Splachovanie (m3)	3,224	2,912	3,224	3,12	3,224	3,12	3,224	3,224	3,12	3,224	3,12	3,224	37,96
Celková potreba vody pre závlahu (m3)	0	0	0	9	12	15	15	12	9	0	0	0	72
Dodaná voda z vodovodu (m3)	0	0	0	-0,858	-2,134	-4,806	-4,324	-1,864	0,384	0	0	0	-13,602

Tabuľka 23 Prepočet ceny vody (autor, 2022)

	Dodaná voda z vodovodu	Cena vody (vodné stočné) Kč	Spolu za rok
Dažďová voda (m ³)	79,666	101,59	8093,27
Dažďová + šedá voda (m ³)	13,602	101,59	1381,83

Tabuľka 24 Prepočet spotreby energie a ceny energie (autor, 2022)

	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	Spolu za rok
	Január	Február	Marec	Apríl	Máj	Jún	Júl	August	September	Október	November	December	
Priemerná spotreba čističky (kWh)	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	8,64
Spotreba za mesiac (kWh)	22,32	20,16	22,32	21,6	22,32	21,6	22,32	22,32	21,6	22,32	21,6	22,32	262,8
Priemerná cena za elektrinu (Kč)	4,98	4,98	4,98	4,98	4,98	4,98	4,98	4,98	4,98	4,98	4,98	4,98	59,76
Cena elektriny za mesiac (Kč)	111,154	100,4	111,154	107,57	111,15	107,57	111,15	111,1536	107,568	111,1536	107,568	111,1536	1308,744

1.9.17 Celkové zhodnotenie

Táto práca sa primárne zameriavala na efektívne hospodárenie s vodou prostredníctvom zelenej strechy a predovšetkým na jej zadržanie v krajine a následné využitie. Ako je možné vidieť, tak v práci boli zhrnuté jednotlivé témy, na základe odbornej literatúry, ktoré tak čitateľovi priblížili danú problematiku. V rámci návrhu modelovej strechy bolo dospieť k záveru, že zelená strecha je z environmentálneho hľadiska veľmi prínosná pre životné prostredie a ľudí a to hlavne z dôvodu znižovania klimatickej zmeny zachytávaním CO₂, znižovaním tepelných ostrovov miest prostredníctvom evapotranspirácie, či zachytávania zrážkovej vody a jej následným vsakovaním a spomalením jej odtoku. Tieto a ďalšie prínosy zelenej strechy je možné vnímať hneď po jej realizácii, čo je veľká výhoda. Na druhej strane je investícia do takejto strechy ekonomicky náročná, pretože si žiada vynaloženie vysokých nákladov na jednotlivé skladby a materiály zelenej strechy, jej príslušenstva v podobe vodohospodárskych zariadení, čo sa pre rodinu nemusí vyplatiť. V tejto práci bola navrhnutá extenzívna zelená strecha s hlavným cieľom zadržania, zachytenia dažďovej vody a jej odvedenia do akumuláčnej nádrže, z ktorej bude následne využitá pre závlahu a splachovanie toalety. Výpočty vodnej bilancie ukázali, že odvedená dažďová voda nepokrýva potrebu vody pre zálievku a splachovanie a z toho dôvodu by bolo nutné tento deficit vody doplniť z vodovodu, čo by pre rodinu bolo neekonomické. Preto ako návrh vylepšenia bol zvolený nákup domovej čističky odpadovej vody, ktorá by vyčistením šedej vody z domácnosti tento deficit pokryla skoro na maximum aj napriek tomu, že by rodine vznikli ďalšie náklady na nákup vodohospodárskeho zariadenia a prevádzku čističky. Investície do zelenej strechy a vodohospodárskych zariadení je však možné znížiť z dotačných programov, ktoré umožňujú pokryť až 50% nákladov, čo v tomto prípade zníži náklady rodiny a dokonca sa daná investícia do zelenej strechy a efektívneho hospodárenia s odpadovou vodou z environmentálneho aj ekonomického hľadiska navráti.

Diskusia

Výber témy diplomovej práce bol zvolený predovšetkým kvôli narastajúcemu problému zmeny klímy, čo sa odráža na nedostatku vody v krajine. Táto problematika je definovaná v štúdií hospodárenia so zrážkovými vodami v urbanizovaných krajinách, kde:

„Urbanizované územia sú špecifické vysokým podielom nepriepustných plôch (komunikácie, strechy budov), ktorá v centrách mestských aglomerácií dosahujú aj viac ako 70%. Dôsledkom je zmena jednotlivých zložiek lokálneho kolobehu vody. Zrážková voda nemôže prirodzene vsakovať do pôdneho a horninového prostredia. Taktiež úroveň výparu (evapotranspirácia) je oproti prirodzeným podmienkam znížená. Naopak sa zvyšuje objem a maxima povrchového odtoku, ktorý je ešte urýchlenný odkanalizovaním.“ (Stránsky, 2019)

Tieto problémy umocňuje zmena klímy a jej výkyvy počasia, čo zapríčiňuje aj ďalšie dopady, ktoré sú uvedené v kapitole 1.4.4. S touto definíciou problematiky sa stotožňujem a preto sa táto diplomová práca zameriava na hospodárenie s dažďovou a šedou vodou prostredníctvom zelenej strechy. Zmena klímy sa týka každého z nás, je to celosvetový problém a preto sa tejto téme venuje čoraz väčšia pozornosť. V publikácii Spôsoby systémovej podpory výstavby zelených striech sa uvádza:

„Rozširovanie zelených striech je celosvetovým trendom. Od Číny a Singapuru cez Nemecko až po Kanadu sú prírode blízke riešenia adaptácie na zmenu klímy preferovaným spôsobom, ako pozitívne ovplyvňovať kolobeh vody a mestskú mikroklímu a tiež prispievajú ku kvalitnejšiemu a zdravšiemu životu v mestách.“ (Dostal, 2017)

Tlačové oddelenie MŽP uvádza, že v Českej republike sa záujem o takéto adaptačné opatrenia v rámci programu Nová zelená úsporám zdvihlo medzi rokmi 2019 a 2020 až trojnásobne. Na obdobie 2021-2027 chystá širokú ponuku finančnej podpory aj legislatívne zmeny. (MŽP, 2021)

Z môjho pohľadu je táto možnosť realizácie zelených striech dobrým krokom pri boji so zmenou klímy, navrátení zelene do miest a hospodárení s vodou, ktorá je z roka na rok vzácnejšia. Európska únia ako aj Česká republika sa snažia podporovať realizácie týchto adaptačných opatrení týkajúcich sa zmeny klímy a preto vyčlenili prostredníctvom dotačných programov súvisiacich s hospodárením s vodou alebo realizácie zelených striech miliardy korún. Keďže investícia do zelenej strechy a nákupu vodohospodárskych zariadení nie je lacnou investíciou, tak takáto podpora zo strany štátu a EÚ je dobrou motiváciou ako pre obyvateľov rodinných domov, tak aj pre investorov v rámci komerčných a administratívnych budov. Poznatky a informácie spracované z odbornej literatúry, dokazujú to, že zmena klímy je vážnym problémom, čo je možné pozorovať od 20. storočia, kde teplota vzduchu výrazne rastie a hrozí, že presiahne až 1,5 °C, či dokonca dosiahne 2°C a to by malo vážne dopady na životné prostredie a ľudí (IPCC, 2021). Keďže voda je základom života a zmenou klímy dochádza k nedostatku vody a následnému vodnému stresu je dôležité, túto vodu v krajine zadržať a vrátiť ju do prirodzeného kolobehu vody v krajine. V tejto práci bola navrhnutá modelová plochá, extenzívna zelená strecha so sklonom do 5° a výmerou 150m², pre rodinný dom v mestskej časti Brno Tuřany, ktorá bude slúžiť predovšetkým na zadržanie, zníženie odtoku a využitie odvedenej vody pre závlahu a splachovanie. Táto strecha je určená pre novostavbu a preto bola konštrukcia strechy od začiatku prispôbena realizácii zelenej strechy vrátane zaťaženia nosnej konštrukcie. Návrh strechy pozostával z výberu jednotlivých skladieb strešného plášťa, ktorý pozostáva z hydroizolácie, ochrannej, drenážnej, filtračnej,

vegetačnej vrstvy a samotnej vegetácie. Pri výbere a návrhu bolo vychádzané z odborných publikácií, no predovšetkým z publikácie *Vegetační souvrství zelených střech: Standardy pro navrhování, provádění a údržbu* (Burian a kol. 2010). V rámci návrhu drenážnej vrstvy bol prevedený dodatočný výpočet požadovaného výkonu vybranej drenážnej fólie, ktorý dosvedčil, že vybraná drenážna vrstva spĺňa požadované hodnoty a je možné ju pri realizácii použiť. Výber mocnosti substrátu a vegetácie sa odvíjal predovšetkým z podmienok stanovišťa, keďže sa Tuřany nachádzajú v miernom až suchom pásme bolo navrhnuté navýšenie substrátu na 18 cm a pre založenie vegetácie boli vybrané nenáročné rozchodníky, tabuľka č. 10. (Bohuslávka a kol., 2009). Pre tento návrh bola vypočítaná bilancia vody, tabuľky č. 12 a č. 13. Z tohto výpočtu bolo zistené, že množstvo využiteľnej dažďovej vody nie je dostačujúce a to predovšetkým vo vegetačnom období, keď je nutná závlaha zelenej strechy. Viac než 80% dažďovej vody je zadržanej a využitej prostredníctvom evapotranspirácie. Hodnoty evapotranspirácie boli zvolené podľa priemerných hodnôt vypočítaných prostredníctvom Green Roof Retention/ Evapotranspiration Modeler, no môžu byť získané aj metodikou odhadu ako k tomu dospeli v článku *Applicability of Classical Predictive Equations for the Estimation of Evapotranspiration from Urban Green Spaces: Green Roof Results*, kde porovnávali dve metodiky odhadu evapotranspirácie na zelenej streche. (DiGiovanni, 2013) Vodu, ktorú už zelená strecha nemôže absorbovať pri jej maximálnom nasýtení je odvedená do akumuláčnej nádrže, v ktorej je uskladnená a pripravená na ďalšie využitie. Práve táto odvedená voda je následne použitá pre splachovanie a závlahu. Bohužiaľ množstvo zachytenej dažďovej vody nie je postačujúce pre pokrytie potreby vody na splachovanie a závlahu a preto je nutné tento deficit doplniť z vodovodného rádu, tabuľka č. 21, čo predstavuje zvýšenie nákladov za spotrebu vodu. Na druhej strane je nutné zdôrazniť, že voda, ktorá sa v zelenej streche zadrží a následne je spotrebovaná evapotranspiráciou ochladzuje vzduch, tým sa znižuje teplota povrchu strechy a tiež okolia v letných mesiacoch a aj vytváranie tepelného ostrova. V zime naopak udržiava optimálnu teplotu v strešnom plášti a zabraňuje úniku tepla. K podobnému záveru dospeli aj v článku *Experimental measurements and numerical modeling of a green roof* (Lazzarin, Busato, 2015). Z hľadiska finančnej analýzy boli vyčíslené celkové náklady na modelový návrh strechy zahŕňajúci náklady na strešný plášť a vodohospodárske zariadenia, tabuľka č. 16 a č. 19. Výsledná cena je len orientačná a bola vypočítaná z priemerných cien vybraných dodávateľov, ktorá sa mení v závislosti od výberu materiálu, hrúbky, veľkosti, počtu, či druhu vegetácie. Z ekonomického hľadiska ide o vysokú investíciu, s ktorou súvisia aj ďalšie prevádzkové náklady vo forme údržby strechy a závlahy. Avšak túto investíciu je možné znížiť čerpaním financií z dotačných programov na realizáciu zelenej strechy prostredníctvom programu Nová zelená úsporám alebo z dotácii mesta, ktoré ich poskytuje a práve mesto Brno takéto dotácie poskytuje a sú prehľadne uvedené v Metodike k podaniu žiadosti v dotačnom programe na podporu vytvárania zelených striech. (Zelené strechy, 2019; Státni fond životního prostředí, 2022). Keďže najvyššou položkou pri kúpe vodohospodárskeho zariadenia predstavuje akumuláčná nádrž v hodnote 65 000 Kč, je možné náklady znížiť o dotáciu z programu Dešťovka, určenej aj pre novostavby na využívanie dažďovej vody pre splachovanie a závlahu, čo tento návrh spĺňa. (Státni fond životního prostředí, 2022) Aj napriek zníženiu nákladov je stále nutné rátať s prevádzkovými nákladmi na závlahu a splachovanie, pretože množstvo dažďovej vody nebude postačujúce a z tohto hľadiska je to pre rodinu neekonomické. Na druhej strane po realizácii zelenej strechy sa ihneď navráti táto investícia vo forme úžitkov, ktoré z nej plynú, či už je to zadržanie a spomalenie odtoku, ochladzovanie okolitého prostredia a tak vytváranie príjemnej mikroklimy alebo zachytávanie nečistôt, prachu a predovšetkým CO₂. Pre lepšie hospodárenie s vodou a zníženie nákladov rodiny bola navrhnutá možnosť vylepšenia tohto modelového projektu, ktorá predstavuje nákup čističky šedej vody. Investícia na nákup čističky by tak navýšila náklady projektu o

dodatočných 113 000 Kč. Aj v tomto prípade je možné čerpať dotáciu z dotačného programu Dešťovka, poskytujúci dotácie na využitie odpadových vôd v rodinných domoch. (Státni fond životního prostředí, 2022) V modelovom návrhu bola k dispozícii iba zachytená dažďová voda, ktorej množstvo nebolo postačujúce, no využitím vyčistenej šedej vody z domácnosti sa nám navýši aj dostupné množstvo vody pre splachovanie a pre závlahu vo vegetačnom období, tabuľka č. 22 a tým sa zníži aj množstvo vody, ktoré je nutné dočerpať z vodovodu. Výška nákladov na vodu z vodovodu s využitím čističky je teda oveľa nižšie než bez čističky, tabuľka č. 23. Do úvahy musíme brať aj to, že sa tu zvýšia náklady na elektrinu, tabuľka č. 24, no pri porovnaní s tým, čo rodina ušetrí za vodu je táto čiastka zanedbateľná. Pre rodinu by bolo ekonomickejšie, aby pri návrhu zelenej strechy využila okrem akumuláčnej nádrže pre zachytávanie dažďovej vody aj čističku, ktorá by jej ušetrila náklady na vodu a tým prispela k šetrnému a efektívnemu hospodáreniu s vodou. V budúcnosti by sa zelená strecha mohla doplniť o fotovoltaiku, keďže zelená strecha svojím výparom ochladzuje panely a tým zvyšuje ich účinnosť. Fotovoltaické panely na druhej strane vytvárajú na streche tiež počas dňa a tak poskytujú chládok pre rastliny, ktoré nie sú vystavené celodennému slnečnému žiareniu. (Grant, 2019) Takýmto zapojením by sa náklady na chod domácnosti znížili a pokryli by sa tým aj náklady energie na prevádzku čističky šedej vody alebo na zavlažovací systém. Implementácia fotovoltaičných panelov by jednoznačne stála za zváženie ako nadstavba súčasného návrhu na vylepšenie modelového projektu.

Záver

Jedným z cieľov tejto diplomovej práce bola analýza odbornej literatúry, zameranej na výstavbu zelených striech a hospodárenie s odpadovými vodami a ich opätovné využitie a predovšetkým ich retencii, akumulácii a zadržaniu vody v krajine a tak k zníženiu globálneho otepľovania a klimatickej zmeny. Tieto poznatky a informácie boli dopodrobna zhrnuté v jednotlivých kapitolách teoretickej časti od vývoja klímy, cez jej dopady na životné prostredie ako aj ľudstvo a potvrdzujú, že zmena klímy je dôležitou témou, ktorej je potrebné venovať zvýšenú pozornosť inak to môže mať katastrofálne následky. Zmena klímy, globálne otepľovanie... to všetko vedie k zvyšujúcemu nedostatku vody, potrebe naučiť sa vodou šetrne hospodáriť, efektívne ju využívať a v prvom rade ju v krajine zadržiavať. V práci sa preto rieši nakladanie s odpadovými vodami, ktoré je možné opätovne využiť prostredníctvom ich zachytenie zelenou strechou v prípade zrážkových vôd, kde zelená strecha vodu zachytí, rastliny časť vody spotrebujú evapotranspiráciou a časť sa odvedie do akumuláčnej nádrže, kde je pripravená pre ďalšie využitie ako je závlaha alebo splachovanie toalety. Voda sa navracia do prirodzeného kolobehu v prírode a zároveň je opätovne využívaná pre závlahu alebo splachovanie, čím sa šetrí pitná voda. Na základe získaných poznatkov zo spracovania diplomovej práce je zelená strecha výborným adaptačným opatrením pre zmiernenie klímy, čo potvrdzujú jednotlivé funkcie zelených striech medzi ktoré patrí práve hospodárenie s vodou. Ďalším cieľom práce bol návrh modelového projektu, v ktorom boli definované postupy a výstupy a následne zhodnotená bilancia z environmentálneho a ekonomického hľadiska a či sa takáto investícia do projektu navráti. Po zhodnotení bol predložený návrh zlepšenia modelového projektu.

Návrh modelovej zelenej strechy bol v praktickej časti definovaný popisom jednotlivých vrstiev strešného plášt'a a výberom použitého materiálu. Pre tento model bola vypočítaná bilancia vody a následne bola uskutočnená finančná analýza projektu vrátane zhodnotenia celkového návrhu. Z environmentálneho hľadiska je možné deklarovať, že zelená strecha prináša okamžitú návratnosť vo forme úžitkov, ktoré zo strechy plynú a tým je možné ich čerpať hneď po jej realizácii. Z ekonomického hľadiska však je nutné vynaložiť viac nákladov pre údržbu zelenej strechy hlavne na závlahu vo vegetačnom období a preto by to bolo pre rodinu neekonomické. Na druhej strane ak by bol realizovaný návrh zlepšenia, tak by rodina využívala okrem zrážkovej vody aj šedú vodu a tým by sa náklady znížili na minimum. Zároveň by rodina efektívne využívala odpadovú vodu a minimalizovala množstvo odvádzanej vody do kanalizácie.

Prínosom tejto diplomovej práce je priblížiť čitateľovi možnosť k zníženiu klimatickej zmeny, zadržaniu vody v krajine a hospodáreniu s odpadovými vodami realizáciou zelenej strechy. Čitateľ si tak môže spraviť ucelený prehľad o tom aké výhody z tejto realizácie plynú a tiež orientačnú výšku finančných prostriedkov, ktoré je nutné vynaložiť. Veľkou motiváciou pri zvažovaní realizácie zelenej strechy a nákupe vodohospodárskych zariadení by mala byť možnosť čerpania dotácií, ktoré predstavujú pokrytie viac než 50% nákladov, predovšetkým záujem o znížovanie klimatickej zmeny a efektívne hospodárenie s vodou, či už pitnou alebo odpadovou. Tejto problematike by sa mala venovať ešte väčšia pozornosť, pretože zvyšujúci sa tlak na nedostatok vody sa bude každým rokom stupňovať. Z tohto dôvodu je jedným z možných riešení návrh zelených striech s využitím dažďových a šedých vôd, či zelené strechy aj s využitím fotovoltaiických panelov, ktoré by takto umožňovali zníženie spotreby energie a umožnili vyššiu samostatnosť a šetrnosť domácnosti.

Zoznam použitých zdrojov:

Knižné zdroje:

DOSTALOVÁ, Jitka, Samuel BURIAN, Karel CHALOUPKA, a kol. *Zelené střechy: Souhra architektury s přírodou*. Praha: Vydala Grada Publishing, a.s, 2021. ISBN 978-80-271-4595-9.

ENGLANDE, A.J., Peter KRENKEL a J. SHAMAS. *Wastewater Treatment & Water Reclamation: Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences* [online]. USA: Elsevier, 2015 [cit. 2022-03-11]. ISBN 9780124095489.

ENGLANDE, A.J. a Peter A. KRENKEL, MAYERS, Robert A., ed. *Encyclopedia of Physical Science and Technology: Waste water Treatment and Water Reclamation*. Third Edition. USA: Academic Press, 2003. ISBN 9780122274107.

EUREAU. *The governance of water services in Europe*. Brusel: The European Federation of National Associations of Water Services, 2021. ISBN 978-2-9602226-2-3.

ŠÁLEK, Jan, Michal KRIŠKA, Oldřich PÍREK, Karel PLOTĚNÝ, Miloš ROZKOŠNÝ a Zdeňka ŽÁKOVÁ. *Voda v domě a na chatě: Využití srážkových a odpadních vod*. Praha: Grada Publishing, 2012. ISBN 978-80-247-7204-2.

OVIEDO-OCAÑA, Edgar Ricardo, Isabel DOMINGUEZ, Sarah WARD, Miryam Lizeth RIVERA-SANCHEZ a Julian Mauricio ZARAZA-PEÑA. Financial feasibility of end-user designed rainwater harvesting and greywater reuse systems for high water use households. *Environmental Science and Pollution Research*. Colombia: Springer Verlag for EuCheMS Division of Chemistry and the Environment, 2016, (2017). Dostupné z: doi:10.1007/s11356-017-8710-5

WILKINSON, Sara J. a Tim DIXON, ed. *Green Roof Retrofit: Building Urban Resilience*. Hoboken, United States: John Wiley & Sons, Incorporated, 2016. ISBN 9781119055587.

Legislatívne zdroje: (zákon, vyhláška, norma)

BS 8525-1: Greywater systems. Code of practice, anglická verzia, Londýn, 2010. 54s. 978 0 580 63475 8.

BS 8525-2: Greywater systems. Domestic greywater treatment equipment. Requirements and test methods, anglická verzia, Londýn, 2011. 32s. 978 0 580 63476 5.

ČSN 73 1901-1: Navrhování střech - Část 1: Základní ustanovení, Praha, 2020. 32s.

ČSN 73 0540-2: Tepelná ochrana budov, Praha, 2011, 56s.

ČSN EN 13948: Hydroizolační pásy a fólie – asfaltové, plastové a pryžové pásy a fólie pro hydroizolaci střech – stanovení odolnosti proti prorůstání kořenů rostlin, Praha, 2007. 16s.

ČSN EN 1991-1-1: (eurokód 1). Zatížení konstrukcí – část 1-1: Obecná zatížení – objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb, Praha, 2004, 44s.

ČSN EN 16941-1: Zařízení pro využití nepitné vody na místě - Část 1: Zařízení pro využití srážkových vod, Praha, 2021. 36s.

ČSN EN 1694-2: Zařízení pro využití nepitné vody na místě - Část 2: Zařízení pro využití čištěné šedé vody, Praha, 2021. 32s.

ČSN 75 6780: Využití šedých a srážkových vod v budovách a na přilehlých pozemcích, Praha, 2021. 40s.

ČSN ISO 20468-1 (759020): Směrnice pro hodnocení účinnosti technologií čištění pro systémy k opětovnému využití vody - Část 1: Obecně, česká verzia, Praha, 2020. 24s.

ČSN ISO 20761 (759021): Opětovné využití vody v městských oblastech - Směrnice pro hodnocení bezpečnosti opětovného využití vody - Hodnocené ukazatele a metody. česká verzia, Praha, 2020. 28s.

ČSN ISO 20426 (759022): Směrnice pro posuzování a management zdravotních rizik pro opětovné využití vody k nepitným účelům, česká verzia, Praha, 2020, 28s.

ČSN ISO 16075-1 (759023): Směrnice pro využití čištěných odpadních vod pro projekty závlah - Část 1: Základ projektu opětovného využití pro závlahy, česká verzia, Praha, 32s.

ČSN 75 6101 (756101): Stokové sítě a kanalizační přípojky, Praha, 2012. 44s.

TNV 75 9011: Hospodaření se srážkovými vodami, Praha, 2013. 22s.

TP 83: Technické podmínky - Odvodnění pozemních komunikací, Praha, 2014. 58s.

Narřízení vlády č. 401/2015 Sb.: Narřízení vlády o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech, v platnom znení.

Vyhláška č. 428/2001 Sb. Vyhláška Ministerstva zemědělství, kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích), v platnom znení.

Vyhláška 501/2006 Sb., o obecných požadavcích na využívání území, v platnom znení.

Vyhláška č. 501/2006 Sb., Vyhláška o obecných požadavcích na využívání území, v platnom znení, zrušená k 01.07.2023.

Vyhláška č. 268/2009 Sb., Vyhláška o technických požadavcích na stavby, v platnom znení, zrušené k 01.07.2023.

Vyhláška č. 227/2018 Sb.: Vyhláška o charakteristice bonitovaných půdně ekologických jednotek a postupu pro jejich vedení a aktualizaci, v platnom znení.

Zákon č. 183/2006 Sbírky (Sb). Zákon o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon), v platnom znení.

Zákon č. 114/1992 Sb. o ochraně přírody a krajiny, v platném znění.

Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), v platném znění.

Zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích a vyhláška č. 428/2001 Sb., v platném znění.

Zákon č. 258/2000Sb. Zákon o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů, v platném znění.

Zákon č. 183/2006 Sb., Zákon o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon), v platném znění, zrušený k 01.07.2023.

Zákon č. 283/2021 Sb., Zákon stavební zákon, v platném znění, účinnost od 01.07.2023.

Internetové zdroje:

BIELA, Renata. Kvalita šedých vod a možnost jejich využití. *Tzbinfo* [online]. 5.12.2011 [cit. 2022-03-11]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/8097-kvalita-sedych-vod-a-moznost-jejich-vyuziti>

COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS: Green Infrastructure (GI) — Enhancing Europe's Natural Capital. *EUR-LEX Access to European Union law* [online]. 2013 [cit. 2022-03-11]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A52013DC0249>

DIGE, Gorm. Green infrastructure: better living through nature-based solutions. *European Environmental Agency* [online]. 2015, 11.9.2015 [cit. 2022-03-11]. Dostupné z: https://www.eea.europa.eu/articles/green-infrastructure-better-living-through?utm_medium=email&utm_campaign=EEA%20Newsletter%20-%20September%202015%20issue&utm_content=EEA%20Newsletter%20-%20September%202015%20issue+Preview+CID_45d20d12ec716df41917fa90f3ee7488&utm_source=EEA%20Newsletter&utm_term=Read%20more

Dôsledky zmeny klímy. *Európska komisia* [online]. 2021 [cit. 2022-03-10]. Dostupné z: https://ec.europa.eu/clima/climate-change/climate-change-consequences_sk

DVOŘÁKOVÁ, Ing. Denisa. Využívání dešťové vody (I) - kvalita a čištění: Možnosti využívání dešťové vody a k tomu potřebná technická zařízení. *Tzbinfo* [online]. 19.2.2007 [cit. 2022-03-11]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/destova-voda/3902-vyuzivani-destove-vody-i-kvalita-a-cistení>

HOSPODKA, Radek. Vodné a stočné v ČR. *Vodní hospodářství* [online]. [cit. 2022-03-10]. Dostupné z: <https://vodnihospodarstvi.cz/vodne-a-%E2%80%AFstocne-v-cr/>

Isover, Vegetační střechy: Hydrofilní minerální vlna. *Isover Saint-Gobain* [online]. 10/2019 [cit. 2022-03-11]. Dostupné z: https://www.isover.cz/dokumenty/katalogy/vegetacni-strechy-10-2019.pdf?utm_source=tzb-info.cz&utm_medium=pr&utm_campaign=vegetacni-strechy-01-2022

Jak se tvoří cena vody. *Pražské vodovody a kanalizace* [online]. [cit. 2022-03-10]. Dostupné z: <https://www.pvk.cz/vse-o-vode/cena-vodneho-a-stocneho/jak-se-tvori-cena-vody/>

Vývoj vodného a stočného v Praze. *Pražské vodovody a kanalizace* [online]. [cit. 2022-03-10]. Dostupné z: <https://www.pvk.cz/vse-o-vode/cena-vodneho-a-stocneho/vyvoj-vodneho-a-stocneho-v-praze/>

Jaký je stav a jaké jsou trendy ve využití území v ČR?. *ISSaR cenia: Informační systém statistiky a reportingu v životním prostředí* [online]. [cit. 2022-03-10]. Dostupné z: <https://issar.cenia.cz/cr/priroda-a-krajina/vyuziti-uzemi/>

Klimatické pomery Slovenskej republiky. *Slovenský hydrometeorologický ústava* [online]. [cit. 2022-03-10]. Dostupné z: <https://www.shmu.sk/sk/?page=1064>

MŽP. 2021: Splachovat nebo zalévat zahrádky užitkovou vodou? Její využití má stavebníkům usnadnit nová legislativa. *Ministretvo životního prostředí* [online]. 14. 06. 2021 [cit. 2022-03-12]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/news_20210514_Vyuziti-uzitkove-vody-usnadni-stavebnikum-nova-legislativa

PLOTĚNÝ, Karel a Adam BARTONÍK. Čištění šedých vod a možnost využití energie z nich. *Tzbinfo* [online]. 19.12.2012 [cit. 2022-03-11]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/9411-cisteni-sedych-vod-a-moznost->

REINBERK, Zdeněk. *Výpočet množství dešťových (srážkových) odpadních vod Q_r* [online]. 2020 [cit. 2022-03-12]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/152-vypocet-mnozstvi-destovych-srazkovych-odpadnich-vod-qr>

Roční úhrn zrážek. *KlimatickáZměna.cz* [online]. [cit. 2022-03-10]. Dostupné z: <https://www.klimatickazmena.cz/cs/casova-rada/?graph=29>

SLOUPOVÁ, Miroslava. Voda zdraží. Covid zamával se spotřebou nejen kvůli úbytku turistů. *IDNES.cz/Zpravodajství* [online]. Praha, 2021, 10.6.2021 12:04 [cit. 2022-03-10]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/ekonomika/domaci/spotreba-vody-stav-vodovodu-vodne-stocne-zasoby-vody-krajina.A210527_103944_domaci_misl

Spotřeba vody. *Pražské vodovody a kanalizace* [online]. [cit. 2022-03-10]. Dostupné z: <https://www.pvk.cz/vse-o-vode/pitna-voda/spotreba-vody/>

Tuřany: Informace o MČ [online]. 2016 [cit. 2022-03-12]. Dostupné z: <https://www.turany.cz/informace-o-mc/>

VÚMOP: eKatalog BPEJ - 2.05.01. *EKatalog BPEJ* [online]. 2019 [cit. 2022-03-12]. Dostupné z: <https://bpej.vumop.cz/20501>

Využívanie vody v Európe – otázka kvantity a kvality. *Európska environmentálna agentúra* [online]. 20. 11. 2018 [cit. 2022-03-10]. Dostupné z: <https://www.eea.europa.eu/sk/signaly-eea/signaly-2018/clanky/vyuzivanie-vody-v-europe-2013>

Water ranking in Europe 2020. *Smart water magazine* [online]. 04.08.2021 [cit. 2022-03-10]. Dostupné z: <https://smartwatermagazine.com/news/locken/water-ranking-europe-2020>

Zastavěné a ostatní plochy. *Český statistický úřad* [online]. [cit. 2022-03-10]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/documents/10180/20536468/13-534007a316.pdf/2483cd8c-4500-4a06-82d2-b138ef672ded?version=1.0>

Změna klimatu. *Český hydrometeorologický ústav* [online]. [cit. 2022-03-10]. Dostupné z: <https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/zmena-klimatu/zakladni-informace>

Změna klimatu v ČR. *Český hydrometeorologický ústav* [online]. [cit. 2022-03-10]. Dostupné z: https://www.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ok/klimazmena/files/cc_chap10.pdf

Elektronický článek, periodikum, kniha, zborník :

BERÁNKOVÁ, Matina. *VTEI: Odpadní voda – odpad nebo poklad?* [online]. Praha: Vodní hospodářství, 2016 [cit. 2022-03-11]. ISSN 1805-6555. Dostupné z: https://www.vtei.cz/wp-content/uploads/2016/04/5506-VTEI_Odpadni-voda-1.pdf

BHARTI, Pawan Kumar, Vijender SINGH a Pawan Kumar TYAGI. Assessment of rainwater quality in industrial area of rural Panipat (Haryana), India. *Archives of Agriculture and Environmental Science* [online]. Haridwar, India: Agro Environ Media, Publication cell of Agriculture and Environmental Science Academy, 2017, 1.9.2017, (2(3), 219-223 [cit. 2022-03-11]. ISSN 2456-6632. Dostupné z: https://core.ac.uk/display/335017213?utm_source=pdf&utm_medium=banner&utm_campaign=pdf-decoration-v1

BOHUSLÁVEK, Petr, Vladimír HORSKÝ a Štěpánka JAKOUBKOVÁ, 2009. *Vegetační střechy a střešní zahrady* [online]. Vyd. 2. [Praha]: DEKTRADE [cit. 2022-03-30]. Skladby a detaily. ISBN 978-80-87215-05-0.

BURIAN, Samuel, Jitka DOSTALOVÁ, Martin DUBSKÝ, a kol. *Vegetační souvrství zelených střech: Standardy pro navrhování, provádění a údržbu* [online]. Druhé. Brno: Odborná sekce Zelené střechy při Svazu zakládání a údržby zeleně, 2019 [cit. 2022-03-11]. Dostupné z: https://www.zelenestrechy.info/media/_file/412/Vegetacni_souvrstvi_zelenych_strech_Standardy_%202019_web-1.pdf

COLLIVIGNARELLI, M.C., M. GOMEZ, F.H. TORRETTA, E.C. RADA, Sabrina SORLINI a M.C. MIINO. Horizontal Flow Constructed Wetland for Greywater Treatment and Reuse: An Experimental Case. *Int J Environ Res Public Health* [online]. 2020, 30.3.2020, (17(7) [cit. 2022-03-11]. Dostupné z: doi:10.3390/ijerph17072317

DIGIOVANNI, Kimberly, Franco MONTALTO, Stuart GAFFIN a Cynthia ROSENZWEIG, 2013. Applicability of Classical Predictive Equations for the Estimation of Evapotranspiration from Urban Green Spaces: Green Roof Results. *Journal of Hydrologic Engineering* [online]. New York, 1/2023, 18(1), 99-107 [cit. 2022-03-30]. ISSN 1943-5584. Dostupné z: doi:10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0000572

DOSTAL, Pavel, Jan MACHÁŠ, Lenka DUBOVÁ a Jiří LOUDA. *Způsoby systémové podpory výstavby zelených střech* [online]. Brno: Svaz zakládání a údržby zeleně, z.s, 2017 [cit. 2022-03-11]. Dostupné z: https://www.zelenestrechy.info/media/file/37/Publikace_Zpusoby%20systemove%20podpor y%201_BARVA%20WEB.pdf

ERIKSON, Eva, Karina AUFFARTH, Mogens HENZE a Anna LEDIN. Characteristics of grey wastewater. *Urban Water* [online]. 4. Dánsko: ScienDirect, 2002, s. 85-104 [cit. 2022-03-11]. ISSN 1462-0758. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1462075801000644>)

GRANT, Gary a Dusty GEDGE, 2019. *Living Roofs and Walls from policy to practice: 10 years of urban greening in London and beyond* [online]. London: European Federation of Green Roof and Green Wall Associations (EFB) and Livingroofs.org on behalf of the Greater London Authority [cit. 2022-03-30]. Dostupné z: <https://livingroofs.org/wp-content/uploads/2019/04/LONDON-LIVING-ROOFS-WALLS-REPORT-2019.pdf>

KLIKA, Jan. *Vývoj klimatu je varovný, musíme přijmout účinná opatření, upozorňují vědci* [online]. 10. 08. 2021 [cit. 2022-03-10]. Dostupné z: <https://www.avcr.cz/cs/veda-a-vyzkum/biologicko-ekologicke-vedy/Vyvoj-klimatu-je-varovny-musime-prijmout-ucinna-opatreni-upozornuji-vedci/>

KONASOVA, Sarka a Vagner SILVEIRA. Zelené střechy: střešní systém snižující náklady na vytápění a chlazení. *Journal B&IT* [online]. ČVUT, 2016, Jún/2016, VI(1), 60-65 [cit. 2022-03-24]. ISSN 1805-3777. Dostupné z: doi:10.14311/bit.06.01.2016

LAZZARIN, RenatoM a Filippo BUSATO. Experimental measurements and numerical modeling of a green roof. *EnergyandBuildings* [online]. Elsevier, 2015, 12/2015, 37(12), 1260-1267 [cit. 2022-03-24]. ISSN ISSN: 0378-7788. Dostupné z: doi:10.1016/j.enbuild.2005.02.001

LEONG, Janet Yip Cheng, Kai Siang OH, Phaik Eong POH a Meng Nan CHONG. Prospects of hybrid rainwater-greywater decentralised system for water recycling and reuse. *Journal of Cleaner Production* [online]. 142. Malaysia: Elsevier, 2017, s. 3014-3027 [cit. 2022-03-11]. ISSN 0959-6526. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095965261631798X>

LÍŠKA, Radek. *Polopropustné a propustné zpevněné plochy* [online]. 14.5.2018 [cit. 2022-03-10]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/destova-voda/17351-polopropustne-a-propustne-zpevnene-plochy>

MCMICHAEL, A.J., D.H. CAMPBELL-LENDRUM, C.F. CORVALÁN, K.L. EBI, A.K. GITHEKO, J.D. SCHERAGA a A. WOODWARD. *Climate change and human health: RISKS AND RESPONSES* [online]. 1. GENEVA: World Health Organization, 2003 [cit. 2022-03-10]. ISBN 924156248X. Dostupné z: <https://www.who.int/globalchange/publications/climchange.pdf>

OBERNDORFER, Erica, Jeremy LUNDHOLM, Brad BASS, et al. *Green Roofs as Urban Ecosystems: Ecological Structures, Functions, and Services* [online]. BioScience, 2007, 1.11.2007, Issue 10 (Volume 57), 823-833 [cit. 2022-03-11]. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1641/B571005>

PLECHATÝ, Jan, *Vodní hospodářství: Šedé vody – možnosti využití jejich energetického potenciálu a způsoby jejich čištění a znovuvyužití* [online]. 62. Čkyně: Vodní hospodářství, spol. s r.o., 2012, s. 65-70 [cit. 2022-03-11]. Dostupné z: <https://www.vodnihospodarstvi.cz/ArchivPDF/vh2012/vh02-2012.pdf>

SELNÍK, Petr, David BEČKOVSKÝ a Tatiana REBROVÁ. *Zelené a modré střechy jako adaptační opatření v městské zástavbě z pohledu hospodaření se srážkovou vodou* [online]. 23.3.2020 [cit. 2022-03-12]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/strechy/20393-zelene-a-modre-strechy-jako-adaptacni-opatreni-v-mestske-zastavbe-z-pohledu-hospodareni-se-srazkovou-vodou>

SIEGMUND, Peter, Jakob ABERMANN, Omar BADDOUR, et al. *Global Climate in 2015–2019* [online]. 1249. Switzerland: Publications Board, 2020 [cit. 2022-03-10]. Dostupné z: https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=10251

STRÁNSKÝ, David, Ivana KABELKOVÁ, Vojtěch BAREŠ, a kol. *Studie hospodaření se srážkovými vodami v urbanizovaných územích* [online]. In: . Praha: MŽP, 9/2019, s. 5-6 [cit. 2022-03-30]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/koncepcni_dokumenty/\\$FILE/OOV-studie_HDV-20191220.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/koncepcni_dokumenty/$FILE/OOV-studie_HDV-20191220.pdf)

SVAZ ZAKLÁDÁNÍ A ÚDRŽBY ZELENĚ. *Zelené střechy: Naděje pro budoucnost II.* [online]. Druhé. Brno: Vydal Svaz zakládání a údržby zeleně, 2016 [cit. 2022-03-11]. Dostupné z: http://81.91.85.150:30027/media/_file/359/Publikace%20ZELENE%20STRECHY_DEF.pdf

Zelené střechy: Metodika k podání žádosti v dotačním programu na Podporu vytváření zelených střech, 2019. In: *Zelené střechy* [online]. Brno: Odbor životního prostředí Magistrátu města Brna, 2019 [cit. 2022-03-30]. Dostupné z: <https://ekodotace.brno.cz/wp-content/uploads/2019/12/Odborn%C3%A1-metodika-Zelen%C3%A9-st%C5%99echy.pdf>

Ostatné zdroje:

Asio čištění a úprava vod, 2021, Šedé vody, technická řešení a stávající legislativa | Karel Plotěný, Václav Kučera, Jan Vacek, YouTube video. [cit. 2022-03-12]. Dostupné z: https://www.youtube.com/watch?v=Lb6WNhife_I&t=3551s

Lenka Ležovičová. *Hospodárske noviny* [Záznam rozhovoru s klimatológom Pavlom Zahradníčkom]. TV, HNTelevízia, 30.08.2021, 17:30. Dostupné z: <https://tv.hnonline.sk/kategorie/aktualne-vidia/8744a4c8-32d6-45f9-9970-d540583db903/klimatolog-s-takouto-rychlostou-oteplovania-sa-nepocitalo-horucavy-maju-viac-obeti-ako-povodne>

IPCC. Summary for Policymakers of the Working Group I Contribution to the IPCC Sixth Assessment Report: Climate Change 2021 The Physical Science Basis [online]. NERD EDS Centre for Environmental Data Analysis, 2021 [cit. 2022-03-10]. Dostupné z: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_Full_Report.pdf

Státní fond životního prostředí, 2022, Webinář Nová zelená úsporám - Fotovoltaika, dešťovka a zelené střechy | Pulchartová Michaela, You Tube video. [cit. 2022-03-30]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=JBZSTDa6FaY>

Zoznam obrázkov

Obrázok 1 Graf s vyobrazením priemernej teploty za obdobie 2010 – 2020 (ČHMI, 2021; upravil autor práce, 2021).....	11
Obrázok 2 Graf znázorňuje ročný úhrn zrážok od roku 1803-2020 (www.klimatickazmena.cz, 2022).....	12
Obrázok 3 Využitie územia podľa druhu pozemku (https://issar.cenia.cz/ , 2020).....	13
Obrázok 4 Vývoj zastavaných plôch v časovom období 2000-2020 (https://issar.cenia.cz/) ..	14
Obrázok 5 Graf s priemernou ročnou teplotou vzduchu v ČR od roku 1775-2020 (www.klimatickazmena.cz, 2022)	15
Obrázok 6 Priemerné ročné teploty Slovenska od roku 1960-2020 meracia stanica Bratislava - letisko (www.shmu.sk, 2021)	16
Obrázok 7 5 - ročný priemer teplotných anomálií v priemere na roky v kontinentálnom meradle od roku 1910 do roku 2019 pre Severnú a Južnú Ameriku, Európu, Afriku, Áziu a Oceániu.(www.wmo.int, 2020).....	17
Obrázok 8 Mesačná analýza atmosférických zrážok ČR meraných na stanici JKOSS, Košetice (www.chmi.cz, 2019).....	24
Obrázok 9 Orientačné hodnoty (G) pre bakteriologické monitorovanie (BS 8525 -1, 2010) ..	27
Obrázok 10 Orientačné hodnoty (G) pre monitorovanie obecného systému (BS 8525 -1, 2010)	27
Obrázok 11 Interpretácia výsledkov bakteriologického sledovania (BS 8525 -1, 2010)	28
Obrázok 12 Vyhodnotenie výsledkov monitorovacieho systému ^E (Zdroj: BS 8525 -1:2010)	28
Obrázok 13 Požiadavky na kvalitu dažďovej vody pochádzajúcej zo striech (ČSN 75 6780, 2021).....	30
Obrázok 14 Technologická schéma čistenia - jednoduché čistenie a dezinfekcia (ČSN 75 6780, 2021).....	32
Obrázok 15 Technologická schéma čistenia prírodným postupom (ČSN 75 6780, 2021).....	32
Obrázok 16 Tabuľka s požiadavkami na kvalitu čistenej šedej vody a na zariadenia určeného k jej čisteniu (ČSN 75 6780, 2021)	33
Obrázok 17 Tabuľka s požiadavky na kvalitu čistenej šedej vody určenej pre závlahu (ČSN 75 6780, 2021).....	33
Obrázok 18 Filtračný pododkvapový hrniec (https://voda.tzb-info.cz/ , 2007).....	35
Obrázok 19 Zvodový odkvapový filter (https://voda.tzb-info.cz/ , 2007).....	35
Obrázok 20 Prepojenie zelenej infraštruktúry (záhrad) s mestskou urbanizáciou v Singapure (autor práce, 2018).....	37
Obrázok 21 Mocnosť súvrstvia využiteľného pre korenenie rastlín u rôznych spôsobov ozelenenia a foriem vegetácie (https://www.zelenestrechy.info/ , 2019).....	40
Obrázok 22 Extenzívna zelená strecha, Lednice ČR (https://www.zivestavby.cz/ , 2020).....	41
Obrázok 23 Polo intenzívna pobytová zelená strecha na terase bytového domu v Praze od ateliéru Partero.(https://www.zelenastrecharoku.cz/cs/ , 2019)	43
Obrázok 24 Intenzívna zelená strecha stavby DRN – Palác Národní, Praha (https://www.casopisstavbnictvi.cz/ , 2018)	45
Obrázok 25 Schéma vegetačného súvrstvia jednovrstvovej a viacvrstvovej skladby súvrstvia (https://www.zelenestrechy.info/ , 2019).....	47
Obrázok 26 Hnedá strecha (https://stavba.tzb-info.cz/ , 2020).....	49
Obrázok 27 Typy modrej strechy (https://stavba.tzb-info.cz/ , 2020).....	49
Obrázok 28 Popis plochy odvodňovanej šikmej strechy (https://www.zelenestrechy.info/ , 2019).....	54
Obrázok 29 Mapové vyznačenie vybranej oblasti (www.mapy.cz, upravil autor, 2022).....	55

Obrázok 30 Modelový návrh skladby zelenej strechy (LE TRUNG, 2008, upravil autor práce, 2022)	61
Obrázok 31 Hydroizolačný asfaltový pás (https://www.dek.cz/ , 2022)	62
Obrázok 32 Drenážna nopová fólia (www.ekrost.cz , 2021).....	63
Obrázok 33 Rezky rozchodníkov (www.alliq.cz , 2022)	65
Obrázok 34 Oddelenie substrátu od kamenného-štrkového okraja (https://ekrost.cz , 2022) ...	68
Obrázok 35 Zjednodušený postup realizácie zelenej strechy (www.ekrost.cz , 2021, upravil autor práce, 2022)	69
Obrázok 36 Model I. s výškou substrátu 40 mm (www.purple-roof.com , 2022).....	70
Obrázok 37 Model I. výsledky prepočtu evapotranspirácie a odtoku (www.purple-roof.com , upravil autor práce, 2022).....	71
Obrázok 38 Model II. s výškou substrátu 90 mm (www.purple-roof.com , 2022)	71
Obrázok 39 Model II. výsledky prepočtu evapotranspirácie a odtoku (www.purple-roof.com , upravil autor práce, 2022).....	71
Obrázok 40 Model III. s výškou substrátu 190 mm (www.purple-roof.com , 2022).....	72
Obrázok 41 Model III. výsledky prepočtu evapotranspirácie a odtoku (www.purple-roof.com , upravil autor práce, 2022).....	72
Obrázok 42 Akumulačná nádrž dažďovej a vyčistenej šedej vody od firmy ASIO (www.asio.cz , 2022)	75
Obrázok 43 Príklad kolobehu využitia zrážkovej vody s akumulacnou nádržou od firmy Asio (www.asio.cz , 2022)	76
Obrázok 44 Rotačný mikropostrekovač (www.hunterindustries.com , 2022)	76
Obrázok 45 Porovnanie strechy s vegetáciou a bez pomocou termosnímkou (www.isover.cz , 2022).....	77
Obrázok 46 Domová čistička odpadovej vody a jej zloženie (www.eshop.destovka.eu , 2022)	82

Zoznam tabuliek

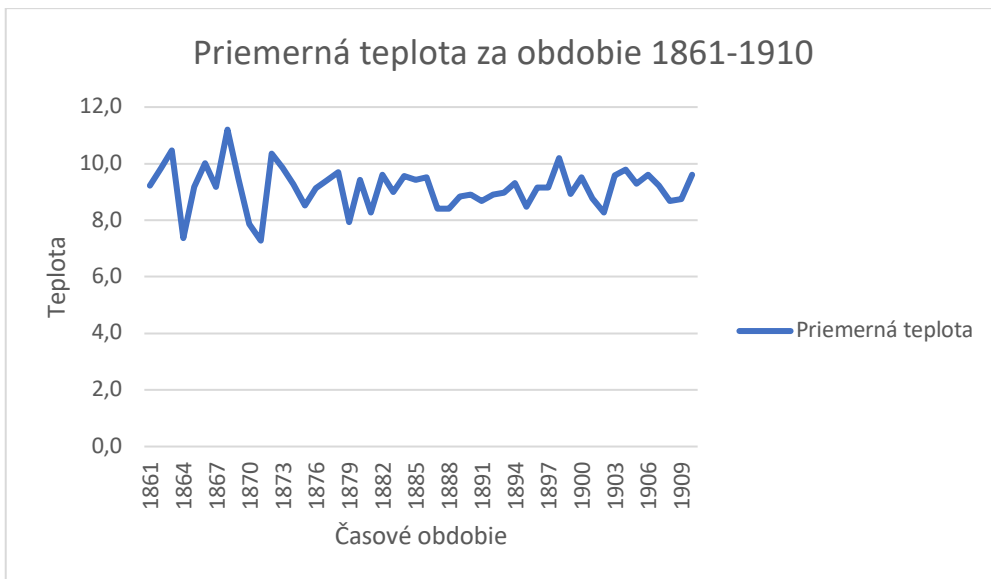
Tabuľka 1 Orientačné hodnoty spotreby vody v domácnosti za deň (l/d) (www.pvk.cz, 2021)	19
Tabuľka 2 Koncentrácia vybraných nutrientov v šedých vodách (www.vodnihospodarstvi.cz, 2012)	29
Tabuľka 3 Súčiniteľ odtoku zrážkovej vody C a ψ zo zelenej strechy podľa mocnosti vegetačného súvrstvia podľa súvisiacich noriem: nemecká, rakúska, česká a podľa smernice FLL pre zelené strechy. Rozlišuje sa medzi špičkovými a priemernými hodnotami a sklonom (https://www.zelenestrechy.info/ , 2019)	53
Tabuľka 4 Množstvo odvedených zrážkových, odpadových vôd zo zelenej strechy so sklonom <5% v závislosti na mocnosti substrátu (autor práce, 2022)	54
Tabuľka 5 Množstvo odvedených zrážkových, odpadových vôd zo zelenej strechy so sklonom >5% v závislosti na mocnosti substrátu (autor práce, 2022)	55
Tabuľka 6 Priemerné úhrny mesačných a ročných zrážok pre Juhomoravský kraj (CHMI, upravil autor, 2022)	56
Tabuľka 7 Priemerné úhrny mesačných a ročných zrážok pre Českú republiku (CHMI, upravil autor, 2022)	56
Tabuľka 8 Orientačné ceny nosnej konštrukcie strechy (Autor práce, 2022)	62
Tabuľka 9 Požiadavky sypanej vegetačnej vrstvy (https://www.zelenestrechy.info/ , 2019)	64
Tabuľka 10 Vybrané druhy vegetácie (https://cdn1.idek.cz/ , upravil autor práce, 2022)	66
Tabuľka 11 Orientačné hodnoty spotreby a závlahového množstva (ČSN 75 0434, 2016; Grundfos Sales Chzechia and Slovakia s.r.o., 2013, upravil autor, 2022)	73
Tabuľka 12 Výpočet bilancie vody (autor, 2022)	73
Tabuľka 13 Výpočet potreby vody pre splachovanie a zalievanie (autor, 2022)	74
Tabuľka 14 Približné náklady na skladbu zelenej strechy (Autor práce, 2022)	78
Tabuľka 15 Náklady na príslušenstvo k zelenej streche (Autor práce, 2022)	79
Tabuľka 16 Súčet nákladov a celková suma zelenej strechy (Autor práce, 2022)	79
Tabuľka 17 Náklady na extenzívnu zelenú strechu s odlišným výberom materiálu (Autor práce, 2022)	79
Tabuľka 18 Dotačné programy a ich maximálna výška príspevku (Autor práce, 2022)	79
Tabuľka 19 Prehľad nákladov na nákup vodohospodárskych zariadení (Autor práce, 2022)	80
Tabuľka 20 Výška dotácie z dotácie z dotačného programu Dešťovka (autor práce, 2022)	80
Tabuľka 21 Množstvo dodanej vody z vodovodu s využitím dažďovej vody (autor, 2022)	83
Tabuľka 22 Množstvo dodanej vody z vodovodu s využitím dažďovej vody a šedej vody (autor, 2022)	83
Tabuľka 23 Prepočet ceny vody (autor, 2022)	84
Tabuľka 24 Prepočet spotreby energie a ceny energie (autor, 2022)	84

Zoznam príloh

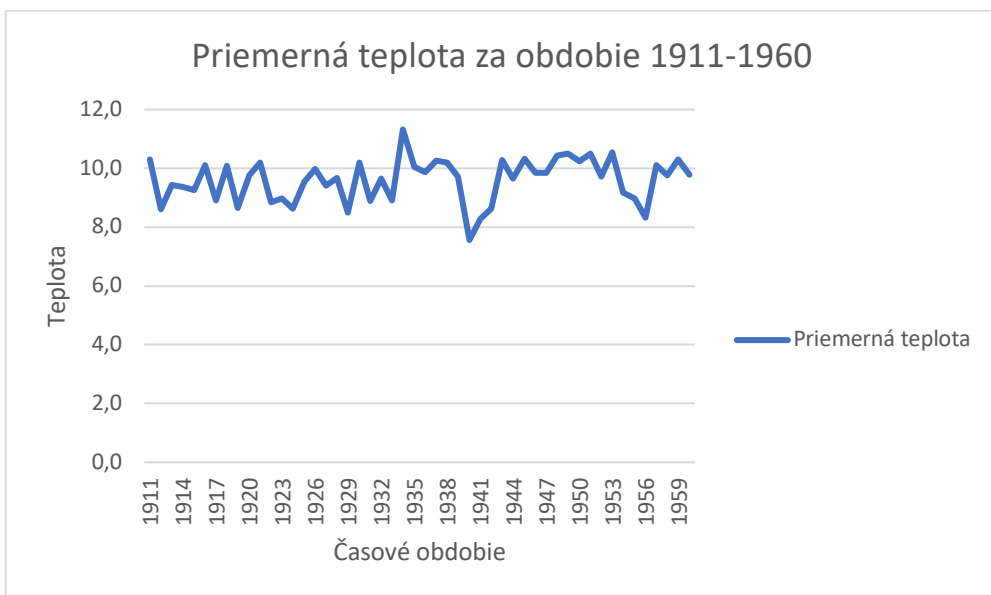
Príloha 1 Graf s vyobrazením priemernej teploty za obdobie 1861 – 1910 (CHMI, upravil autor práce, 2022)	101
Príloha 2 Graf s vyobrazením priemernej teploty za obdobie 1911-1960 (CHMI, upravil autor práce, 2022)	101
Príloha 3 Graf znázorňujúci priemernú teplotu za obdobie 1961-2010 (CHMI, upravil autor práce, 2022)	102
Príloha 4 Priemerné ceny vody v krajinách EÚ (www.eureau.org, upravil autor práce, 2020)	102
Príloha 5 Vývoj vodného a stočného v ČR za obdobie 2008-2021(Pražské vodovody a kanalizace, upravil autor, 2021).....	103
Príloha 6 Sumarizácia fyzikálno-technických charakteristík dažďovej vody, svetlej šedej, tmavej šedej a zmiešanej šedej vody s porovnaním Malajzijských noriem pitnej vody (https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095965261631798X?via%3Dihub#sec2 , 2016).....	104
Príloha 7 Tabuľka s fekálnymi indikátormi a patogénmi v dažďovej vode (https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095965261631798X?via%3Dihub , 2016)	105
Príloha 8 Tabuľka so zobrazením fekálnych indikátorov a patogénov v šedej vode (https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095965261631798X?via%3Dihub , 2016)	106
Príloha 9 Rozdelenie zelených striech podľa druhu vegetácie a skladby súvrstvia (https://www.zelenestrechy.info/ , 2019).....	106
Príloha 10 Doporučený sortiment rastlín pre výšku substrátu menej než 80mm (https://www.zelenestrechy.info/ , 2019).....	107
Príloha 11 Doporučený sortiment rastlín pre výšku substrátu minimálne 80mm (https://www.zelenestrechy.info/ , 2019).....	107
Príloha 12 Doporučený sortiment rastlín pre výšku substrátu nad 100mm (https://www.zelenestrechy.info/ , 2019).....	108

Prílohy

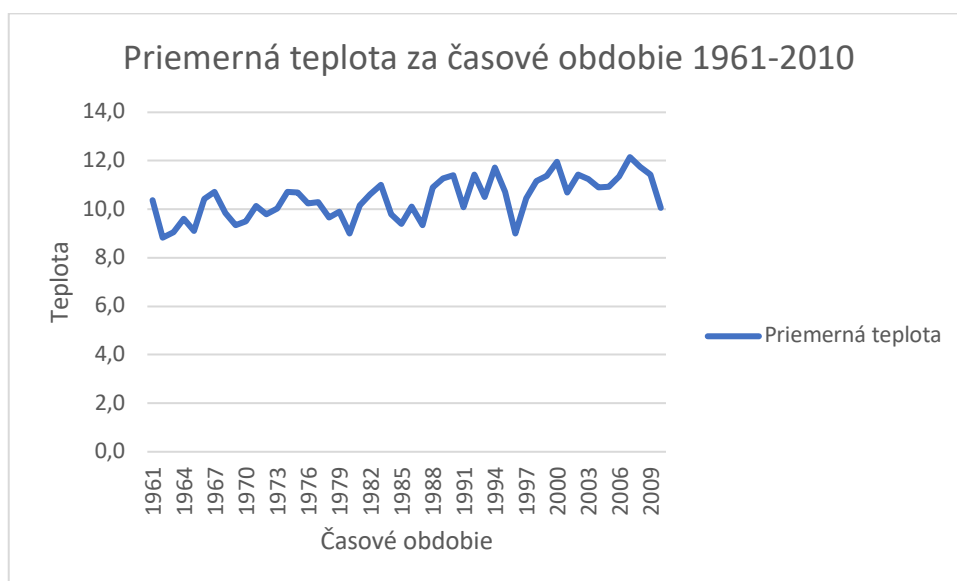
Príloha 1 Graf s vyobrazením priemernej teploty za obdobie 1861 – 1910 (CHMI, upravil autor práce, 2022)



Príloha 2 Graf s vyobrazením priemernej teploty za obdobie 1911-1960 (CHMI, upravil autor práce, 2022)



Príloha 3 Graf znázorňujúci priemernú teplotu za obdobie 1961-2010 (CHMI, upravil autor práce, 2022)



Príloha 4 Priemerné ceny vody v krajinách EÚ (www.eureau.org, upravil autor práce, 2020)

	Priemerná spotreba v domácnosti l/deň	Priemerná cena €/m ³
Rakúsko	129	3,67
Belgicko	95	4,53
Bulharsko	99	1,07
Chorvátsko	150	1,98
Cyprus	140	1,82
Česká republika	89,2	3,42
Dánsko	105	9,32
Estónsko	88	3,3
Fínsko	119	5,91
Francúzsko	170	4,03
Nemecko	126	
Grécko	150	1,23
Maďarsko	95	2,15
Írsko	130	
Taliansko	220	2
Luxembursko	137	5,50-6
Malta	79,36	3,32
Nórsko	140	7,8
Poľsko	99	2,75
Portugalsko	204	1,82
Rumunsko	119	1,42
Slovensko	79	2,5
Slovinsko	103,97	2,26
Španielsko	132	1,88
Švédsko	140	4,44

Švajčiarsko	300	5
Holandsko	127	5,47
Veľká Británia	139	3,54

Príloha 5 Vývoj vodného a stočného v ČR za obdobie 2008-2021 (Pražské vodovody a kanalizace, upravil autor, 2021)

Obdobie	Cena vody za m ³ (v Kč, vrátane DPH)		
	Vodné	Stočné	Spolu
1.1.2008 - 31.1.2008	27,76	23,81	51,57
1.2.2008 - 12.1.2009	28,54	24,47	53,01
13.1.2009 - 31.12.2009	30,04	25,08	55,12
1.1.2010 - 31.12.2010	30,63	25,88	56,51
1.1.2011 - 31.12.2011	34,39	26	60,39
1.1.2012 - 31.12.2012	38,05	28,30	66,35
1. 1. 2013 - 31.12.2013	43,02	31,33	74,35
1.1.2014 - 31.12.2014	43,84	32	75,84
1.1.2015 - 31.12.2015	44,71	32,94	77,65
1.1.2016 - 31.3.2016	44,14	34,86	79
1. 4. 2016 - 31.12.2016	46,75	38,43	85,18
1. 1. 2017 - 31.12.2017	46,43	38,99	85,42
1.1.2018 - 31.12.2018	48,3	39,09	87,39
1.1.2019 - 31. 12. 2019	48,96	40,7	89,66
1. 1. 2020 - 30.4. 2020	50,92	43,17	94,09
1. 5. 2020 - 31. 12. 2020	50,3	43,79	94,09
1.1.21	54,77	46,82	101,59

Príloha 6 Sumarizácia fyzikálno-technických charakteristík dažďovej vody, svetlej šedej, tmavej šedej a zmiešanej šedej vody s porovnaním Malajzijských noriem pitnej vody (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095965261631798X?via%3Dihub#sec2>, 2016)

Parameter	Unit	Rainwater ^a		Greywater (light) ^b		Greywater (dark) ^c		Greywater (mixed) ^d		Malaysia DWS
		min	max	min	max	min	max	min	max	
pH	–	3.10	11.40	6.40	8.10	6.48	10.00	6.06	8.38	6.5–9.0
Alkalinity	mg/L	0.50	61.00	24.00	43.00	83.00	200.00	0.00	0.00	
Hardness	mg/L	0.00	270.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	500.0
Conductivity at 25 °C	µS/cm	3.00	1017.00	82.00	1565.00	190.00	2457.00	2097.00	2097.00	
Turbidity	NTU	0.20	303.50	60.00	240.00	50.00	210.00	37.00	173.00	5
Colour	Pt-Co	0.40	310.50	60.00	100.00	50.00	70.00	206.00	550.00	15.0
Total dissolved solids (TDS)	mg/L	1.00	750.00	520.00	787.00	590.00	1396.00	280.00	350.00	1000.0
Total suspended solids (TSS)	mg/L	1.00	153.00	40.00	303.00	68.00	625.00	16.00	2850.00	
Total solids (TS)	mg/L	20.00	200.00	208.00	1090.00	658.00	2021.00	570.00	700.00	
Biological Oxygen Demand (BOD ₅)	mg/L	0.00	3.00	33.00	424.00	48.00	890.00	1354.00	1354.00	
Chemical Oxygen Demand (COD)	mg/L	8.74	23.83	76.00	645.00	725.00	1340.00	92.00	5470.00	
Total organic carbon (TOC)	mg/L	0.00	0.00	40.00	120.00	110.00	582.00	940.00	940.00	
Total nitrogen (N)	mg/L	0.45	1.92	0.00	0.00	0.00	0.00	8.00	11.00	
Total phosphorous (P)	mg/L	0.21	50.00	0.11	1.80	0.06	42.00	0.89	11.00	
Ammoniacal-nitrogen (NH ₃ -N)	mg/L	0.00	0.00	0.10	15.00	0.10	10.70	0.60	26.00	1.5
Nitrate-nitrogen (NO ₃ -N)	mg/L	0.00	72.40	0.34	0.90	0.45	1.60	0.50	3.10	10.0
Nitrite-nitrogen (NO ₂ -N)	mg/L	0.00	2.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Total Kjeldahl nitrogen (TKN)	mg/L	0.00	0.00	4.60	20.00	1.00	40.00	0.00	0.00	
Dissolved oxygen (DO)	mg/L	4.41	6.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19	1.60	
Aluminium (Al)	µg/L	80.20	336.00	1000.00	1000.00	1000.00	21,000.00	1480.00	3390.00	200.0
Ammonium (NH ₄ ⁺)	µg/L	0.00	35,400.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Arsenic (As)	µg/L	0.00	27.10	1.00	1.00	1.00	7.00	0.00	0.00	10.0
Boron (B)	µg/L	11.00	56.00	350.00	440.00	20.00	400.00	0.00	0.00	
Barium (Ba)	µg/L	0.00	11.20	0.00	0.00	0.00	0.00	15.50	21.80	
Cadmium (Cd)	µg/L	0.00	0.40	0.01	10.00	0.52	10.00	0.01	0.22	3.0
Calcium (Ca)	µg/L	0.00	31,150.00	3500.00	7900.00	3900.00	12,000.00	31,600.00	38,000.00	
Chromium (Cr)	µg/L	0.00	4.80	0.00	0.00	0.00	0.00	2.06	5.46	50.0
Chloride (Cl ⁻)	µg/L	0.00	164,000.00	9000.00	284,000.00	9000.00	450,000.00	0.00	0.00	250,000.0
Copper (Cu)	µg/L	1.10	4500.00	60.00	120.00	50.00	322.00	47.00	70.20	1000.0
Fluoride (F)	µg/L	0.00	1000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	600.0
Iron (Fe)	µg/L	0.00	1390.00	340.00	1100.00	290.00	1000.00	180.00	570.00	300.0
Lead (Pb)	µg/L	2.00	271.00	3.00	10.20	5.00	33.00	2.14	10.00	10.0
Magnesium (Mg)	µg/L	0.00	9350.00	1400.00	2300.00	1100.00	2900.00	5300.00	6220.00	150,000.0
Manganese (Mn)	µg/L	0.50	533.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.55	14.30	100.0
Mercury (Hg)	µg/L	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	36.00	1.0
Nickel (Ni)	µg/L	0.00	12.20	5.15	26.50	0.00	0.00	4.45	28.10	20.0
Potassium (K)	µg/L	0.00	8730.00	1.63	5200.00	15.60	17,000.00	7690.00	8850.00	
Phosphates (PO ₄ -P)	µg/L	0.00	620.00	400.00	15,000.00	400.00	169,000.00	0.00	0.00	
Sodium (Na)	µg/L	0.00	32,320.00	7400.00	151,000.00	49,000.00	530,000.00	61,400.00	92,400.00	200,000.0
Zinc (Zn)	µg/L	0.50	3200.00	59.00	6300.00	90.00	320.00	55.30	77.80	3000.0

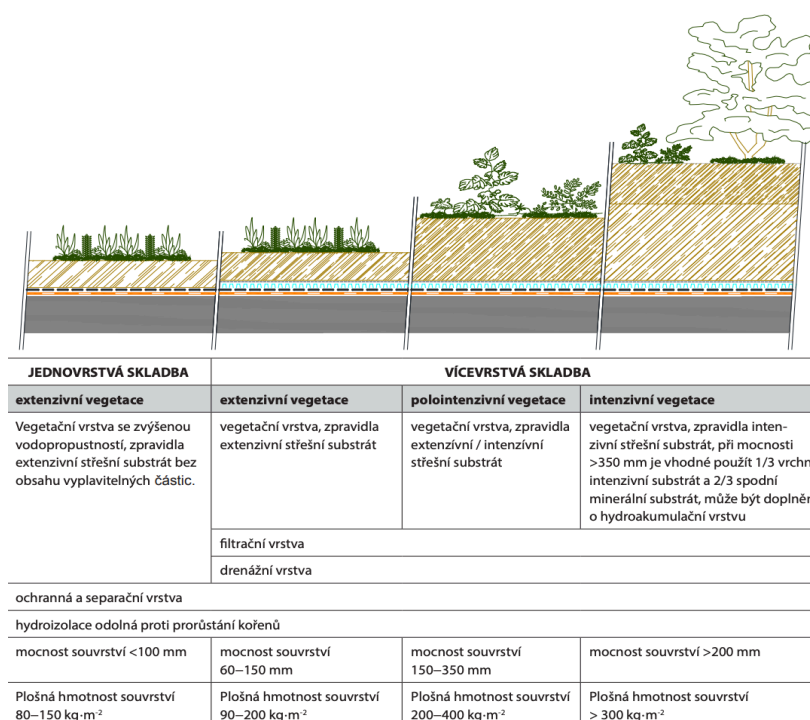
Príloha 7 Tabuľka s fekálnymi indikátormi a patogénmi v dažďovej vode
 (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095965261631798X?via%3Dihub>, 2016)

	Birks et al. (2004)	Birks and Hills (2007)	Casanova et al. (2001)	Gilboa and Friedler (2008)	Winward (2007)
Location	UK	UK	Arizona, U.S.A.	Israel	UK
Source	WB	LA, WB, SH	LA, WB, SH	SH, BA, WB	SH, BA, WB
Faecal indicators					
<i>E. coli</i>	NR (NR) <0.0–6.4	NR (NR) 5.6			NR (58) 2.8
<i>Faecal coliforms</i>			NR (20) 3.5–6.9	44 (44) 3.6	
<i>Total coliforms</i>	NR (NR) 3.4–6.4	NR (NR) 7.3	NR (20) 5.8–8.3		NR (57) 5.4
<i>Enterococci</i>	NR (NR) <0.0–4.3	NR (NR) 3.4			NR (56) 2.8
<i>Streptococci</i>			NR (20) 0.9–3.0		
Bacterial pathogens					
<i>Aeromonas</i>					
<i>Campylobacter</i>	0 (3) 0	0 (8) 0			6 (9) 0
<i>Clostridium</i>				6 (7) 0.7	NR (12) 3.1
<i>Legionella</i>	3 (6) 4.2–4.9	0 (8) 0			
<i>Mycobacteria</i>					
<i>Pseudomonas</i>			NR (20) 2.3–5.2	42 (45) 3.5	9 (9) 4.4
<i>Salmonella</i>	0 (3) ND	1 (8) NR			7 (13) 0
<i>Shigella</i>	0 (3) ND				
<i>Staphylococcus</i>			0 (20) 0	34 (40) 4	8 (8) 3.4
<i>Vibrio</i>					
Protozoan pathogens					
<i>Cryptosporidium</i>	2 (3) 0.4–1.21	0 (8) 0			
<i>Giardia</i>	2 (3) 0.61–1.21	5 (8) 0.5–1.5			

Príloha 8 Tabuľka so zobrazením fekálnych indikátorov a patogénov v šedej vode (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095965261631798X?via%3Dihub>, 2016)

	Yaziz et al. (1989)	Crabtree et al. (1996)	Uba and Aghogho (2000)	Albrechtsen (2002)	Simmons et al. (2001)	Birks et al. (2004)	Sazakli et al. (2007)	Ward et al. (2010)	Ahmed et al. (2010)	Ahmed et al. (2014)
Location	Malaysia	U.S. Virgin Islands	Nigeria	Denmark	New Zealand	UK	Greece	UK	Australia	Australia
Faecal indicators										
<i>E. coli</i>				11 (14) 0.6–3.0		NR (NR) <0.0–4.2	63 (156) <0.0–2.4			53 (72) 0.5–3.7
<i>Faecal coliforms</i>	NR (24) <0.0–1.1	9 (26) <0.0–2.9	NR (NR) <0.0		70 (125) <0.0–2.9			NR (32) <0.0–3.2		
<i>Total coliforms</i>	NR (24) 1.4–1.9	15 (26) <0.0–3.5	NR (NR) 0.5–1.6		NR (125) 0.0–4.3	NR (NR) <0.0–6.4	125 (156) <0.0–2.8	NR (32) <0.0–3.4		
<i>Enterococci</i>					NR (125) 0.0–3.7	NR (NR) <0.0–2.8	45 (156) <0.0–1.5	NR A (32) <0.0–3.2		68 (72) 0.3–3.6
<i>Streptococci</i>			NR (NR) <0.0							
Bacterial pathogens										
<i>Aeromonas</i>				2 (14) 1.0–1.5	20 (125) NR					21 (72) 2.1–4.5
<i>Campylobacter</i>				2 (17) ND	0 (115) NR	0 (2) 0			1 (214) ND	
<i>Clostridium</i>							0 (156) 0			
<i>Legionella</i>				5 (21) 0	0 (23) NR	0 (2) 0			12 (214) 2.8–3.2	5 (72) 3.2–4.0
<i>Mycobacteria</i>				1 (14) 0						
<i>Pseudomonas</i>			NR (NR) <0.0–2.9	1 (14) 0–1.3			0 (156) 0			9 (72) 1.4–4.3
<i>Salmonella</i>			NR (NR) <0.0–2.9		1 (115) NR	0 (2) 0		0 (2) 0	23 (214) 2.8–3.6	
<i>Shigella</i>			NR (NR) <0.0–2.3							
<i>Staphylococcus</i>										11 (72) 2.8–4.6
<i>Vibrio</i>			NR (NR) 1.0–3.0							
Protozoan pathogens										
<i>Cryptosporidium</i> oocysts/L		22 (45) 0–0.7		6 (17) 0–50	2 (50) NR	0 (2) 0		0 (2) 0	0 (214) 0	
<i>Giardia</i> cysts/L		12 (45) 0–0.04		0 (17) 0	0 (50) NR	1 (2) 0.2			21 (214) 0.6–3.6	

Príloha 9 Rozdelenie zelených striech podľa druhu vegetácie a skladby súvrstvia (<https://www.zelenestrechy.info/>, 2019)



Príloha 10 Doporučený sortiment rastlín pre výšku substrátu menej než 80mm (<https://www.zelenestrechy.info/>, 2019)

méně než 80 mm substrátu				
Sukulenty:			Barva květu	Výška [cm]
<i>Sedum acre</i>	<i>Sedum acre</i> L.	rozchodník ostrý	žlutá	5–12
<i>Sedum album</i>	<i>Sedum album</i> L.	rozchodník bílý	bílá	10
<i>Sedum floriferum</i>	<i>Phedimus floriferus</i> (Praeger) 't Hart	rozchodník květonosný	žlutá	15
<i>Sedum hispanicum</i>	<i>Sedum hispanicum</i> L.	rozchodník španělský	bílá	8
<i>Sedum hybridum</i>	<i>Phedimus hybridus</i> (L.) 't Hart	rozchodník	žlutá	10
<i>Sedum reflexum</i>	<i>Sedum reflexum</i> L.	rozchodník skalní	žlutá	15
<i>Sedum rupestre</i>	<i>Sedum rupestre</i> L.	rozchodník suchomilný	žlutá	15
<i>Sedum sexangulare</i>	<i>Sedum sexangulare</i> L.	rozchodník šestiřadý	žlutá	10
<i>Sedum spurium</i>	<i>Sedum spurium</i> M. Bieb.	rozchodník pochybný	růžová	15
<i>Sempervivum arachnoideum</i>	<i>Sempervivum arachnoideum</i> L.	netřesk pavučinatý	bílá	8
<i>Sempervivum montanum</i>	<i>Sempervivum montanum</i> L.	netřesk horský	růžová	10
<i>Jovibarba spec.</i>	<i>Jovibarba globifera</i> (L.) J. Parn.	netřesk výběžkatý	bělavá	5

Príloha 11 Doporučený sortiment rastlín pre výšku substrátu minimálne 80mm (<https://www.zelenestrechy.info/>, 2019)

minimálně 80 mm substrátu				
Byliny:			Barva květu	Výška [cm]
<i>Achillea millefolium</i>	<i>Achillea millefolium</i> agg.	řebříček	bílá	15–50
<i>Allium schoenoprasum</i>	<i>Allium schoenoprasum</i> L.	pažitka	růžová	9–40
<i>Campanula rotundifolia</i>	<i>Campanula rotundifolia</i> L.	zvonek okrouhlostý	světle modrá	9–40
<i>Dianthus carthusianorum</i>	<i>Dianthus carthusianorum</i> L.	hvozdík kartouzek	tm. purpurová	15–40
<i>Dianthus deltoides</i>	<i>Dianthus deltoides</i> L.	hvozdík kropenatý	červená	9–30
<i>Euphorbia myrsinites</i>	<i>Euphorbia myrsinites</i> L.	pryšec chvojka	žlutá	25
<i>Hieracium pilosella</i>	<i>Pilosella officinarum</i> Vaill.	jestřábník chlupáček	žlutá	5–25
<i>Hypericum perforatum</i>	<i>Hypericum perforatum</i> L.	třezalka tečkovaná	žlutá	30–60
<i>Linaria cymbalaria</i>	<i>Cymbalaria muralis</i> P. Gaertn., B. Mey. & Scherb.	lnice zední	světle fialová	30–60
<i>Linum perenne</i>	<i>Linum perenne</i> L.	len vytrvalý	modrá	20–80
<i>Origanum vulgare</i>	<i>Origanum vulgare</i> L.	dobromysl obecná	sv. purpurová	20–60
<i>Petrorhagia saxifraga</i>	<i>Petrorhagia saxifraga</i> (L.) Link	hvozdíček lomikamenovitý	bílo-růžová	9–25
<i>Prunella grandiflora</i>	<i>Prunella grandiflora</i> (L.) Scholler	černohlávek velkokvětý	modrofialová	9–30
<i>Saponaria officinalis</i>	<i>Saponaria officinalis</i> L.	mydlice lékařská	bílo-růžová	30–80
<i>Sedum reflexum</i>	<i>Sedum reflexum</i> L.	rozchodník skalní	žlutá	15–35
<i>Teucrium chamaedrys</i>	<i>Teucrium chamaedrys</i> L.	ožanka kalamandra	růžová	15–30
<i>Thymus pulegioides</i>	<i>Thymus pulegioides</i> L.	mateřídouška vejčitá	sv. purpurová	5–30
<i>Thymus serpyllum</i>	<i>Thymus serpyllum</i> L.	mateřídouška úzkolistá	sv. purpurová	5–15
<i>Viola arvensis</i>	<i>Viola arvensis</i> Murray	violka rolní	bělavá	5–20
Trávy:				
<i>Festuca ovina</i>	<i>Festuca ovina</i> L.	kostřava ovčí	-	do 60

nad 100 mm substrátu				
Byliny:			Barva květu	Výška [cm]
<i>Achillea millefolium</i>	<i>Achillea millefolium</i> agg.	řebříček obecný	bílá	60
<i>Achillea tomentosa</i>	<i>Achillea tomentosa</i> L.	řebříček	žlutá	20
<i>Allium roseum</i>	<i>Allium roseum</i> L.	česnek růžový	růžová	15
<i>Allium schoenoprasum</i>	<i>Allium schoenoprasum</i> L.	pažitka	fialová	25
<i>Antennaria dioica</i>	<i>Antennaria dioica</i> (L.) Gaertn.	kociánek dvoudomý	bílá	15
<i>Anthemis tinctoria</i>	<i>Cota tinctoria</i> (L.) J. Gay	rmen barvířský	žlutá	40–60
<i>Aster linosyris</i>	<i>Galatella linosyris</i> (L.) Rchb. f.	hvězdnice zlatovlásek	žlutá	25
<i>Campanula rotundifolia</i>	<i>Campanula rotundifolia</i> L.	zvonek okrouhlostý	modrá	30
<i>Centaurea scabiosa</i>	<i>Centaurea scabiosa</i> L.	chrpa čekánek	bílá	40
<i>Dianthus carthusianorum</i>	<i>Dianthus carthusianorum</i> L.	hvozdík kartouzek	červená	60
<i>Hieracium pilosella</i>	<i>Pilosella officinarum</i> Vaill.	jestřábník chlupáček	žlutá	20
<i>Hieracium x rubrum</i>	<i>Pilosella rubra</i> (Peter) Soják	jestřábník oranžový	červená	25
<i>Chrysanthemum leucanthemum</i>	<i>Leucanthemum vulgare</i> Lam.	kopretina bílá	bílá	40
<i>Iris pumila</i>	<i>Iris pumila</i> L.	kosatec nízký	směs	25
<i>Iris tectorum</i>	<i>Iris tectorum</i> Maxim.	kosatec střešní	směs	35
<i>Origanum vulgare</i>	<i>Origanum vulgare</i> L.	dobromysl – oregáno	růžová	15
<i>Petrorhagia saxifraga</i>	<i>Petrorhagia saxifraga</i> (L.) Link	hvozdíček lomikamenovitý	bílá	12
<i>Potentilla verna</i>	<i>Potentilla verna</i> L.	mochna jarní	žlutá	10
<i>Prunella grandiflora</i>	<i>Prunella grandiflora</i> (L.) Scholler	černohlávek velkokvětý	modrá	12
<i>Pulsatilla vulgaris</i>	<i>Pulsatilla vulgaris</i> Mill.	koniklec německý	modrá	20
<i>Ranunculus bulbosus</i>	<i>Ranunculus bulbosus</i> L.	prskyřník hlíznatý	žlutá	30
<i>Sanguisorba minor</i>	<i>Sanguisorba minor</i> Scop.	krvavec menší	bílá	15
<i>Saponaria ocymoides</i>	<i>Saponaria ocymoides</i> L.	mydlíce bazalkovitá	růžová	15
<i>Scabiosa canescens</i>	<i>Scabiosa canescens</i> Waldst. & Kit.	hlaváč šedavý	modrá	25
<i>Sedum album</i>	<i>Sedum album</i> L.	rozchodník	bílá	12
<i>Sedum floriferum</i>	<i>Phedimus floriferus</i> (Praeger) 't Hart	rozchodník květonosný	žlutá	15
<i>Sedum reflexum</i>	<i>Sedum reflexum</i> L.	rozchodník skalní	žlutá	15
<i>Sedum sexangulare</i>	<i>Sedum sexangulare</i> L.	rozchodník šestiřadý	žlutá	12
<i>Sedum spurium</i>	<i>Sedum spurium</i> M. Bieb.	rozchodník	červenavá	15
<i>Sedum telephium</i>	<i>Hylotelephium telephium</i> (L.) H. Ohba	rozchodník	červenavá	50
<i>Teucrium chamaedrys</i>	<i>Teucrium chamaedrys</i> L.	ožanka kalamandra	růžovofialová	25
<i>Thymus montanus</i>	<i>Thymus pulegioides</i> subsp. <i>montanus</i> (Benth.) Ronniger	mateřídouška horská	růžovofialová	10
<i>Thymus serpyllum</i>	<i>Thymus serpyllum</i> L.	mateřídouška úzkolistá	růžovofialová	12
<i>Verbascum nigrum</i>	<i>Verbascum nigrum</i> L.	divizna černá	žlutá	60
<i>Verbascum phoeniceum</i>	<i>Verbascum phoeniceum</i> L.	divizna brunátná	modrá	60
<i>Veronica teucrium</i>	<i>Veronica teucrium</i> L.	rozrazil ožankovitý	modrá	40
Trávy:				
<i>Bromus tectorum</i>	<i>Bromus tectorum</i> L.	sveřep střešní		40
<i>Carex flacca</i>	<i>Carex flacca</i> Schreber	ostřice chabá		20
<i>Carex humilis</i>	<i>Carex humilis</i> Leyss.	ostřice nízká		15
<i>Festuca amethystina</i>	<i>Festuca amethystina</i> L.	ostřice ametystová		20
<i>Festuca ovina</i>	<i>Festuca ovina</i> L.	košťava ovčí		20
<i>Festuca rupicaprina</i>	<i>Festuca rupicaprina</i> (Hack.) A. Kern.	košťava kamzičí		20
<i>Festuca valesiaca</i>	<i>Festuca valesiaca</i> Gaudin	košťava valiská		20
<i>Melica ciliata</i>	<i>Melica ciliata</i> L.	strdivka brvitá		40
<i>Poa compressa</i>	<i>Poa compressa</i> L.	lipnice smáčknutá		20
Listnaté dřeviny:				
<i>Amelanchier ovalis</i>	<i>Amelanchier ovalis</i> Medik.	muchovník oválný	bílá	180
<i>Salix lanata</i>	<i>Salix lanata</i> L.	vrba bobkolistá	žlutá	150
<i>Genista lydia</i>	<i>Genista lydia</i> Boiss.	kručinka	žlutá	40
<i>Cytisus purpureus</i>	<i>Chamaecytisus purpureus</i> (Scop.) Link	čilimník purpurový	purpurová	50
<i>Rosa pimpinellifolia</i>	<i>Rosa spinosissima</i> L.	růže bedrníkolistá	růžová	60
Jehličnaté dřeviny:				
<i>Juniperus communis</i>	<i>Juniperus communis</i> L.	jalovec plazivý		40–60
<i>Pinus mugo mughus</i>	<i>Pinus mugo</i> subsp. <i>mugo</i> Turra	borovice kleč		20–40