

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra zahradní a krajinné architektury



Fakulta agrobiologie,
přírodních a potravinových zdrojů

Mokřadní vegetační střechy

Bakalářská práce

Autor práce

Lucie Fojtíková

Krajinářská architektura

Vedoucí práce

Ing. Jindřich Vaněk

© 2023 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci „Mokřadní vegetační střechy“ jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.
Jako autor(ka) uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne datum odevzdání _____

Poděkování

Ráda bych poděkovala Ing. Jindřichu Vaňkovi za cenné rady, věcné připomínky a vždy ochotný a vstřícný přístup při konzultacích a vypracování bakalářské práce.

Mokřadní vegetační střechy

Souhrn

Práce postupuje od celku k detailu. V prvních kapitolách jsou představeny funkce a výskyt mokřadních rostlin v přírodě. Dále jsou shromážděny informace o jejich významu pro lidstvo a je zhodnocen vztah mezi pozitivními a negativními vlivy, který tento jedinečný ekosystém přináší. Kapitoly o přírodních mokřadech slouží k základnímu seznámení a pochopení jejich vztahu k tématu mokřadních střech.

Následující kapitoly se soustředí na technická řešení využívající mokřadní rostliny pro čištění vody. Jsou uvedena řešení od aztéckých zemědělců po současnost. Kapitoly o umělých mokřadech a kořenových čistírnách jsou pro lepší pochopení doplněny vlastními grafickými obrázky s popisem. V této části je také lehce nastíněna souvislost s klasickými zelenými střechami jak technicky, tak pojmově. Prolínání těchto pojmů je také opatřeno grafickým obrázkem pro lepší porozumění.

Na základě umělých mokřadů a kořenových čistíren fungují i mokřadní střechy. V kapitole řešení mokřadních střech jsou ukázána některá teoretická či komerční řešení, která jsou nabízena v odborné literatuře nebo realizačními firmami z celého světa. V této části najdeme některé dostupné informace o toku vody, skladbě a sortimentu. Možnosti řešení jsou rozebrány v samostatných kapitolách a jejich součástí jsou grafická zobrazení, která ukazují a popisují pohyb vody a její následné možné využití.

V závěrečné části literární rešerše jsou modelové příklady realizací z ČR a zahraničí.

Na základě informací v rešerši je vytvořen návrh optimální pro konkrétní stavbu vhodný do přírodních podmínek území návrhu. Snaží se navrhnout řešení pro některé potenciální skryté problémy, které jsou již známé z realizací, ne však tolik publikované. Cílem návrhu je spojit funkci s estetikou a ukázat nové řešení pobytové mokřadní střechy, které by sloužilo k další diskuzi a spolupráci s odborníky z oblasti statiky a technického zařízení budov. Projekt je složen z půdorysu spadové vrstvy, půdorysu technického, architektonického půdorysu, řezu, osazovacího plánu a vizualizace.

Práce shromažďuje základní informace o technologií mokřadních střech a poskytuje lehký náhled do jejich výhod a problémů jako strategie pro udržitelné řešení střech. Tato práce slouží jako obecný přehled pro lidi nezavěčené do tohoto tématu a seznamuje je se základními informacemi nejen o mokřadních střechách, ale také o přírodních mokřadních ekosystémech.

Keřčová slova: mokřady, mokřadní střechy, mokřadní rostliny, kořenové čistírny

Wetlands roofs

Souhrn

The work proceeds from the whole to the detail. In the first chapters, the functions and occurrence of wetland plants in nature, information on their importance to mankind is then gathered and the relationship between the positive and negative impacts of this unique ecosystem is assessed. Chapters on natural wetlands serve to provide a basic introduction and understanding of their relationship to the topic of wetland roofs.

Subsequent chapters focus on technical solutions using wetland plants for water purification. Solutions from Aztec farmers to the present are presented. Chapters on artificial wetlands and roof treatment plants are supplemented with their own graphic images and descriptions for better understanding. The connection to conventional green roofs is also lightly outlined both technically and conceptually. The intertwining of these concepts is also provided with a graphical image for better understanding.

Wetland roofs are also based on artificial wetlands and roof treatment plants. The chapter on wetland roof solutions shows some theoretical or commercial solutions that are offered in the literature or by implementation companies from all over the world. In this section we find some available information on water flow, composition and range. Solution options are discussed in separate chapters and include graphical representations that show and describe the movement of water and its subsequent possible use. In the final part of the literature search there are model examples of implementations from the Czech Republic and abroad.

On the basis of the information in the search, a design is created that is optimal for a particular building and suitable for the natural conditions of the design area. It tries to suggest solutions for some potential hidden problems that are already known from realizations, but not so much published. The proposal aims to combine function with aesthetics and to show a new solution for a residential wetland roof, which would serve to further discuss and collaboration with experts in the field of structural engineering and building services. The project consists of a floor plan gradient layer, technical floor plan, architectural floor plan, section, embedment plan and visualisation.

The work gathers basic information on wetland roof technology and provides a light insight into its benefits and challenges as a strategy for sustainable roof design. This work serves as a general overview for people uninitiated in the subject and introduces them to basic information not only about wetland roofs but also about natural wetland ecosystems.

Keywords: wetlands, wetland roofs, wetland plants, roof treatment plants

Obsah

1	Úvod.....	10	4	Zhodnocení podkladových údajů.....	30
2	Cíl práce.....	11	4.1	Analýza území.....	30
3	Literární rešerše.....	12	5	Vlastní projekt.....	31
3.1	Vymezení pojmu mokřad.....	12	5.1	Koncept.....	31
3.1.1	Funkce a výskyt v přírodě.....	12	5.2	Popis návrhu.....	31
3.1.2	Význam pro lidstvo.....	12-14	5.2.1	Řez.....	32
3.1.3	Ochrana mokřadů.....	14	5.2.2	Půdorys pohledový.....	33
3.1.4	Světové mokřady.....	16-18	5.2.3	Půdorys spádové vrstvy 1:50.....	34
3.1.5	Mokřady v ČR.....	20	5.2.4	Půdorys technický 1:50.....	35
3.2	Druhy umělých mokřadů.....	22	5.2.5	Osazovací plán.....	36
3.3	Historie ozelenění střech.....	23	5.2.6	Vizualizace.....	37
3.4	Pojmy.....	23	5.2.7	Rozpočet.....	38
3.5	Ekologický význam.....	23	6	Diskuze.....	39
3.5.1	Význam pro města.....	23-24	7	Závěr.....	40
3.5.2	Význam pro živočichy.....	24	8	Literatura.....	41-42
3.5.3	Rozdíl mezi běžnou zelenou a mokřadní střechou.....	24			
3.6	Druhy mokřadních střech.....	24			
3.6.1	Střechy využívající dešťovou vodu.....	24			
3.6.2	Střechy čistící odpadní vodu.....	25			
3.6.2.1	Výhody.....	25			
3.6.2.2	Potenciální nevýhody.....	25-26			
3.6.2.3	Vliv klimatu.....	26			
3.6.2.4	Jak funguje.....	26			
3.6.2.5	Skladba střechy.....	26			
3.7	Mokřadní fasády.....	27			
3.8	Modelové příklady v ČR a zahraničí.....	28			
3.8.1	Příklady z ČR.....	28			
3.8.2	Příklady ze zahraničí.....	28-29			

1 Úvod

Urbanizace a z ní vyplývající nárůst nepropustných povrchů vedou k řadě environmentálních problémů, včetně odtoku dešťové vody, úbytku zeleně a ztráty biologické rozmanitosti. Také díky změně klimatu je nutné hledat nová udržitelná řešení, která by se na tyto podmínky lépe adaptovala. Mokřadní střechy by se mohly stát slibným řešením pro zmírnění těchto problémů, neboť tento jedinečný a inovativní přístup, který napodobuje přírodní mokřady a využívá rostliny přizpůsobené vlhkým podmínkám by mohl přispět rozvoji udržitelných urbanistických postupů. Mokřadní střechy nejsou zatím tolik známé a je známo zatím jen pár realizací. Cílem práce je tedy shromáždit základní dosavadní dostupné informace o této problematice.

Bakalářská práce je zpracována formou projektu, respektivě koncepční studie. Rešeršní část přistupuje k tématu od celku k detailu. První kapitoly shromažďují základní informace o přirozených mokřadech v přírodě. Poté jsou popsány umělé mokřady, ze kterých následně vychází řešení střech. V závěrečných kapitolách řešerše jsou příklady realizací z tuzemska i zahraničí.

Ná základě informací v rešerši je vytvořen návrh optimální pro konkrétní stavbu vhodný do přírodních podmínek území návrhu.

2 Cíl práce

Cílem bakalářské práce je shrnout dosavadní poznatky a zkušenosti s mokřadními střechami. Získat informace o způsobu jejich řešení a úrovni realizace. Na základě těchto informací bude vytvořen teoretický návrh mokřadní střechy na konkrétním objektu.

3 Literární řešeře

3.1 Vymezení pojmu mokřad

Mokřady jsou místo setkání suchozemského a vodního systému, kde je hladina podzemní vody na povrchu nebo blízko něj (Zedler & Kercher 2005). Skládají se z cévnatých rostlin, mezi které patří také mnoho vodních druhů, (Tiner 1993). Rozdělují se podle svého vzniku, umístění, vodního režimu, chemismu, rostlinného složení nebo typu půdy. Pro mokřady jsou typické výrazné změny v čase i prostoru. Rozlišuje se pět hlavních druhů: mořské, brakické bažiny, jezerní, říční a jezerně bažinné (Chylli et al. 2015). (Mitsch & Gosselink 2015) zmiňují problematiku přesné definice hranice mokřadů, neboť je obtížné určit jejich přesný konec a začátek.

3.1.1 Funkce a výskyt v přírodě

Mají mnoho funkcí, kromě podpory biologické rozmanitosti a kvality vody, fungují jako zdroj. Poskytují užitečné produkty, jako je rašelina, potrava nebo stavební materiál. Jejich prostředí je vhodné k rybolovu, pro růst rákosu a mangrovy (obr.1) (Turpie 2010). Fungují také jako regulátor klimatu, protože ukládají uhlík. (Zedler & Kercher 2005). Uhlík patří mezi skleníkové plyny, jejichž koncentrace v atmosféře se zvyšuje vlivem spalování fosilních paliv. Výsledkem tohoto procesu je oteplování zemského povrchu (Bradford et al. 2016). Anglický výzkum u řeky Lambourn také prokázal, že mokřady působí jako pohlcovač dusíku a fosforu. Z uvolněného dusíku vzniká oxid dusný, který je velmi problematickým skleníkovým plynem (Aldred & Baines 2016). Dále potvrdili jejich schopnost obohacovat povrchové vody živinami z podzemních zdrojů (Johnes et al. 2020).

Za posledních 200 let ubylo více než 50 % plochy mokřadů na světě (Tiner 1993). V Evropě jejich úbytek také zapříčinily napoleonské války, kdy byly mokřady vysušeny z důvodu přeměny jejich dna na ornou půdu (Chylli et al. 2015). Jejich ubývání má za následek snížení kvality vody a druhové rozmanitosti. Uvědomění si jejich významu a úbytku vedlo v posledních desetiletích ke zvýšení zájmu o ně. (Tiner 1993). Odhad celosvětové rozlohy mokřadů se pohybuje od od 5,3 do 12,8 milionu km². Problémem je ale nedostatek inventářů, které většina států nemá k dispozici, tudíž je složité dostatečně sledovat úbytek a kvalitu mokřadů na světě. (Zedler & Kercher 2005)

Mokřady se vyskytují v určitých krajinných polohách. Jako první rozlišujeme nízké položené mokřady, které jsou vystavené periodickým záplavám v okolí řek. Další skupinou jsou oblasti s mírným svahem a výskytem podzemních vod. Třetí skupinu charakterizují vyvýšená místa, kde dochází ke kolísání povrchové vody. Maskeky, které se vyskytují v arktických oblastech jsou typické pro rozsáhlé oblasti bez odtokových kanálů. Poslední skupinou jsou oblasti, přiléhající k severním částem hor (Tiner 1993).

3.1.2 Význam pro lidstvo

Jak bylo zmíněno, mangrovy jsou významným produktem mokřadů. Tato společenstva keřů a stromů ubývají stejně jako mokřady, což vede ke snížení ochrany pobřeží proti povodním (Vaidyanathan 2018). Prostor mezi jejich kořeny slouží jako útočiště pro ryby a listy jsou potravou pro kraba mangrovového nebo se používají do čaje. Projekty na obnovu mangrovových porostů stále přibývají (Lovelock et al. 2022).

Pobřežní mokřady fungují jako ochrana proti hurikánům. Jsou horizontální hrází, která zmenšuje plochu otevřené vody a díky tomu se zmenšuje energie bouře. Z hlediska nákladů a dalších přínosných funkcí těchto přírodních ekosystémů je jejich obnova efektivnější než stavba hráze. Ve vztahu ke globálnímu oteplování je zvyšování počtu hurikánů nevyhnutelné, tudíž by se zvyšovala i hodnota a význam pobřežní ochrany (Costanza et al. 2008).

Mokřady a rašeliněte mohou mít pro obyvatele i kulturní význam. V Amazonii jsou místní ekosystémy spjaté s mýty a legendy. Například některé rostlinné druhy jsou strážní duchové a pokud jsou respektovány, pomáhají s ochranou přírodních zdrojů. V těchto podmínkách se také dá lovit větší zvěř jako jsou tapíři či Paky nížinné, které zde odpočívají. Velkým užitekem jsou palmové listy, které se používají ke stavbě přístřešků nebo plody Mauricie převislé, které se uplatní v kuchyni na spoustu způsobů (Schulz et al. 2019).



obr. 1 Mangrovniky v provincii Krabi v Thajsku → (Cam 1983 2020)

Studie v Kapském městě prokázala nepostradatelnost mokřadů pro živobylí místních obyvatel. Jejich příjem je tvořen převážně z prodeje dobytka, který se pase a napájí na mokřadech (obr.2). Fungují jako celoroční zdroj přes období sucha. Někteří obyvatelé také potvrdili, že mokřad mají jako rezervní živobylí, kdyby nemohli vykonávat své hlavní povolání. Pastva má i svá negativa. Na dobytek se mohou přenášet nemoci a paraziti, které se šíří mezi nimi. Některé nemoci se mohou přesunout i na člověka. Dobytek se chová hlavně na maso a tento problém mohl snížit jeho kvalitu, tudíž i poptávku (Lannas & Turpie 2009).

Dříve byly mokřady likvidovány kvůli obavě z přenosu smrtelných nemocí od komárů, kteří se zde hojně vyskytují (Valk 2005). Toto negativní vnímání pokračuje i dnes. Tyto ekosystémy budí u společnosti strach z hlediska infekcí, vzniku nemocí a jejich šíření. Nabízela se tedy otázka: Je ekologický a ochranný význam důležitější než zdraví lidí? Nejčastěji jsou sřevní onemocnění. Mikroorganismy jsou přenášeny vodou, lidmi i zvířaty. Mokřady tedy mohou být pro člověka škodlivé. Bylo zjištěno, že se toxické látky tvoří na místech, kde je přirozený biologický ekosystém narušen lidskou činností či vysycháním. Výskyt infekcí a nemocí je také ovlivněn místní hygienou a výživou. Na druhé straně byl ale zařazen význam produktů mokřadů jako jsou živočišné, houby, bakterie, řasy a rostliny, které jsou nepostradatelné pro farmaceutický průmysl a další výzkumy. Je tedy doporučováno přistupovat ke každému mokřadnímu ekosystému jednotlivě a zvážit vztah lidského zdraví místních obyvatel s ekologickým významem na globální úrovni (Harwitz & Finkayson 2011).

Mokřady jsou domovem a zdrojem potravy pro mnohé živočichy od hmyzu až po větší savce. Úbytek mokřadů může tedy znamenat jejich vyhynutí. Nebylo zřejmé, zda obnovené mokřady mohou pro přirozené živočišné druhy fungovat jako ty původní, avšak studie prokázala přítomnost stejných druhů na obnovených mokřadech jako na původních (Kurz et al. 2013). Toto bohužel nefunguje pro mokřadní čističky odpadních vod. Zvířatům škodí patogeny a chemické látky, které se v odpadních vodách vyskytují. Z druhé strany, zvířata vodu znečišťují a mohou přenášet lidské nemoci, proto je třeba oddělit mokřadní čističky a přirozená mokřadní stanoviště zvířat (Murray & Hamilton 2010).

3.1.3 Ochrana mokřadů

„Mokřady jsou chráněny Ramsarskou úmluvou, jejichž součástí je 172 států. Úmluva určuje pravidla o ochraně a využívání mokřadů. Nyní je v seznamu přes 2400 mokřadů celého světa o celkové rozloze 2,5 mil. km². Česká republika má na seznamu 14 lokalit.

V rámci úmluvy se také vede seznam ohrožených mokřadů a na jeho základě se poté hledá vhodná řešení pro jejich ochranu či obnovu. Tato úmluva má svůj sekretariát ve švýcarském městě Gland, který pořádá odborné konference. V České republice se v rámci Ramsarské úmluvy stará o mokřady Ministerstvo životního prostředí.

Význam mokřadů rozdělujeme:

N – nadregionální: Jde o lokality s významem přesahujícím rámec České republiky, jde tedy o lokality celostátního až středoevropského významu. Zařazujeme sem mokřady s jedinečným ekosystémem, s výskytem unikátních nebo ohrožených rostlin a živočichů. Do této kategorie jsou zařazeny téměř všechny mokřadní lokality vyhlášené jako národní přírodní rezervace a lokality zapsané do mezinárodních inventarizací.

R – regionální: Do této kategorie jsou zařazeny mokřady významné pro místní bioregionu. Jsou zde zařazeny oblasti vyhlášené jako přírodní rezervace a národní přírodní památky, lokality významné výskytem zvláště chráněných druhů rostlin a živočichů a lokality důležité z hlediska funkce povodí v daném bioregionu.

L – lokální: Do této kategorie řadíme všechny zbývající mokřadní lokality, významné pro menší území velikosti okresu nebo CHKO. Zařazeny jsou i lokality potenciálně významnější, o nichž zatím není dostatek informací, a také mokřady registrované jako významné krajinné prvky“ (Ministerstvo životního prostředí 2023).

Česká republika patří mezi aktivní členy ramsarské úmluvy (Chytil et al. 2015).



obr. 2 Pastva dobytka v oblasti Pantanal v Brazílii → (Reisgraf 2019)

3.1.4 Světové mokřady

„Největší světové mokřady: 1: Západosibiřská rovina
2: Povodí Amazonky
3: nížina Hudsonova zálivu
4: povodí Konga
5: povodí Mackenzie
6: Pantanal
7: povodí Mississippi
8: povodí Čadského jezera
9: povodí Nilu
10: prérijní kotliny
11: Magellanská vřesoviště“

(Keddy et al. 2009)

obr. 3 Mapa světa
(Pngwing 2023)



3.1.4 Světové mokřady

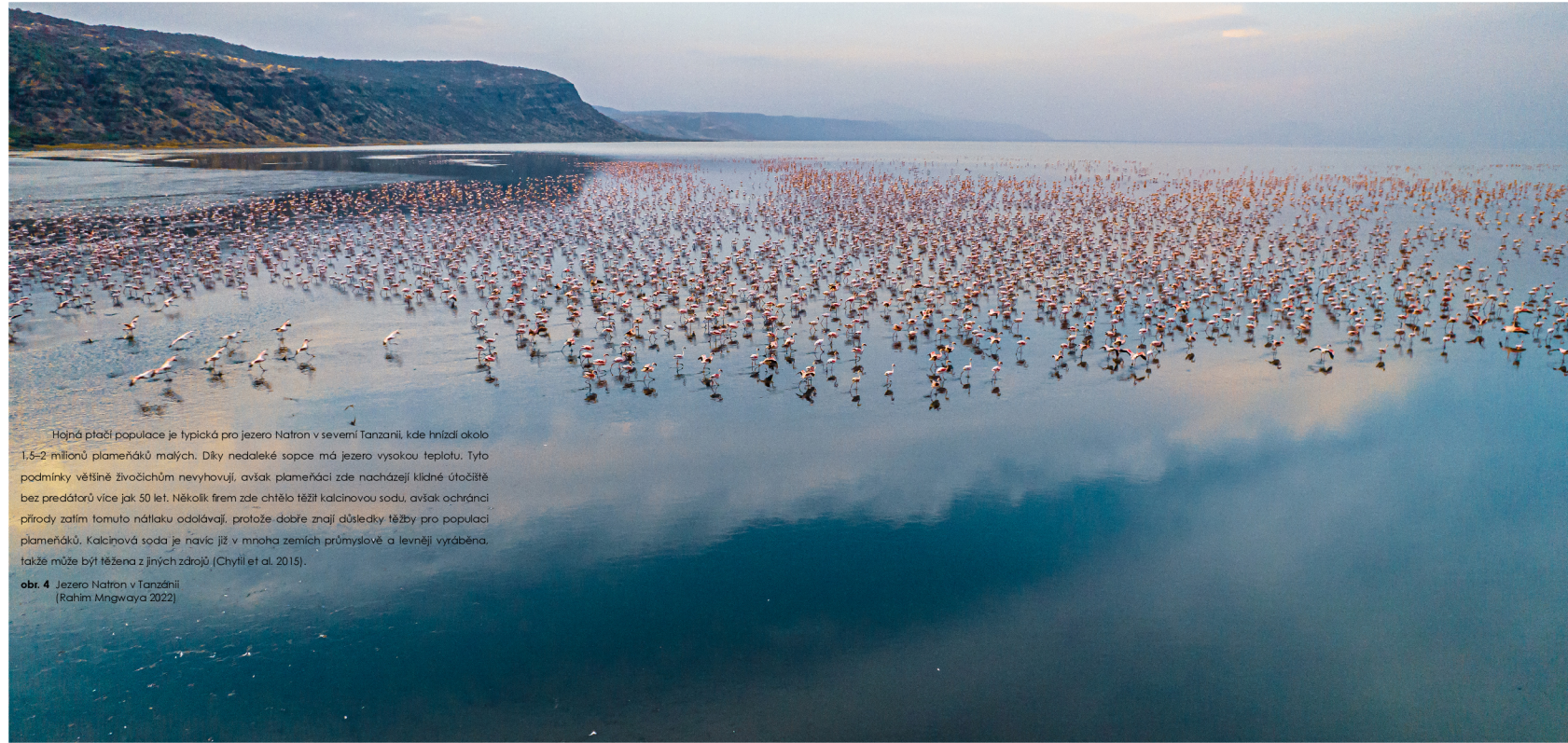
Mokřady se vyskytují na všech světadílech. Na Antarkidě však byly objeveny teprve nedávno, neboť jsou skryté pod ledovci a celkově není ještě antarktická oblast tak podrobně prozkoumaná. Nejrozšířenějším typem mokřadů jsou rašeliníště. Velkou rozlohu mají také pobřežní mangrovové porosty. Mezi mokřady řadíme i korálové útesy, jejichž rozloha je odhadována na 600 000 km² (Čížková et al. 2017).

V mokřadech řeky Mississippi žije medvěd baribal, který je ve spojených státech ohroženým druhem. Floridský panter se v regionu vyskytuje velmi málo a je na seznamu kriticky ohrožených druhů.

Řeka Amazonka je naopak významná pro největší počet druhů ryb než v jakékoli jiné řece na světě. Můžeme zde najít plodožravé ryby *Collossoma* i masožravé piraně. Řeky Kongo a Mekong jsou také významné pro rozmanitost ryb, vyskytuje se zde sumec velký, který je největší sladkovodní rybou na světě. Kongo je také útočiště pro větší savce jako je hroch a slon pralesní. Brazílský Pantanal poskytuje životní prostředí jaguárům, největším šelmám světa. V mnoha savanových oblastech poskytují mokřady útočiště velkým stádům savců v období sucha (Keddy et al. 2009).

Významné mokřadní oblasti můžeme najít i v Evropě. Ve Francii se nachází mokřadní oblast Camargue, pro kterou je typický výskyt camargského koně. Žijí zde v početných stádech a žíví se rákosem a travinami v bažinách. Další významné mokřadní oblasti najdeme v okolí řeky Dunaje, která teče z Německa až po Rumunsko.

Zajímavé mokřady můžeme najít na Antarkidě, neboť byly objeveny teprve nedávno. Antarktické mokřady se vyznačují absencí vegetace a fauny. Stávají se biologicky aktivní, když roztaje jeden metr nad trvale zmrzlou půdou. Globální oteplování může aktivovat nové typy mokřadů a může zásadně ovlivnit charakter těchto současných (Wlostowski et al. 2019). V Asii se vyskytuje nejvíce mangrovových porostů a rýžovíř. Pro Austrálii jsou naopak typické mokřady s korálovými útesy (Čížková et al. 2017).



Hojná ptáčí populace je typická pro jezero Natron v severní Tanzanii, kde hnízdí okolo 1,5-2 milionů plameňáků malých. Díky nedaleké sopce má jezero vysokou teplotu. Tyto podmínky většině živočichům nevyhovují, avšak plameňáci zde nacházejí klidné útočiště bez predátorů více jak 50 let. Několik firem zde chtělo těžít kalcinovou sodu, avšak ochránci přírody zařím tomuto nátlaku odolávají, protože dobře znají důsledky těžby pro populaci plameňáků. Kalcinová soda je navíc již v mnoha zemích průmyslově a levněji vyráběna, takže může být těžena z jiných zdrojů (Chytil et al. 2015).

obr. 4 Jezero Natron v Tanzanii (Rahim Mngwaya 2022)

3.1.5 Mokřady ČR

V České republice se mokré a vlhké louky historicky obhospodařovaly na stejivo a kmívno. Mokrá půda byla málo úrodná, proto se seno skladovalo v senicích postavených přímo na louce. Když půda zmrzla a byla dostatečně úrodná, jezdily povozy s dobytčkem seno vyzvednout. Tyto tradiční senky jsou dodnes k vidění na Třebořsku (Píthart et al. 2017).

„V České republice máme 14 mezinárodně významných lokalit.

- | | |
|--------------------------------|----------------------------------|
| 1 Šumavská rašeliniště | 8 Třebořská rašeliniště |
| 2 Třebořské rybníky | 9 Mokřady dolního Podolí |
| 3 Navozámecký a Břežský rybník | 10 Mokřady Liběchovky a Pšovky |
| 4 Lednické rybníky | 11 Podzemní Punkva |
| 5 Litovelské Pomoraví | 12 Krušnohorská rašeliniště |
| 6 Poodří | 13 rašeliniště Slavkovského lesa |
| 7 Krkonošská rašeliniště | 14 Horní Jizera“ |

(Beran et al. 2017).

Tyto lokality se rozdělují na rybníční soustavy (2,3,4,6), usazeniny říčního původu (5,6,9,10), podzemní vody (11) a rašeliniště (1,2,7,12,13,14) (Píthart et al. 2017). Prvním typem rašeliniště je vrchoviště, zde převažují mechy a odumřelá biomasa. Vznikají především v chladnějších horských oblastech. Druhým typem je slatiniště, ve kterém převažují ostřice a šachorovitě rostliny. Ve slatiništích je méně vody než ve vrchovištích. Nalezneme je v zamokřených nížinách v okolí pramenů. Posledním typem je kombinace obou předchozích, tudíž rašeliniště přechodné (Brandos 2018).

Šumavská rašeliniště jsou díky své rozloze přes 6000 hektarů největším mokřadem u nás a dlouhodobě si udržují nejlepší ekologický stav (Píthart et al. 2017). Jsou složena z 18 samostatných částí. Rašeliniště jsou nejhojněji v centrální části pohorí v oblasti zvané šumavské pláně. Vyskytují se zde ohrožené druhy jako je například blatnice bahenní (*Scheuchzeria palustris*), ostřice mokřadní (*Carex limosa*), kropenáč vytrvalý (*Swertia perennis*) a břiza tpatlíččí (*Betula nana*).

Třebořské rybníky jsou uměle vytvořené vodní nádrže, které jsou propojené hustou sítí stok (Beran et al. 2017). Rybníky jsou domovem mnoha obojživelníků a brouků. Ohroženým obyvatelem je vodní brouk potápník dvojčárý (*Graphoderus bilineatus*), který je ohrožený v celé Evropě (Chytil et al. 2015).

Krkonošská rašeliniště jsou unikátním komplexem hřebenových rašelinišť subarktického charakteru. Mokřad leží v 1. zóně Krkonošského národního parku a je součástí česko-polské rezervace Krkonoše/Karkonosze. Rozděluje se na – Hranční louku, Pančavskou a Labskou louku a Úpské rašeliniště (1240–1440 m n. m.). Pro Rašeliniště je typické prolnání mechového, bylinného a klečového patra (Beran et al. 2017). Je třeba zmínit, že krkonošská rašeliniště mají specifickou vegetaci, připomínající spíše skandinávská rašeliniště, které se nikde jinde v ČR nevyskytují (Píthart et al. 2017).

Ramsarská lokalita podzemní Punkva je významná, jak pro ochranu mokřadního ekosystému, tak pro ochranu významného jeskynního komplexu. Oproti povrchovým mokřadům jsou jeskyně chráněny před náhlými klimatickými změnami. Hlavní ochrana této lokality tedy spočívá v omezení turistické činnosti, která by mohla narušit její přirozený dlouhodobý vývoj a s tím spojený výskyt živočichů, kteří jsou na tomto typu prostředí závislí (Píthart et al. 2017). Podzemní Punkvu tvoří soustava více než 40 km chodeb, dómu a propastí. Toto specifické prostředí věčně tmy, vlhka a jen mírného kolísání teplot obývají mnozí živočichové. Pro lokalitu je významný výskyt vranky obecné, vzácného čolka velkého a kuřky obecné, ze savců pak netopýra pobřežního a netopýra vodního (Beran et al. 2017).

Významným obyvatelem mokřadů je také zmije obecná. Na území Česka se typicky vyskytuje ve výše položených oblastech s nadmořskou výškou 600–1200 m.n.m. Je všeobecně známé, že se vyskytuje na slunných stanovištích, méně je však známé, že zmije potřebuje zároveň i vlhké a kyselé stanoviště. Zmije je jediným jedovatým hadem v celé Evropě. Člověku a větším savcům hrozí úmrtí v případě uštknutí ale velmi málo. Je třeba být opatrný v případě dětí a starších lidí, kvůli možné alergické reakci (Maravec & Berec 2015).

obr. 5 Národní park Šumava → (Phbcz 2023)



3.2 Druhy umělých mokřadů

Pro čišťící a ekologické vlastnosti se budují umělé mokřady (obr. 7). Rozdělují se podle použití rostlin a průtoku vody. Dle použití rostlin jako první rozdělujeme umělé mokřady s rostlinami volně plovoucími na hladině. Tento způsob se pro svou náročnost a nákladnost tolik nepoužívá. Typickou rostlinou pro tento mokřad je vodní hyacint (*Eichhornia crassipes*). Druhým typem jsou rostliny zakořeněné na dně s volně plovoucími listy, jako jsou lekny. O užitečnosti tohoto mokřadu není příliš informací. Třetím typem jsou zcela ponořené rostliny zakořeněné na dně. Tyto rostliny jsou citlivé na zakalení vody, proto nejsou na čišťení odpadních vod tolik vhodné. Čtvrtou možností jsou rostliny s vymořenou vegetací zakořeněné na dně. V tomto typu se vyskytuje rákos obecný (*Phragmites australis*) a chřastice rákosovitá (*Phalaris arundinacea*).

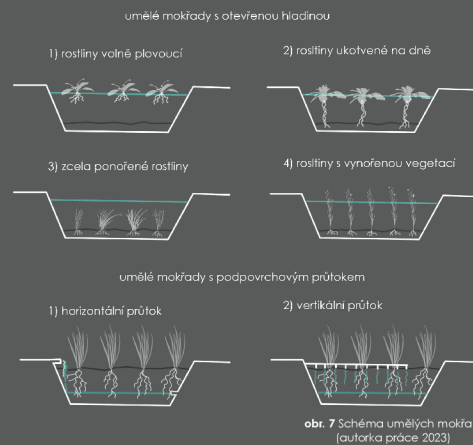
Dle průtoku vody rozdělujeme umělé mokřady s otevřenou vodní hladinou a s podpovrchovým průtokem. Umělé mokřady s podpovrchovým průtokem se běžně používají jako čišťící odpadních vod, jsou považovány jako vhodnější varianta, protože skrytá voda pod povrchem není tolik vhodná pro množení škůdců, jako je komár (Vymazal et al. 2017). Na tomto způsobu jsou založené mokřadní střechy.

Zajímavým umělým mokřadem jsou plovoucí zahrady. Jsou to uměle vytvořené plovoucí ostrůvky v mělké vodě. Neslouží k čišťení vody, ale k rozšíření pěstebních ploch. Tento zemědělský systém vynalezli Aztékové. Dřevěné kůly jsou zaraženy do dna a poté se mezi ně vplétají pruty rákosu. Následně jsou mezery vyplněny bahem a organickou hmotou (Robles et al. 2018). Nejznámějším místem plovoucích zahrad je jezero Dál a asijské země jako je Bama (Pillhart et al. 2017).

Mezi umělé mokřady můžeme zařadit i ryžová pole. Ryže se dá pěstovat mnoha způsoby. Tradiční asijský způsob spočívá v zatopení pole vodou z deště nebo z vodních toků. Poté se pole urovnává pomocí klády, kterou táhne vodní buvol, aby zaplavení bylo rovnoměrné. V těchto podmínkách ryže roste a dozrává. Těsně před sklizní se voda z polí vypustí (Čížková et al. 2017).



obr. 6 Kořenová čistička (Vodní hospodářství 2023)



3.3 Historie ozelenění střech

Ozelenění střech sahá až do období Mezopotámie. V té době visuté zahrady a ozeleněné střechy byly módou a prokazovaly postavení ve společnosti a majetkové poměry. Chudší obyvatelstvo se je snažilo napodobovat sázením rostlin do nádob na menších terasách. Mezi sedm divů světa patří velké pyramidy visuté zahrady. Díky zavlažovacímu systému je můžeme považovat částečně i jako střechy mokřadní. Na rozdíl od současnosti, kdy dostáváme vodu na střechu pomocí čerpadla, museli otroci v Babylóně točit ohromným výtlačným kolem, díky kterému dostávaly vodu do zavlažovacích systémů.

Za zásadní vliv na ozelenění střech měl švýcarský funkcionalistický architekt Le Corbusier v roce 1923. Jeho myšlenka o navrácení vzaté zelené plochy na střechu, inspiroval architektky dodnes (Čermáková & Mužíková 2009).

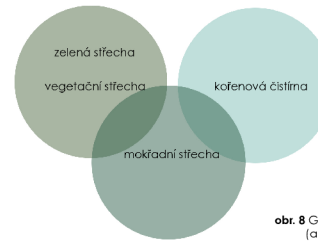
3.4 Pojmy

Zelená střecha: je synonymem pojmu vegetační střecha. Pojem zelená střecha vznikl na základě překladu z anglického „Green roof“ (Čermáková & Mužíková 2009).

Vegetační střecha: ozeleněná střecha (Čermáková & Mužíková 2009)

Mokřadní střecha: je systém spojující zelenou střechu s kořenovou čističkou (Filipandula 2023).

Kořenová čistička: je způsob biologického čišťení odpadní vody bakteriemi (Vymazal et al. 2017).



obr. 8 Grafika pojmu (autorka práce 2023)

3.5 Ekologický význam mokřadních střech

Globální oteplování je nevyhnutelné, je tedy na místě řešit včas jeho důsledky, jako jsou extrémní teploty, nedostatek vody a její plynutí. Předchozí kapitoly uvádí čišťící a mnohé další ekologické schopnosti mokřadních rostlin v jejich přirozených podmínkách. Bylo by tedy možné inspirovat se v těchto jedinečných ekosystémech a využít jejich vlastností? Ano, bylo. Již několik odborníků se snaží šířit povědomí o možnostech mokřadních střech a ukazují jejich přínos jak pro jednotlivce, tak pro planetu.

Zatímco tradiční přístupy k adaptaci na změnu klimatu se spoléhají na beton a ocel, řešení založená na přírodě mohou zvýšit naši schopnost přizpůsobit se měnícímu se klimatu a zároveň přinést mnoho dalších výhod lidem a ekosystémům (Bazo et al. 2020). Budování mokřadů pro čišťení odpadních a dešťových vod je již běžné, ale mokřadní střechy byly dosud budovány bohužel pouze v ojedinělých případech. Mokřadní střechy jsou vhodné jako modro-zelená infrastruktura pro budoucnost měst, které se potýkají s nedostatkem volných pozemků pro čišťení odpadních vod (Knapp et al. 2019). Tyto pozemky ubývají stejně jako prostory volně nezastavěné přírody, které by mohly být využity k zadržování dešťové vody a k zachycování uhlíku. Zatímco plochy střech k dispozici jsou a jejich částečné nebo úplné pokrytí vegetací by mohlo snížit odtok dešťové vody, zlepšit energetickou účinnost budov a vytvářet stanoviště pro opylovače (Bazo et al. 2020). Zároveň mokřadní střechy nabízejí možnost, jak doplnit zeleň v již velkých zastavěných městech jako je Bangkok nebo Manila (Vo et al. 2018).

3.5.1 Význam pro město

Prvním benefitem je schopnost termoregulace. Teplotu v budově lze díky mokřadním rostlinám v horkých letních dnech účinně snižovat, díky jejich schopnosti transpirace, tím je možné v létě ušetřit spotřebu energie za klimatizaci. Energií je možné ušetřit nejen v létě, ale i v zimě, díky izolačnímu účinku, který snižuje tepelné ztráty střechou. Bylo zjištěno, že mokřadní střechy mají největší schopnost snižovat tepelné toky střech ve srovnání s jinými střechami.

Další významnou schopností je téměř úplné zadržování dešťové vody a zlepšení klimatu v budovách a jejich okolí. Rostliny jsou navíc schopné z dešťové vody odstraňovat kontaminující látky. Čišťit dokáží nejen dešťové vody, ale i šedé a černé (Knapp et al. 2019). Množství odpadních vod tekoucích do kanalizace se tak může snížit o 60-75 %, přičemž se zároveň sníží náklady na čišťení vody.

Tímto by se mohly vyřešit problémy s přetížením kanalizačních systémů a čističek odpadních vod při extrémních srážkách v městských oblastech (Knapp et al. 2019). Tento čističský proces je založen na uchování šedé vody v nádrži, ve které se mechanicky předčistí a poté se čerpá v několika denních intervalech na horní část střechy prostřednictvím čerpadla a tam je vyčištěna kořeny rostlin. Vyčištěná šedá voda se pak může používat ke splachování toalet nebo k zavlažování zahrady (Blumberg 2020). Tento typ způsobu nakládání s šedou vodou a dešťovou vodou by mohl být atraktivní také jako zdroj vody, která by mohla být použita pro zahradní a vodní hospodářství (Zehnsdorf et al. 2019). Díky snadné technologii a udržitelnosti by mohlo toto hospodářství s vodou výrazně pomoci rozvojovým zemím, které se potýkají s nedostatkem vody (Alves et al. 2020).

3.5.2 Význam pro živočichy

Bylo zjištěno, že mokřadní střechy tolik nepodporují výskyt živočichů oproti přizemním biotopům. Je tedy třeba na střechu zařadit nejen druhy vhodné z hlediska technického, ale i druhy podporující živočichy. Z výzkumů vyplynulo, že výškou střechy se úměrně snižuje výskyt ptáků, včel a dalších bezbřatých. Mokřadní střechy tudíž nemohou plnohodnotně nahradit přirozená přizemní stanoviště. Dalo by se ale očekávat, že druhy, které jsou schopné létat nebo se rozplývají pomocí větru by mohly mít z narůstajícího počtu mokřadních a zelených střech prospěch (Knapp et al. 2019).

3.5.3 Rozdíl mezi zelenou a mokřadní střechou

Zásadní rozdíl oproti zeleným střechám spočívá v tom, že mokřadní střecha je denně uměle zavlažována. Výhodou mokřadní střechy je její malé statické zatížení. Zatímco součástí zelených střech je vrstva substrátu mokřadním rostlinám rostou bez substrátu pouze ze zásobou vody. To nabízí velkou přiležitost pro dodatečné konstruování střech na stávající budovy, kde může být statika střechy kritická pro běžné zelené střechy. (Blumberg 2020). Další výhodou je vynikající schopnost zadržovat dešťovou vodu, nižší potřeba zavlažování, snadná instalace a demontáž, nízké nároky na údržbu, snadné odstraňování plevele a více ekologických služeb (Huang et al. 2016). Mokřadní vegetace také dokáže vyprodukovat mnohem více kyslíku fotosyntézou než standardní zelené střechy (Blumberg 2020). (Song et al. 2013) na svém pokusu prokázali, že mokřadním rostlinám vystačí méně než 400 l/m² vody na celou vegetační sezónu, což je asi 20% ze spotřeby vody rostlin na zelených střechách.

Kombinace zelené a mokřadní střechy by mohla vytvořit komplexnější pozitivní dopad na biologickou rozmanitost oproti izolovanému využívání těchto dvou způsobů střechních technologií (Knapp et al. 2019).

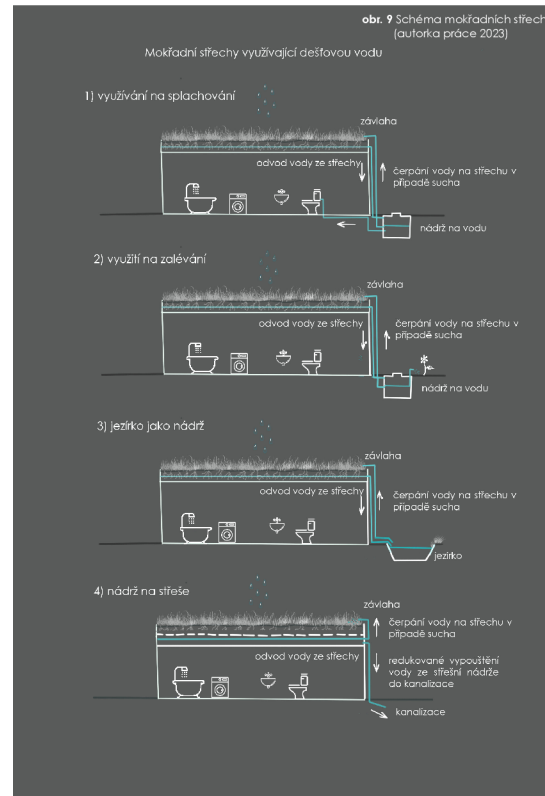
3.6 Druhy mokřadních střech

3.6.1 Střechy využívající dešťovou vodu

Hlavní funkcí tohoto typu střechy (obr. 9) je zadržování přes 90% dešťové vody. Dešťová voda je ze střechy odvedena do zásobovací cisterny, ze které se čerpá zpět na střechu v případě zalévání. Voda může být také částečně využita na splachování nebo zalévání zahrady. Čerpání vody je ovládáno přes technické zařízení. Rozlišujeme plochou a šikmou střechu. Výhodou ploché střechy oproti šikmé střechě je, že část dešťové vody může být zadržována přímo na střeše, tudíž rostliny vydrží bez deště delší dobu. Hladinu vody lze také nastavit pomocí speciálního regulačního zařízení tak, aby nebyla přetížena příslušná statika střechy (Blumberg 2020).

V Holandsku zkoumají řešení konstruování vodní nádrže přímo na střeše. Tyto střechy mohou zadržet až 5 600 metrů krychlových vody. Komunikační síť senzorů reguluje množství absorbované a odváděné vody. Hlavním cílem této nádrže je snížení extrémního zatížení kanalizace. Vodní nádrž také poskytuje dostatek vody pro zásobování zelených ploch na střeše, a to i během sucha, což umožňuje větší rozmanitost rostlin, a tím podporuje biodiverzitu ve městě. Tento způsob by mohl výrazně pomoci v oblastech Amsterdamu, které jsou ohroženy povodněmi (Reser 2023).

Střechy zadržující dešťovou vodu nebudí takový zájem, jako střechy na čistění odpadní vody, protože ekonomické výhody nejsou tak velké. Zájem o tento typ střech je ovlivněn zákony jednotlivých zemí o poplatcích za odvod srážkové vody do veřejné kanalizace. V některých zemích, jako v České republice neplatí tato daň pro všechny objekty. Dle znění zákona č. 274/2001: „Povinnost platit za odvádění srážkových vod do kanalizace pro veřejnou potřebu se nevztahuje na plochy dálnic, silnic, místních komunikací a účelových komunikací veřejně přístupných, plochy drah celostátních a regionálních včetně pevných zařízení potřebných pro přímé zajištění bezpečnosti a plynulosti drážní dopravy s výjimkou staveb, pozemků nebo jejich částí využívaných pro služby, které nesouvisí s činností provozovatele dráhy nebo drážního dopravce, zoologické zahrady, veřejná a neveřejná pohřebiště a plochy nemovitosti určených k trvalému bydlení a na domácnosti“, které jsou zproštěny, tudíž nemají finanční motivaci pro zadržování dešťové vody (Chaloupka 2003).



3.6.2 Střechy čistící odpadní vodu

Tyto střechy nabízejí jednoduché řešení problému plynutí pitné vody. Není třeba vytvářet složité retenze vody, stačí využít vodu, která už tu je. Pořizovací cena je okolo 350 000,- za 100 m². Šperling, Michal, majitel firmy kořenová čistička [ústní sdělení]. Praha, 1.12.2022.

3.6.2.1 Výhody

Mokřadní střechy mají vlivem absence substrátu nízké zatížení, tudíž se dají vybudovat i dodatečně (Blumberg 2020). Vyčištěním a znovu použitím odpadní vody se sníží náklady na pitnou vodu až o polovinu. Jak již bylo již zmíněno zelená plocha střechy také přináší do okolí příjemné klima v horkých měsících (Filipendula 2023). Většina lidí má na zelenou střechu i estetické požadavky. Existuje celá řada kvetoucích bahenních rostlin, které lze použít. Kvetoucí rostlinou na jaře je například blatouch bahenní (*Caitha palustris*). Příjemnou růžovou barvu může zase přinést Kyprej obecný (*Lythrum salicaria*), který je hojně navštěvovaný motýly (Blumberg 2020). Výhodou je také snadná údržba, stačí jednou za čas posekat rostliny, zkontrolovat přítoky a odvody a jednou ročně odčerpat septik, třeba do kompostu. Šperling, Michal, majitel firmy kořenová čistička [ústní sdělení]. Praha, 1.12.2022.

3.6.2.2 Potenciální nevýhody

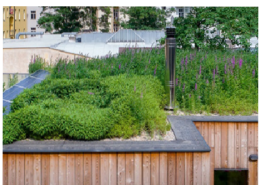
V Evropě lze střechu udržovat velmi dobře pod technickou kontrolou. V rozvojových zemích je situace jiná, neboť se některé země potýkají s častými výpadky elektrické energie. Jelikož je čerpadlo vody na střechu poháněno právě elektrickou energií, mohly by to být pro tyto země problém (Blumberg 2020). Nevýhodou by mohl být nárazový provoz například v hotelech nebo v případech, že rodina odjede na dovolenou. Bylo vyzkoušeno, že mokřadní rostliny v České republice dokážou vydržet bez přísunu vody až 14 dní, neboť je za provozu na střeše stálá hladina 10cm vody. Po dvou týdnech budou rostliny ale povadlejší, v tomto případě je vhodné při návratu pustit neprodleně na střechu pitnou vodu, která rychle doplní rostlinám chybějící vláhu. Šperling, Michal, majitel firmy kořenová čistička [ústní sdělení]. Praha, 1.12.2022. Řešením mohou být také rezervní postřikovače na dálkové ovládání (Zapater-Pereyra et al. 2016). V některých případech se může stát, že voda neprojde přes celou střechu až k odtoku, dá se to ale vyřešit jednoduchou instalací dalšího přívodu vody uprostřed střechy.

Estetickou a psychologickou těžkost by pro některé uživatele mohli tvořit ne úplně čirý vzhled vody. Biologicky čistá voda nemůže být nikdy čirá jako pitná, je však bez zápachu a pro svou recyklační funkci dostačující. Šperling, Michal, majitel firmy kořenová čistička [ústní sdělení]. Praha, 1.12.2022.

3.6.2.3 Vliv klimatu

Na rozdíl od využití v oblastech mírného pásu, kde je hlavním účelem opětovné použití vody na splachování toalet, je v subtropických a tropických oblastech efektivnější využití přečištěnou vodu na zalévání a jako zásobník vody v období sucha (Zehnsdorf et al. 2016). Ve svém přirozeném prostředí jsou mokřadní rostliny schopné vydržet mnohé, např. úbytek vodní hladiny v létě na březích jezer nebo řek, a tím i částečně vyschnutí nebo opak, jarní povodeň, kdy jsou během několika týdnů zcela zaplaveny (Blumberg 2020). (Zapater-Pereyra et al. 2016) testovali, zda vytrvalý déšť nemůže vyplavit živiny z rostlin, avšak prokázali, že četnost živin nebyla deštěm ovlivněna. V suchých letech (obr. 10) dnech by vláhu měla zajišťovat stálá hladina vody na střeše. V Německu se na mokřadních střechách instaluje nouzový zdroj z rozvodu pitné vody, aby rostliny zvládly i dešť období sucha. Hladinu vody v nádrži měří tlaková sonda, když klesne pod kritickou hodnotu, začne se automaticky zavlažovat z potrubí pitné vody (Blumberg 2020).

Dalším tématem vlivu klimatu na funkci byla zima (obr. 11). V podmínkách České republiky voda na střeše nezamrzá z důvodu stálé biologické činnosti, je však zhořena její efektivita. Šperling, Michal, majitel firmy kořenová čistička [ústní sdělení]. Praha, 1.12.2022.



obr. 10 Mokřadní střecha v létě (Filipendula 2023)



obr. 11 Mokřadní střecha v zimě (autorka práce 2022)

3.6.2.4 Jak funguje

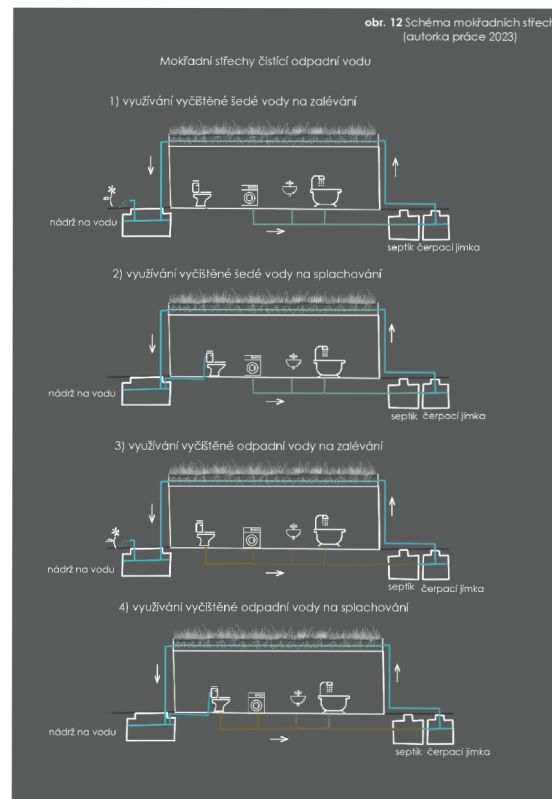
Existují dva způsoby čištění vody (obr. 12). V první případě se čistí pouze voda šedá. „šedou vodou se rozumí splašková odpadní voda z domácností a dalších neprůmyslových budov, která neobsahuje odpad ze záchodů, tedy fekálie a moč. šedá voda tedy vzniká především používáním koupelen, umyvadel a praček, méně příhodně i kuchyní“ (Beránková 2016). Mechanicky předčištěná šedá voda je čerpána na střechu, kde se biologicky vyčistí a poté odtéká do zásobovací cisterny. Odtud může být použita například na splachování, zalévání, mytí auta (Zehnsdorf et al. 2019).

Druhý způsob čistí i vody černé, tedy odpadní vody z toalet. Odpadní vody jsou přivedeny do podzemního septiku, kde začínají první čisticí procesy. Takto předčištěná voda se čerpá zabudovanými trubkami na střechu, kde se dočistí. Poté se recyklovaná voda hromadí do akumulační nádrže, ze které se dá individuálně využít. Opět jak na splachování, tak na zalévání (Filipendula 2023). Celkově jsou třeba tři nádrže: Vícekomorový septik, nádrž na čistou vodu a čerpací jímka.

3.6.2.5 Skladba střechy

Nejspodnější vrstvu tvoří nepropustná proti kořenová bariéra, která chrání střechu před nadměrnou vlhkostí a pronikáním kořenů. Následuje vrstva složená z lehkého substrátu, který je schopný zadržovat vodu (Zehnsdorf et al. 2019). Některá řešení míchají substrát s pěnovým sklem. Závěrečná pěti centimetrová vrstva štěrku upevňuje celé souvrství. Muč je doporučován ve světlé barvě, neboť byla prokázána spojitost s jeho barvou a teplotou střechy (Maciviar et al. 2011). Na okrajích střechy je mírný sklon, aby nřráz okraje střechy neporušil (Filipendula 2023).

Další možností je nahrazení substrátu technickou textilí (obr.14-15). Textilie stabilizuje ukotvení rostlin a slouží také jako pěstební plocha pro mikroorganismy čistící vodu (Zehnsdorf et al. 2016). Existuje celá řada rostlin, které se dají použít. Jsou však nepostradatelné druhy, které jsou klíčové pro čištění vody, protože vytvářejí silnou kořenovou síť (obr. 13). Je to například ostřice ostrá (*Carex acutiformis*) a slilina rozkladitá (*Juncus effusus*). Pro barevný efekt můžeme použít kvetoucí rostliny jako je blatouch bahenní (*Calltha palustris*) a kypré vrběce (*Lythrum salicaria*). Využívají se předpěstované rostliny, by se zamezilo uchycení náletů na volných místech střechy (Blumberg 2020). Celé souvrství má okolo 15 cm a dohromady s vodou dosahuje hmotnosti okolo 150 kg/m² (Filipendula 2023).



obr.13 Detail vegetační části mokřadní střechy (Blumberg 2020)



obr.14 Technická textilie (Blumberg 2020)



obr.15 Prokořeněná technická textilie (Blumberg 2020)

3.7 Mokřadní fasády

Mokřadní fasády se dají konstruovat samostatně nebo v kombinaci s mokřadní střešou. Skládají se z nerezových kazet umístěných nad sebou. Kazety nese konstrukce, která je vytvořena nezávisle na fasádě domu. I přesto, že fasády fungují na stejném principu jako střechy, jsou jejich náklady vyšší. Jejich cena se pohybuje okolo 7 000,-/ m² (Filipendula 2023). Mokřadní střecha aproti tomu stojí okolo 3500,-/ m².

3.8 Modelové příklady řešení z ČR a zahraničí

3.8.1 Příklady z ČR

Prvním příkladem je jednopodlažní dům ve vnitrobloku na Letné v Praze (obr. 16). Dům získal první cenu v soutěži E.ON Energy Globe 2017. Má rozměry 16,4 x 8,45 m a jeho celá střecha slouží jako mokřadní čistírna veškeré odpadní vody z domu. Strop je navržen dřevěný trámový s příznanými trámy, spřížený s železobetonovou monolitickou deskou. Na stropní trámy jsou uloženy desky CETRIS, které mají funkci pohledovou a zároveň tvoří ztracené bednění pro železobetonovou stropní desku, na níž je kladena parozábrana. Na parozábranu je položena tepelná izolace ze šedého polystyrenu. Nad polystyrenem je položena napová fólie, která slouží k provětrání. Následuje protikořenová bariera, napová fólie, smyčková rohož, geotextilie a směs pěnoscila, štěrku a substrátu. Dům navrhli architekt MgA. Václav Odvárka ve spolupráci Ing. Michalem Šperlingem, který vlastní firmu na kořenové čistírny (Pražanová 2017).

Na stavbě Liko-Noe (obr. 17) z roku 2015 najdeme dokonce i mokřadní fasádu. Jedná se experimentální budovu ve Slavkově u Bma. Navrhl ji architekt Zdeněk Fránek ve spolupráci s Liborem Musilem, Michalem Šperlingem a Daliborem Skácelem. Cílem bylo vytvořit centrum rodinné firmy, tak aby objekt fungoval, co nejvíce ekologicky.

Kancelářská část je konstrukčně dřevostavba z nosných CLT panelů. Stěny jsou zatepleny difúzně otevřenou stříkanou izolací ICYNENE. Plášť budovy je tvořen mokřadní fasádou, která čistí odpadní a dešťovou vodu (Archweb 2023).



obr. 16 Mokřadní střecha v Praze (Pražanová 2017)



obr. 17 Stavba Liko-Noe u Bma (Archweb 2023)

3.8.2 Příklady ze zahraničí

První londýnská mokřadní střecha (obr. 18), která byla instalována v létě 2013 na střeše Victoria and Albert Museum v Londýně. Muzeum se nachází v povodí ztraceného říčního systému, který je náchylný k vyhlídkám a způsobuje v oblasti záplavy. Tudiž hlavním cílem bylo zachytávání dešťové vody, aby se pomohlo přelíženým kanalizačním systémům vlivem povodní. Dodnes střecha vzkvétá a je domovem řady mokřadních bezobratlých živočichů. Zajímavou otázkou je, jak se na střechu vůbec dostali? Pravděpodobně se sem dostali na nohách ptáků. Střechu dále navštěvují volavky, čejky a další drobní ptáci (Thegic 2022).

V roce 2014 byla postavena mokřadní střecha na kancelářské budově v Jeně v Německu (obr. 19). Vegetací je pokryto 120 m² a střecha má sklon 7°. Na střešní konstrukci je položena asfaltová hydroizolační fólie, protikořenová fólie a textilní rohož pro podporu rostlin. Je zde vysazeno 22 druhů rostlin z rodů *Caltha*, *Carex*, *Filipendula*, *Gratiola*, *Iris*, *Juncus*, *Lysimachia*, *Lythrum*, *Mentha*, *Mimulus*, *Myosotis*, *Polygonum*, *Ranunculus*, *Scirpus* a *Valeriana*. Automatické zavlažování čerpá zadržovanou dešťovou vodu z nádrže a na zavlažování je zároveň napojena přípojka pitné vody pro nouzové doplnění. Střecha ochlazuje vnitřní místnosti až o 10 stupňů (Blumberg 2020).



obr. 18 Mokřadní střecha v Londýně (Thegic 2022)



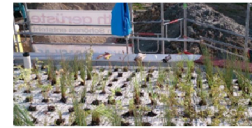
obr. 19 Mokřadní střecha v Německu (Blumberg 2020)

Dalším zajímavým řešením je výsadba mokřadních rostlin na střechách kravinů (obr. 20). Cílem bylo zajistit energeticky nenáročný řešení, které by ochlazovalo stáj a zabránilo letnímu přehřívání. Díky této instalaci se podařilo snížit teplotu stáje o pět stupňů. Plocha střechy je 834 m² (Zehndorf et al. 2019).

Realizace z roku 2016 ve švýcarském Zofingenu (obr. 21). Plocha 52 m² se sklonem 15°. Střecha zadržuje dešťovou vodu a čistí vodu šedou, která se opětovně využívá na splachování toalet a zalévání. Použité rostliny blatouch, ostřice ostrá, ostřice jelení, ostřice kyperská, kosatec bahenní, ostřice výběžkatá, ostřice zakrslá, ostřice nachová a vodní máta (Blumberg 2020).



obr. 20 Mokřadní střecha kravinů (Zehndorf et al. 2019)



obr. 21 Osázení mokřadní střechy ve Švýcarsku (Blumberg 2020)

Menší střecha realizována v Lemgu v Německu (obr. 22) není uměle zavlažována, využívá pouze vodu z okapů (Blumberg 2020).

Mokřadní střecha v Izraeli (obr. 23), dokončená v prosinci 2010, je umístěna na rodinném ekologickém domě. Střecha využívá šedou vodu k zalévání zahrady. V domě Tato mokřadní střecha jednopatrového rodinného domu má rozlohu 60 m² a souvrství 30 cm (Green roofs 2023).



obr. 22 Menší mokřadní střecha v Německu (Blumberg 2020)



obr. 23 Mokřadní střecha v Izraeli (Greenroofs 2023)

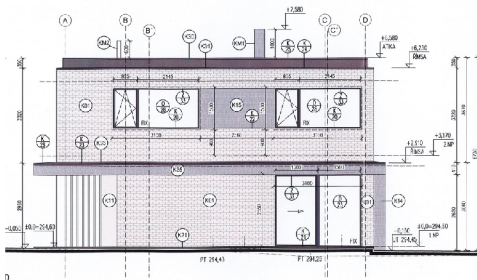
Projektová část

4 Zhodnocení podkladových údajů

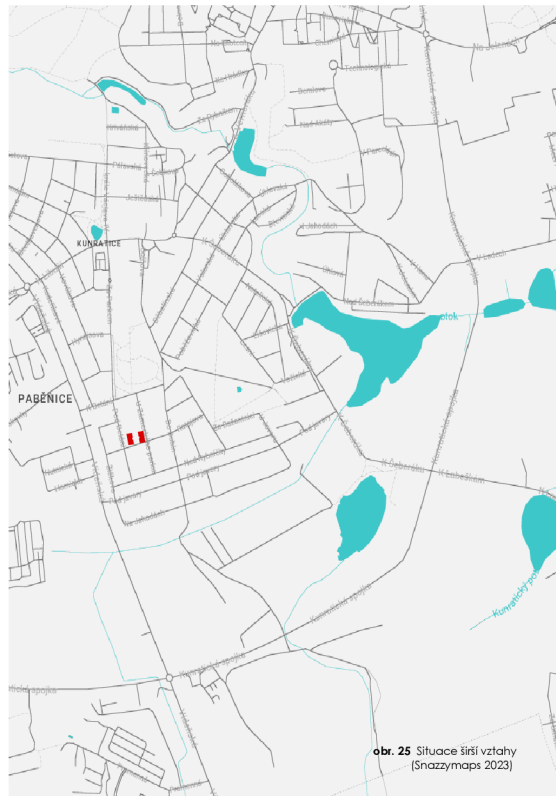
4.1 Analýza území

Mokřadní střecha se bude navrhovat na dům (obr. 24), jehož stavba je plánována na pozemku v městské čtvrti Kunratice (obr. 25), které jsou součástí katastrálního území hlavního města Prahy v obvodu Prahy 4, na jihovýchodním okraji města. Nejvýznamnějším obyvatelem Kunratic byl zcela jistě Václav IV. Díky svému panství zde, si mohl užívat přírodu a lov, ale zároveň se mohl kráti kdykoliv vrátit na Pražský Hrad. Do vzdálenosti 5km od pozemku se nachází hned několik vodních a mokřadních ekosystémů. Rybník Šeberák, který slouží jako celoroční rekreační místo pro místní obyvatele. V sousední vesnici Hrnčče můžeme najít přírodní památku Hrnččské louky. Jedná se soubor rybníků s přilehlými mokřady o rozloze 15 ha. Nachází se zde mnoho vzácných rostlinných i živočišných druhů (Říhová et al. 2022).

Dům je navržen jako dvoupatrový rodinný dům s výškou 6,5 metrů. Střecha má 108 m² a je plně osluněná a nehrozi zde žádné zastínění od okolních budov. Jedná se o klimatický region mírně teplý, mírně suchý.



obr. 24 Pohled na dům
(projekt od ps-architekti 2022)

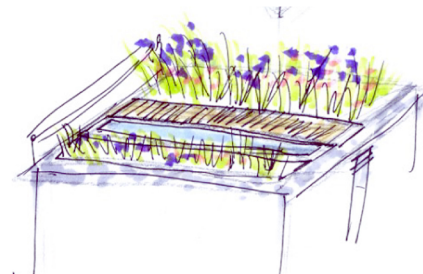


obr. 25 Situace širší vztahy
(Snazzymaps 2023)

5 Vlastní projekt

5.1 Koncept

Hlavním cílem bude vytvořit konceptní studii návrhu mokřadní střechy na základě shromážděných informací v literární rešerši. Studie se pokusí spojit funkci s estetikou a ukázat možné řešení pobytové mokřadní střechy, které by sloužilo jako podklad k diskuzi s odborníky z oborů statiky a technického zařízení budov.



obr. 26 Skica konceptu
(autorka práce 2023)

5.2 Popis projektu

Mokřadní střecha bude složena z kořenové čistírny s podpovrchovým průtokem a z vodní nádrže na zachytávání dešťové vody. Pobytovou část bude tvořit molo z ocelové síťoviny.

Předčištěná voda ze septiků bude potrubím přivedena na střechu, kde bude vypouštěna na nejvyšší část kořenové čistírny. Mokřadní rostliny si z vody vezmou potřebné živiny, čímž ji vyčistí. Čistá voda projde ocelovou sítí na zachytávání větších vyplavených částic a začne se hromadit ve vrstvě říčního kameniva odkud bude přetékat do okapního žlabu, který vodu odvede do podzemní nádrže.

Vodní nádrž bude zachytávat dešťovou vodu, která bude příjem naplnění také odvedena do podzemní nádrže. Estetickou funkci doplní plovoucí vodní rostliny. V případě sucha a nedostatku srážek bude jezírko doplněno nasměrováním okapu z čistou vodou z kořenové čistírny.

Pobytové molo bude sloužit k individuálním rekreačním účelům jako je opalování nebo relaxace. Díky průsvitné konstrukci bude možné kontrolovat průtok a zároveň být zapojen do děje mokřadní střechy díky jemnému zvuku tekoucí vody a rostlinami prorůstajícími skrz ocelovou síťovinu.

5.2.5 Osazovací plán

Konzultat: Ing. Pavel Matiska Ph.D.



1. *Phragmites australis* 16
2. *Filipendula ulmaria* 11
3. *Schoenoplectus lacustris* 11
4. *Juncus effesus* 10
5. *Lythrum salicaria* 34
6. *Phragmites australis* 'Variegata' 12
7. *Glyceria maxima* 27
8. *Sparganium erectum* 10
9. *Carex aculiformis* 20
10. *Carex hartmanii* 8
11. *Nymphoides peltata* 70
12. *Iris pseudacorus* 'Variegata'

obr. 31 Osazovací plán
(autorka práce 2023)

5.2.6 Vizualizace



obr. 32 Vizualizace
(autorka práce 2023)

5.2.7 Rozpočet

rozpočet základních materiálů				
materiál	měrná jednotka	počet m.j.	cena za m.j.	cena celkem
polyethylenová fólie	m ²	100	13,92	1 392,00 Kč
tepelná izolace Fibran XPS	m ³	30	3805	114 150,00 Kč
hopová fólie	m ²	63	358,86	22 608,18 Kč
hydroizolační PVC-fólie	m ²	27	490,96	13 255,92 Kč
ochranná geotextilie	m ²	27	24,95	673,65 Kč
písek bílý	m ³	0,54	750	405,00 Kč
perlinka	m ²	54	114	6 156,00 Kč
říční hladké kamenivo	m ³	897	10,35	9 283,95 Kč
stěrkové pěnosklo	m ²	2,7	2695	7 276,50 Kč
svalovaná ocelová vana	m ²	18	6535	117 630,00 Kč
nerozové ocelové moře	m ²	18	2467	44 406,00 Kč
okapový žlab	m	9	114	1 026,00 Kč
sábradlí nerezové ocelové	m	20	2560	51 200,00 Kč
septik	ks	1	33000	33 000,00 Kč
čerpací jímka	ks	1	17000	17 000,00 Kč
sartiment rostlin				
<i>Phragmites australis</i>	ks	16	69	1 104,00 Kč
<i>Filipendula ulmaria</i>	ks	11	69	759,00 Kč
<i>Schoenoplectus lacustris</i>	ks	11	85	935,00 Kč
<i>Juncus effesus</i>	ks	10	79	790,00 Kč
<i>Lythrum salicaria</i>	ks	34	78	2 652,00 Kč
<i>Phragmites australis</i> 'Variegata'	ks	12	69	828,00 Kč
<i>Glyceria maxima</i>	ks	27	69	1 863,00 Kč
<i>Sparganium erectum</i>	ks	10	85	850,00 Kč
<i>Carex acutiformis</i>	ks	20	129	2 580,00 Kč
<i>Carex hartmanii</i>	ks	8	85	680,00 Kč
<i>Nymphoides peltata</i>	ks	70	75	5 250,00 Kč
<i>Iris pseudocorus</i> 'Variegata'	ks	106	85	9 010,00 Kč
materiál celkem				466 764,20 Kč
odhadovaná cena práce celkem				466 764,20 Kč

6 Diskuze

Téma mokřadní střechy se prolíná mnoha obory jako je stavební architektura nebo technické zařízení budov a pojmout informace ze všech těchto oborů nebylo cílem práce. Práce k tématu přistupuje hlavně z hlediska zahradní a krajinné architektury.

První kapitoly jsou zaměřené na přirozené vyskytující se přírodní mokřady. Téma přírodních mokřadů je světově detailně zkoumáno a existuje celá řada odborné literatury. V této práci jsou však zmíněny jen základní informace pro potřeby pochopení a seznámení se s mokřadními ekosystémy ve vztahu k mokřadním střechám.

Umělé mokřady a přizemní kořenové čistírny jsou široce obsáhlým samostatným tématickým celkem, který dokážou pojmut práce zaměřené konkrétně jen na toto téma. Zde jsou přiblíženy jen v jedné samostatné kapitole, pro pochopení základní souvislosti s tématem této práce.

Rovněž téma zelených střech je zde jen lehce nastíněno v menších kapitolách. Zelené střechy s mokřadními úzce souvisí a tato témata se prolínají nejen konstrukčně, ale i pojmově. Tento vztah by mohl být detailněji zkoumán a řešen v dalších pracích.

Navzdory rostoucímu zájmu o mokřadní střechy a jejich zavádění v městských oblastech existuje značná mezera v dostupných informacích o jejich dlouhodobě fungujících realizacích a problémech. Příčinou toho může být široký rozsah publikací od neobjektivně působících podnikatelů, kteří se budováním mokřadních střech žijí. Tudiž informace od těchto zdrojů nemusí být úplně přesné a mohou jim chybět informace, které jsou výrobním tajemstvím pro případ kopírování. Rovněž mohou být zatajovány některé technické nedostatky, které se projevují až ve funkčnosti realizací, neboť informací o dlouhodobě fungujících realizacích není mnoho. V tomto případě by bylo vhodné podniknout celosvětové sociologické šetření, které by zkoumalo názory, postřehy a připomínky nezaujatých majitelů těchto realizací.

Jak již bylo zmíněno, vyhledávání zdrojů informací také limitují nepřímou určené hranice pojmů zelených, vegetačních a mokřadních střech. Tyto pojmy se prolínají a jejich názvy v dalších jazycích tvoří další a další nová pojmenování. Díky této nejasné hranici pojmů je vyhledávání informací značně komplikováno.

Ze shromážděných informací v bakalářské práci je ale zřejmý reálný potenciál mokřadních střech, který je třeba v oblasti technologie mokřadních střech rozvíjet, neboť adaptabilní řešení na změnu klimatu jsou nevyhnutelná.

7 Závěr

Práce se pokusí základně shrnout a přehledně přehledně shrnout rostoucí objem informací o technologiích mokřadních střech a poskytnout lehký náhled do jejich výhod a problémů jako strategie udržitelného urbanistického designu. Snažila se přistupovat k tématu od celku k detailu. První kapitoly shrnují základní informace o přirozených mokřadech v přírodě a jejich nejen ekologickému významu. Následuje popis umělých mokřadů ze kterých vychází mokřadní střechy. V závěru literární rešerše jsou uvedeny realizace z ČR i zahraničí, ze kterých vychází praktická část práce. Na základě získaných informací byla vytvořena koncepční studie návrhu pobytové mokřadní střechy, která by mohla sloužit jako podklad pro diskuzi s odborníky z navazujících profesí. Součástí praktické části je půdorys pohledový, půdorys technický, půdorys spádové vrstvy, řez osazovací plán a vizualizace. Hlavním mottem návrhu je udělat funkci krásnou a krásu funkční. Tato práce může sloužit jako obecný přehled pro lidi nezavěšené do tohoto tématu a seznámit je se základními informacemi nejen o mokřadních střechách, ale také o přírodních mokřadních ekosystémech. Široké prolínání tohoto tématu s dalšími obory přináší s novými informacemi i nové otázky, které by bylo vhodné zodpovědět v dalším výzkumu nebo v rozsáhlejších pracích. Vytýčené cíle této práce byly splněny.

8 Literatura

- Aikred M, Baines S. 2016. Effects of wetland plants on denitrification rates: a meta-analysis. *Ecological applications* 26:676-685. ECOLOGICAL SOCIETY OF AMERICA, United States. Available from <https://goxlibris.lnk/qzG9nz7>.
- Alves L, Vazquez E, Pezcanha L, Naled A. 2020. Proposal for Implementation of Green Roof Project Using the Wetland Technique. *Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems* vol. 8:268-280. Available from <http://www.elsevier.org/elsevier/pi/S270223> (accessed 2022-06-24).
- Archweb. 2023. Experimentální objekt ve Slavkově u Brna. © Archweb, s.r.o. 1997-2023. Available at <https://www.archweb.cz/b/experimentalni-objekt-ve-slavkove-u-brna> (accessed 2023-04-09).
- Bago M, Grenier L, Hutterhoff M, Tam L, Feinstein L, Smith J, Landgraf M, Freeman M. 2020. 1 PLANNING WITH NATURE. Pages:3-16. INTEGRATING PLANNING WITH NATURE. 2020 edition. SPUR (San Francisco Bay Area Planning and Urban Research Association), SPUR.
- Beránková M. 2016. Odpadní voda – odpad nebo poklad?. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace* vol. 58. Available from <https://www.vtel.cz/2016/04/odpadni-voda-odpad-nebo-poklad/> (accessed 2023-01-17).
- Beran L et al. 2017. Mokřady mezinárodního významu České republiky; Czech wetlands of international importance. 2017 edition. Ministerstvo životního prostředí, Praha.
- Bumberg M. 2020. Wetland roofs – a multifunctional green roof type - Basics and perspectives from engineering practice. *Ingenieurin Büro Bumberg Göttersroth* 10. Available from <https://www.bumberg-engineers.com> (accessed 2023-01-17).
- Bradford M, Wiedler W, Baran G, Fierer N, Raymond P, Crowther T. 2016. Managing uncertainty in soil carbon feedbacks to climate change. *Nature Climate Change* vol. 6:751-758. Available from <http://www.nature.com/articles/nclimate3071> (accessed 2023-01-20).
- Brandos O. 2018. Treking.cz. Ostrava. Available from <https://www.treking.cz/prroda/raseliniste.htm> (accessed 2023-02-02).
- Costanza R, Pérez-Maqueo O, Martinez M, Sutton P, Anderson S, Mulder K. 2008. The Value of Coastal Wetlands for Hurricane Protection. *AMBIO: A Journal of the Human Environment* vol. 37:241-248. Available from [http://www.bioline.org/dol/abstract/10.1578/0044-1447\(2008\)08<0241:VOCWPSD>2.0.CO;2](http://www.bioline.org/dol/abstract/10.1578/0044-1447(2008)08<0241:VOCWPSD>2.0.CO;2) (accessed 2023-01-15).
- Čermáková B, Mušková R. 2009. Ozeleněné střechy. 1. vyd. © 2022 Grada Publishing, a.s., Praha.
- Čáková H, Vlasáková L, Kveč J. 2017. Mokřady: ekologie, ochrana a udržitelné využívání / Hana Čáková, Libuše Vlasáková a Jan Kveč (editoři).
- Filipendula. 2023. Kofenovy. Filipendula s.r.o. Mlýnská Horáková 54a. 170 00, Praha 7. Available at <https://www.korenova-cs/cska.cz/mokradni-stechy-a-zahony/mokradni-stechy> (accessed January 21, 2023).
- Gam1893. 2020. Kofeny tropických stromů nebo mangrovníků tam pon v bažinatém lese a tekoucí vodě. *Klong Song Nam*. © 2023 iStockphoto. Available at <https://www.iStockphoto.com> (accessed April 17, 2023).
- Greenroofs. 2023. WETLAND ROOF – ISRAEL. © 2023 Greenroofs.com. Available at <https://www.greenroofs.com/project/wetland-roof-israel/> (accessed February 15, 2023).
- Horwitz P, Finlayson C. 2011. Wetlands as Settings for Human Health: Incorporating Ecosystem Services and Health Impact Assessment into Water Resource Management. *BioScience* vol. 61:676-688. Available from <https://academic.oup.com/bioScience/article-lookup/doi/10.1525/bio.2011.61.9.6> (accessed 2023-01-15).
- Huang Y, Chen C, Tsai Y. 2016. Reduction of temperatures and temperature fluctuations by hydroponic green roofs in a subtropical urban climate. *Energy and Buildings* vol. 129:174-185. Available from <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0378778816306193> (accessed 2023-01-21).
- Chaloupka V. 2003. Zákon č. 274/2001 Sb., v úplném znění k 1. lednu 2003 s rozlišením komentářem: vyhláška č. 428/2001 Sb., s komentářem. 2. vyd. se změnami reformy veřejné správy. Soudy, Praha.
- Chytrý J, Vlasáková L, Černý M, Refl J, Pykal J, Valčík M, Němec R, Mikátová B, Škivan L. 2015. Mokřady. *Přírodní svět* 2015:1-36. Česká společnost ornitologická (CSO), Praha 5 - Smíchov.
- Jahnes P, Gooddy D, Heaton T, Binley A, Kennedy M, Shand P, Prior H. 2020. Determining the Impact of Riparian Wetlands on Nutrient Cycling, Storage and Export in Permeable Agricultural Catchments. *Water* vol. 12. Available from <https://www.mdpi.com/2073-4447/12/11/187> (accessed 2022-11-07).
- Keddy P, Frazar L, Salomehch A, Jurk W, Campbell D, Arayo M, Alho C. 2009. Wet and Wonderful: The World's Largest Wetlands Are Conservation Priorities. *BioScience* vol. 59:39-51. Available from <https://academic.oup.com/bioScience/article-lookup/doi/10.1525/bio.2009.59.1.8> (accessed 2023-01-16).
- Knappp, Schmauck, Zehndorf. 2019. Biodiversity Impact of Green Roofs and Constructed Wetlands as Progressive Eco-Technologies in Urban Areas. *Sustainability* vol. 11. Available from <https://www.mdpi.com/2071-1050/11/20/5846> (accessed 2022-09-19).
- Kurz D, McGinty N, Stankovich S, Nowakowski A, Smith G. 2013. Restored Wetlands Can Support Mammalian Assemblages Comparable to Those in Nonregulated Reference Wetlands. *The American Midland Naturalist* vol. 170:260-273. Available from [http://www.bioone.org/doi/abs/10.1874/0003-0031\(2013\)170:260](http://www.bioone.org/doi/abs/10.1874/0003-0031(2013)170:260) (accessed 2023-01-15).
- Lamas K, Turpie J. 2009. Valuing the Provisioning Services of Wetlands: Comparing a Rural Wetland in Lesotho with a Peri-Urban Wetland in South Africa. *Ecology and Society* vol. 14:1-20. Available from <http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art18/> (accessed 2023-01-14).
- Lowelock C, Barber E, Duarte C, Knowlton N. 2022. Tackling the mangrove restoration challenge. *PLOS Biology* vol. 20. Available from <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3001836> (accessed 2022-11-07).
- Macklov J, Ranzell M, Lundholm J. 2011. Performance of dryland and wetland plant species on extensive green roofs. *Annals of Botany* vol. 107:671-679. Available from <https://academic.oup.com/abob/article-lookup/doi/10.1093/abob/abq007> (accessed 2022-06-24).
- Ministerstvo životního prostředí. 2023. Ramsarská úmluva o mokřadech. © 2008-2023 Ministerstvo životního prostředí. Available at <https://www.mzp.cz/hamsarska-umluva-o-mokradech> (accessed 2023-04-17).
- Milich W, Gosselink J. 2015. Wetlands. Fifth edition. John Wiley and Sons, Inc., Hoboken, NJ.
- Mingway R. 2022. Flamešár u jezera Naton. © 2023 iStockphoto. Available at <https://www.iStockphoto.com> (accessed April 17, 2023).
- Moravec J, Berez M. 2015. Fauna ČR. Vyd. 1. Academia, Praha.
- Murray C, Hamilton A. 2010. REVIEW: Perspectives on wastewater treatment wetlands and waterbird conservation. *Journal of Applied Ecology* vol. 47:976-985. Available from <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2664.2010.01853.x> (accessed 2023-01-15).
- Phibez. 2023. Rastlinářské a Soumarního moštu (Soumarníke rastliniste). Národní park Šumava. © 2023 iStockphoto. Available at <https://www.iStockphoto.com> (accessed April 17, 2023).
- Pihlar D, Melichar V, Pihlryl J, Kleina J, Vlasáková L. 2017. Biologický stav mokřadů České republiky a trendy jejich vývoje. První vydání. © Belec. z.s., Praha.
- Pngwing. 2023. World map. Available at <https://www.pngwing.com/en/free-png-nl61> (accessed April 17, 2023).
- Pražanová M. 2017. První domůs mokřadní střechou vnitroboku. Energeticky soběstačné budovy 6:20-22. Informační centrum ČKAII. Available at <https://www.est-magazin.cz/> (accessed April 17, 2023).
- Reisgraf. 2019. Krovové na pantanonské parkovány. © 2023 iStockphoto. Available at <https://www.iStockphoto.com> (accessed April 17, 2023).
- Reset. 2023. Smarte blaas-grüne Dächer für das Amsterdam der Zukunft. © 2023 Reset.org. Available at <https://reset.org/smarte-blaas-gruene-daecher-fuer-das-amsterdam-der-zukunft/10022019/> (accessed April 17, 2023).
- Robles B, Flores J, Martinez J, Herrera P. 2018. The Chinampas: An Ancient Mexican Sub-Irrigation System, Irrigation and Drainage. Available from <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ird.2310> (accessed 2023-02-01).
- Rihová D, Podražnáková S, Šadová J, Kocurková A, Dvořáková M, Beran L, Juřčíková L. 2022. Měkkýši PP Hnědčické louky v Praze (Molluscs of the Hnědčické louky Nature Monument in Prague). *Malacologica Bohemoslovaca* vol. 21:24-29. Available from http://molbo.cas.cz/pdf/21/21_Rihova.htm (accessed 2023-02-21).
- Schütz C, Marín Brufas M, Nuñez Pérez C, Del Aguila Villacorta M, Louren N, Lawson I, Roucoux K. 2019. Peatland and wetland ecosystems in Peruvian Amazonia: Indigenous classifications and perspectives. *Ecology and Society* vol. 24. Available from <http://www.ecologyandsociety.org/vol24/iss2/art12/> (accessed 2022-11-09).
- Snazymaps. 2023. Butler. Snazymaps. Available at <https://snazymaps.com/explore?text=butler&sort=&tag=&color=> (accessed February 15, 2023).
- Song U, Kim E, Bang J, Son D, Waldman B, Lee E. 2013. Wetlands are an effective green roof system. *Building and Environment* vol. 66:141-147. Available from <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0360132313001352> (accessed 2022-06-26).
- Thegic. 2022. Wetland Green Roof in London Thelving. © Green Infrastructure Consultancy Ltd 2022. Available at <https://thegic.com/2022/10/wetland-green-roof-in-london-thelving/> (accessed February 15, 2023).
- Tiner R. 1993. Using Plants as Indicators of Wetland. Proceedings of The Academy of Natural Science of Philadelphia:240-253. Available from <http://www.flor.org/italie/AR63008> (accessed 2023-04-17).

Turple J. 2010. Water quality amelioration value of wetlands: Wetlands play a significant role in removal of organic agricultural pollutants from rivers. *Environment for Development Initiative*. <http://www.jstor.org/stable/4828> (accessed 2023-04-17).

Vaidyanathan G. 2018. Imagining a climate-change future, without the dystopia. *Proceedings of the National Academy of Sciences* vol. 115:12832-12835. Available from <https://pnas.org/doi/full/10.1073/pnas.1619792116> (accessed 2023-11-09).

Valko A. 2005. Water-level fluctuations in North American prairie wetlands. *Hydrobiologia* vol. 539:171-188. Available from <http://link.springer.com/10.1007/s10750-004-4866-3> (accessed 2023-01-14).

Vo T., Bui X., Nguyen D., Nguyen V., Ngo H., Guo W., Nguyen P., Nguyen C., Lin C. 2018. Wastewater treatment and biomass growth of eight plants for shallow bed wetland roofs. *Bioresour. Technol.* 247:992-998. Elsevier Ltd, England. Available from <https://go.ejournals.org/doi/abs/10.1016/j.biortech.2018.05.045>

Vodní hospodářství. 2023. Vertikální kořenový filtr – pohled na povrchové rozložení rozkladovacího potrubí. © 2021 Vodní hospodářství. Available at <https://vodnihospodarstvi.cz/kořenové-citřny/> (accessed April 17, 2023).

Vymazal J., Štěrničková P., Kršňák J., Dvořáková Březinová T., Černý Pivoňka K., Bierhanzl B. 2017. Umělé mokřadní systémy pro snížení koncentrace dusíku a fosforu v povrchových vodách zemědělských krajín. Vydání první. © 2021 Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta životního prostředí, Praha.

Witoldowski A et al. 2019. The Hydroecology of an Ephemeral Wetland in the McMurdo Dry Valleys, Antarctica. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences* vol. 124:3814-3830. Available from <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2019JG005153> (accessed 2023-02-14).

Zapater-Pereyra M., Lavrić S., van Dieri F., van Bruggen J., Lens P. 2016. Constructed wetroofs: A novel approach for the treatment and reuse of domestic wastewater. *Ecological Engineering* vol. 94:545-554. Available from <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0925857416302877> (accessed 2023-01-22).

Zedler J., Kercher S. 2005. WETLAND RESOURCES: Status, Trends, Ecosystem Services, and Restorability. *Annual Review of Environment and Resources* vol. 30:39-74. Available from <https://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev.energy.30.050504.144248> (accessed 2022-11-09).

Zehndorf A., Blumberg M., Müller R. 2019. Helophyte mats (wetland roofs) with high evapotranspiration rates as a tool for decentralised rainwater management – process stability improved by simultaneous greywater treatment. *Water Supply* vol. 19:808-814. Available from <https://iwaponline.com/ws/article/19/3/808/62842/Helophyte-mats-wetland-roofs-with-high> (accessed 2023-01-21).

Zehndorf A., Stock N., Richter J., Blumberg M., Müller R. 2016. Grauwassereinigung mit einer Suntrapflanzmatte unter Praxisbedingungen. *Chemie Ingenieur Technik* vol. 88:1138-1144. Available from <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/cite.201500185> (accessed 2022-06-26).

Zehndorf A., Willebrand K., Trautzsch R., Knechtel S., Blumberg M., Müller R. 2019. Wetland Roofs as an Attractive Option for Decentralised Water Management and Air Conditioning Enhancement in Growing Cities—A Review. *Water* [Basel] 11:1846. MDPI AG, Basel. Available from <https://go.ejournals.org/doi/abs/10.3390/w11091846>

Seznam obrázků

Obrázek 1 Mangroviny v provincii Krabi v Thajsku (Gam1893 2020).....	13
Obrázek 2 Pastva dobytku v oblasti Pantanal v Brazílii (Reisgraf 2019).....	15
Obrázek 3 Mapa světa (Pngwing 2023).....	16-17
Obrázek 4 Jezero Natron v Tanzánii (Rahim Mngwaya 2022).....	18-19
Obrázek 5 Národní park Šumava (Phbcz 2023).....	21
Obrázek 6 Kořenová čítrna (Vodní hospodářství 2023).....	22
Obrázek 7 Schéma umělých mokřadů (autorka práce 2023).....	22
Obrázek 8 Grafika pojmu (autorka práce 2023).....	23
Obrázek 9 Schéma mokřadních sítích (autorka práce 2023).....	25
Obrázek 10 Mokřadní síť v létě (Filipendula 2023).....	26
Obrázek 11 Mokřadní síť v zimě (autorka práce 2023).....	26
Obrázek 12 Schéma mokřadních sítích (autorka práce 2023).....	27
Obrázek 13 Detail vegetační části mokřadní sítě (Blumberg 2020).....	27
Obrázek 14 Technická textlie (Blumberg 2020).....	27
Obrázek 15 Prokázaná technická textlie (Blumberg 2020).....	27
Obrázek 16 Mokřadní síť v Praze (Blumberg 2020).....	28
Obrázek 17 Stavba Liko-Noe v Brna (Archweb 2023).....	28
Obrázek 18 Mokřadní síť v Londýně (Thegic 2022).....	28
Obrázek 19 Mokřadní síť v Německu (Blumberg 2020).....	28
Obrázek 20 Mokřadní síť v Kravíně (Zehndorf et al. 2019).....	29
Obrázek 21 Osazení mokřadní sítě ve Švýcarsku (Blumberg 2020).....	29
Obrázek 22 Menší mokřadní síť v Německu (Blumberg 2020).....	29
Obrázek 23 Mokřadní síť v Izraeli (Greenroofs 2023).....	29
Obrázek 24 Pohled na dům (projekt od ps architekti 2022).....	30
Obrázek 25 Situace tří vztahů (Snazymaps 2023).....	30
Obrázek 26 Škica konceptu (autorka práce 2023).....	31
Obrázek 27 Řez (autorka práce 2023).....	32
Obrázek 28 Architektonický půdorys (autorka práce 2023).....	33
Obrázek 29 Půdorys spádové vrstvy (autorka práce 2023).....	34
Obrázek 30 Půdorys technický (autorka práce 2023).....	35
Obrázek 31 Osazovací plán (autorka práce 2023).....	36
Obrázek 32 Vizualizace (autorka práce 2023).....	37