

Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulta životního prostředí
Katedra vodního hospodářství a environmentálního
modelování

Využití dešťové vody

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vedoucí práce: Prof. Ing. Pavel Pech
Bakalant: Vadym Kalynyak

© 2024 ČZU v Praze

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: Využití dešťové vody vypracoval samostatně a citoval jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použil a které jsem rovněž uvedl na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědom, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědom, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR

V dne

.....

(Podpis autora práce)

Poděkování:

Rád bych poděkoval prof. Ing. Pavel Pech za odborné vedení práce, cenné rady a vstřícnost při konzultacích při vypracování bakalářské práce.

Obsah

1. Úvod práce.....	6
2 Dešťová voda.....	7
2.1 Základní informace.....	7
2.2 Dešťová voda v hospodářství.....	7
3 Systém využití dešťových vod v domácnosti.....	8
3.1 Odvodňovací systém.....	9
3.2 Nádrže na sběr dešťové vody.....	10
3.2.1 Sklolaminátová nádrž.....	10
3.2.2 Polyethylenové nádrže.....	11
3.2.3 Vnitřní polyethylenové nádrže.....	11
3.2.4 Dřevěné nádrže.....	11
3.2.5 Kovové nádrže.....	11
3.2.6 Betonová nádrž.....	11
3.2.7 Ferocementové nádrže.....	12
3.2.8 Kamenné nádoby.....	12
3.3 Filtrace a čištění.....	12
3.3.1 Ultrafiltrace.....	12
3.3.2 Reversní osmóza.....	13
3.3.3 Dezinfekce vody chlorací.....	15
3.4 Řízení a měření.....	16
4. Dešťová voda z ekonomického pohledu.....	16
4.1 Potřebné údaje pro výpočet.....	16
4.1.1 Účely.....	16
4.1.2 Rozsah a objem využití dešťové vody.....	16
4.1.3 Potřeba vody pro různé úkoly.....	17

4.2 Výpočet.....	17
4.2.1 Průměrné množství využívané vody rodinou za rok.....	18
4.2.2 Cena stočného a vodného.....	18
4.2.3 Cena celého systému využití dešťové vody.....	19
4.2.4 Průměrné množství dešťové vody.....	19
4.2.5 Srovnání.....	20
5. Dešťová voda ve světě.....	20
5.1 Afrika.....	20
5.1.1 Déšť v Africe.....	20
5.2 Sběr dešťové vody v Africe.....	20
5.2.1 The Warka Water Tower.....	21
5.3 Cisterna Jerabatan v Istanbulu.....	22
6. Závěr.....	23
7. Zdroje a seznam literatury.....	24

1. Úvod práce

Kvalitní přírodní pitná voda se dnes stává vzácností. Nejde jen o neustálý růst tarifů za něj, ale také o přehnanou spotřebu, včetně zalévání rostlin na zahradě. a tak ve jménu úspor mnoho lidí zvažuje, zda mají splachovat do kanalizace, mýt auto nebo zavlažovat svůj zahradní pozemek. K tomuto účelu lze přece využít dešťovou vodu. Problematika opakovaného využití dešťové vody proto nabývá čím dál, tím většího významu.

Srážky v různých regionech mohou být vydatné i méně vydatné. Při průměrném ročním úhrnu srážek 700 l/m² a 25% ztrátě vypařováním však lze na pozemku o rozloze 200 m² shromáždit přibližně 105 m³ využitelné dešťové vody. Není obtížné spočítat, kolik pitné vody odebrané z nádrží, vrtů a studní lze během roku ušetřit pro okres, region nebo celou zemi. Snížení odběru podzemní vody navíc prospívá i životnímu prostředí.

a) Cíle práce

Cílem práce je ukázat výhodu využití dešťových vod v domácnosti, pro jaké účely se dá využívat a jakým způsobem bude vše organizováno na příkladu obyčejného rodinného domu, zjistit jakou částku a jaké množství vody ušetříme se systémem pro využití dešťové vody a jaký vliv této systém má z hlediska ekonomické a ekologické stránky.

b) Metodika práce

Pozorování a popisování systému dešťových vod. Každou část systému popisují zvlášť tak, aby různé typy částí byly rozdělení a lehce dohledatelní v práci. Výpočet potřeby vody a vliv na ekonomickou stránku s použitím čisté nebo dešťové vody je důležitou částí mé práce. Nejdříve je nutné stanovit, pro jaké účely budeme používat dešťovou vodu. Následně vybereme systém sběru a využití dešťových vod a vypočteme, kolik peněz ušetříme ročně a za jakou dobu naše peníze, které utratíme na systém, vrátí zpět k nám.

2. Dešťová voda

2.1 Základní informace

Dešťová voda je jednou z nejběžnějších forem srážek. Hlavním zdrojem dešťové vody je odpařování ze suchozemských rostlin a také z vlhkého povrchu půdy a vodních ploch. Množství vody, které se současně nachází v zemské atmosféře, je skutečně obrovské, například jeden dešťový mrak může obsahovat až několik set tun vody.

Koloběhem vody nazýváme stálý oběh povrchové a podzemní vody v přírodě, který bývá dvou typů:

- Malý koloběh vody v přírodě – voda vypařováním se dostává z oceánu do vzduchu kde následně spadá zpět do oceánu ve formě srážek.
- Velký koloběh vody v přírodě – voda vypařováním se dostává z oceánu do vzduchu kde následně je transportována větrem nad pevninu a ve formě srážek voda se spadá na zemský povrch.

2.2 Dešťová voda v hospodářství

Použití dešťové vody v hospodářství je především výhodné z ekonomické a ekologické stránky, kde ji můžeme využívat pro každodenní potřeby jako jsou například zavlažování zahrady, praní prádla, splachování toalety nebo pro běžný úklid. S využitím systému dešťových vod můžeme ušetřit až polovinu pitné vody, kterou používáme pro výše uvedené činnosti.

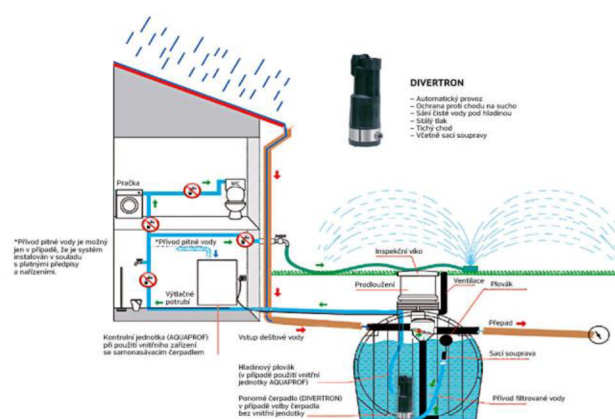
Dešťová voda neobsahuje chlór, a proto je pro zalévání zahradních rostlin a zeleninových záhonů vhodnější než pitná voda. Díky sníženému obsahu vápníku je vhodná pro praní prádla. Studie ukazují, že chemické a bakteriologické parametry dešťové vody nepřekračují limitní hodnoty stanovené příslušnými normami pro vodu ke koupání.

Shromážděná dešťová voda je ideální pro zavlažování a domácí spotřebiče, jako je toaleta, pračka, myčka. Tato řešení jsou vhodná pro instalaci v:

- Soukromých domech
- Letní domech a víkendových chatách
- Nákupních centrech
- Školách a kancelářských budovách
- Nemocnicích a pečovatelských domech
- Zahradních centrech

3. Systém využití dešťových vod v domácnosti

Systém sběru a využití dešťové vody je poměrně jednoduchý. Voda stékající ze střechy se dostává do žlabu přes odtokový kanál a prochází přes instalovaný v ní hrubý filtr. Přefiltrovaná voda je vedena potrubím do nádrže instalované ve sklepě domu nebo zakopané v zemi na pozemku. Důležité je, aby nádrž byla chráněna před světlem, jinak by se ve vodě mohly objevit řasy a bakterie. Kromě toho musí být voda v nádrži chladná. Voda se z nádrže čerpá ke spotřebiteli.



Obrázek 1: Schématické zobrazení zařízení na využití dešťových vod – IVAR CS spol. s r.o.

Systém pro sběr a využití dešťové vody se skládá s několika hlavních komponentu, z nichž každá má svou odlišnou funkci. Tyto komponenty jsou:

- Žlaby a svody
- Nádrže na sběr dešťové vody
- Filtrace a čištění
- Řízení a měření
- Systém využití

3.1 Odvodňovací systém

Odvodňovací systém je počátečním komponentem systému sběru dešťových vod, který je umístěn na střeše budovy a umožňují odvádění stékající vody do nádrží. Podle organizačního charakteru můžeme odvodňovací systém rozdělit do těchto dvou skupin:

- Organizovaný odvodňovací systém – dešťová voda odtéká systémem žlabů a svislých potrubí do kanalizace (v našem případě do nádrže)
- Neorganizovaný odvodňovací systém – dešťová voda není jakýmkoliv způsobem organizovaná, teče po fasádě a jí poškozuje.

Podle materiálu odvodňovací systém rozdělujeme:

- Plástové:
 - Výhody: Nekoroduje, odolnost proti UV záření, malá hmotnost, dobré protihlukové účinky, snadná montáž
 - Nevýhody: životnost (kolem 15-20 let), špatná odolnost vůči náhlým změnám teplot
- Kovové:
 - Výhody: odolnost vůči náhlým změnám teplot (může se používat i v nepříznivých podmínkách), životnost až 100 let
 - Nevýhody: cena a obtížná montáž

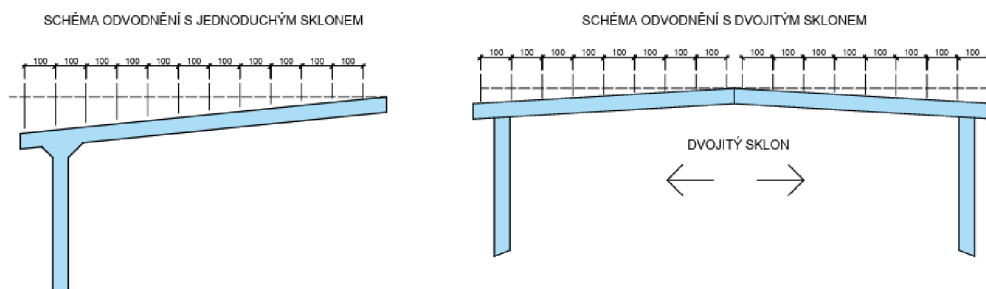
Aby náš odvodňovací systém fungoval správně a mohl odnášet veškerou dešťovou vodu, která nám spadne na střechu, musíme správně navrhnout průměr žlabu a svodu.

Plocha střechy (m ²)	Průměr žlabu (mm)	Průměr svodu (mm)
<100	70-115	50-70
100	115-130	75-100
>100	140-200	90-160

Tabulka 1 – rozměry žlabu a svodu podle plochy střechy

Podle typu sklonu odvodňovací systém rozdělujeme na:

- Systém s jednoduchým sklonem
- Systém s dvojitým sklonem



Obrázek 2 – typy odvodňovacích systému podle sklonu

Při volbě typu odvodňovacího systému podle sklonu musíme dávat pozor na délku zdi, u které bude potrubí montováno. Při délce do 12 m používáme systém odvodnění s jednoduchým sklonem, přičemž u délky zdi do 24 m používáme systém odvodnění s dvojitým sklonem.

Veškeré parametry závisí na skutečných rozměrech a typu střechy. Plocha střechy nám určuje velikost žlabu a svodu. Na základě těchto parametrů se určují počet a umístění žlabů a trubek, což dává možnost správně vypočítat konfiguraci budoucích odvodňovacích sítí.

3.2 Nádrže na sběr dešťové vody

Nádrže na sběr dešťové vody jsou zpravidla nejdražší součástí systému využití dešťových vod. Správný výběr nádrže pro náš rodinný dům je ovlivňován mnoha faktory, jako jsou například naše finanční možnosti, umístění nádrže a místo našeho bydlení. Při výběru velikosti nádrže je potřeba zvažovat množství srážek v naší oblasti, plochu zachytané jímky a délku bezdešťového období. Níže jsou přestaveny různé typy nádrží:

- 3.2.1 Sklolaminátová nádrž – lehká, levná a odolná. Jsou vyráběné v různých rozměrech a mohou být buď malé (150 litrů) nebo mnohem větší (klidně až 50 000 litrů). Nádrže s objemem do 4000 litrů jsou dražší kvůli obtížnosti výroby. Hlavní výhodou těchto nádrží je možnost jednoduchých a rychlých oprav v případě potřeby.

- 3.2.2 Polyetylenové nádrže – v dnešní době jsou nejběžnějšími a nejprodávanější typy nádrží a mohou být umístěny jak na povrchu, tak i pod povrchem. Při umístění do hloubky je potřeba použít specializované a zesílené nádrže kvůli rozpínání a smršťování zeminy. Polyetylenové nádrže se vyrábějí v objemech 200 až 40 000 litrů, jsou lehčí než sklolaminátové nádrže a rychle ztrácejí svou barvu. Při použití černé barvy by se měli nádrže umístit do stínu nebo zakopat kvůli pohlcování světla a tepla.
- 3.2.3 Vnitřní polyetylenové nádrže – jsou dražší než více zmiňované nádrže, a to kvůli vysokým nákladům při výkopových pracích a instalaci, zvláště obtížná je montáž u hloubky větší než 60 cm. Půda s vysokým obsahem jílu není doporučena pro tento typ nádrží z důvodu smršťování a rozpínání jílu v průběhu času.
- 3.2.4 Dřevěné nádrže – převážněji se vyrábějí z mahagonu, který má estetické a atraktivní vzhled a obsahuje dobrý konzervační prostředek – tanin, který je vynikající proti hmyzu a rozkládání materiálu. Také tento materiál má skvěle izolovatelné vlastnosti, kdy za vysokých teplot udržuje vodu studenou. V moderních nádržích se spíše používá borovicový, cypřišový nebo cedrový typ dřeva. Pro zvětšení odolnosti se obkládají odolným plastem. Jejich velikost a objem se může různě lišit, kde mohou být s malým objemem kolem 2100 litrů až velmi velké s objemem 12 000 litrů. V případě potřeby dřevěné nádrže se dají demontovat a přemístit na jiné místo.
- 3.2.5 Kovové nádrže – atraktivní volbou také mohou být kovové nádrže z pozinkovaného plechu. Vyrábějí se buď v malých objemech s kapacitou 500 litrů, nebo klidně i středně velkých objemech s kapacitou až 8 000 litrů. Většina nádrží je vyráběna z vlnité pozinkované oceli napuštěné žárovým zinkem, zvyšujícím odolnost proti korozi a obvykle jsou vyloženy polyethylenem nebo PVC. Používají se výhradně na povrchu. U některých starých nádrží při výrobě se používalo olovo. Tento materiál je pro zdraví velmi škodlivý, proto je potřeba se mu vyhnout. Mosazné armatury by neměly být připojeny přímo k nádrži, mohlo by to způsobit korozi.
- 3.2.6 Betonová nádrž – nejuniverzálnější typ nádrže. Mohou být odlity z betonu na místě nebo na továrně. Dají se použít na povrchu nebo i pod povrchem. Jejich výroba není nějak složitá, spousta majitelů vyrobí si je sami. Mohou být velmi atraktivní a jsou snadno integrovány na vhodné místo, buď na terasu nebo i klidně do sklepa. Hlavní výhodou je ale, že postupem času snižuje korozivitu dešťové vody. Betonové nádrže se praskají a prosakují.

- 3.2.7 Ferocementové nádrže – jsou nádrže z kompozitního materiálu, který se skládá z oceli a stavebních hmot. Tyto nádrže jsou celkem odolné a levné a můžou být buď nadzemní nebo podzemní. Nejvíce jsou používány v zemích třetího světa a můžou být postaveny buď dodavatelem nebo klidně i majitelem domů. Většinou tyto nádrže jsou konstruovány z betonu, ale mají několik vrstev drátěného pletiva (omotaný specializovaným drátem). Důležitý je, aby při výrobě této nádrže ferocementová směs neobsahovala žádné toxické složky. Doporučením je natřít této nádrže bílou barvou, která má dobrou vlastnost odrazet sluneční světlo a také snižuje odpařování.
- 3.2.8 Kamenné nádoby – nádoby z kamene má dvě hlavní výhody: zvýšení atraktivity nádrží a udržování vody v horkém počasí. Stejně jako u výše zmiňovaných nádrží, u kamenné nádrže, při výrobě, je potřeba dbát, aby směs neobsahovala žádné toxické materiály. Jsou vyráběné na míru, takže můžou mít specifický a zajímavý design. Další důležitou výhodou daného typu nádrží je, že při správně postavením a udržování mohou vydržet až několik desítek let.

3.3 Filtrace a čištění

Dešťová voda musí být filtrována ještě před tím, než se dostane do naší nádrže. I zdánlivě čistá dešťová voda může obsahovat mikroorganismy a příměsi, které dělají vodu nevhodnou pro použití v domácnosti, a proto by měli projít filtrací.

3.3.1 Ultrafiltrace

Dešťová voda ze střechy pod vysokým tlakem prochází systémem mikroskopických membrán. Tímto způsobem jsou odstraněny veškeré nečistoty, rez a mnoho dalších různých příměsí s rozměry od 0,005 až 0,1 mikronu. Póry membrány, kterými nečistoty procházejí, jsou mnohem menší než velikost veškerých virů nebo bakterií, takže jednoduše tyto nečistoty danou bariérou neprojdou. Voda, která je filtrována daným způsobem, neztrácí své stopové minerály.

Před čím chrání ultrafiltrační membrána:

S pomocí ultrafiltrace můžeme se zbavit až 99 % škodlivých mikroorganismu ve vodě, což nemůžeme dosáhnout obvyklými způsoby čištění. Ultrafiltrační membrána je schopná odstranit:

- Mikroorganismy
- Koloidy
- Molekuly bílkovinných sloučenin
- Suspendovaný částice

Po čištění voda prochází přes speciální cartridge, který zlepšuje chuť a vůni vody.

Výhody:

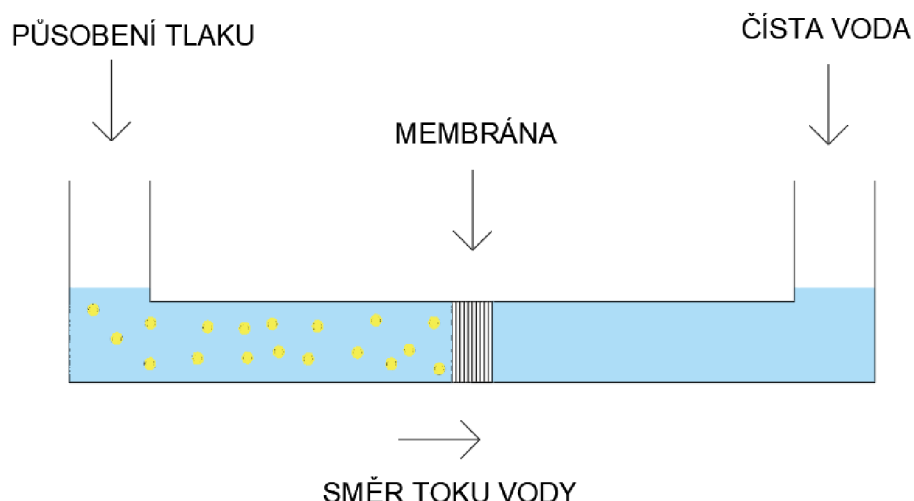
Ultrafiltrace je schopná vyčistit vodu jakékoliv kvality, buď dešťovou vodu nebo klidně i říční. Celkový proces je plně automatizovaný, což zajišťuje rychlost celkového procesu a také zajištění nízkých provozních nákladů. Ultrafiltraci můžeme rozmístit i v těžko přístupných místech. V porovnání s výslednou vodou, celková cena ultrafiltraci je poměrně nízká, navíc v budoucnu není potřeba kupovat každý měsíc filtry, což bude mít pozitivní dopad na náš rozpočet.

3.3.2 Reversní osmóza

Veškeré metabolické procesy, které známe v živé přírodě, jsou založeny na přírodním jevu zvaném osmóza. Je to vlastně proces, při kterém buňky organismu přijímají živiny a zbavují se odpadních produktů.

V každé kapalině existuje hydrostatický tlak, který vzniká v důsledku gravitace: horní vrstvy tlačí na spodní. Každá buňka má membránu, která propouští vodu, ale pouze pokud jsou v ní rozpuštěny některé látky. Méně koncentrovaný roztok bude vždy přecházet do roztoku s vyšší koncentrací, dokud se jejich koncentrace nevyrovnají. Tlak, při kterém je tohoto stavu dosaženo, se nazývá osmotický tlak. (Ivan Slavin, 2023)

Reverzní osmóza je proces, při kterém se voda pod tlakem protlačuje přes polopropustnou membránu, čímž se účinně odstraní většina nečistot. Tato technologie odděluje čistou vodu od špinavé tím, že pomocí fyzikálního tlaku protlačuje vodu membránou, jejíž póry jsou tak malé, že zachytí i ty nejmenší nečistoty (až 0,001 mikronu)



Obrázek 3 – Schéma čištění vody v reverzní osmóze

Domácí systémy reverzní osmózy jsou obvykle určeny k instalaci pod kuchyňský dřez a jsou schopny upravit 50 až 400 litrů vody denně, což je ideální pro rodinné použití. Jsou kompaktní, snadno se instalují a udržují a poskytují vysoce kvalitní pitnou vodu přímo z kohoutku. Diskuse o škodlivosti reverzní osmózy neztrácí mezi spotřebiteli a odborníky svou aktuálnost. V centru pozornosti je schopnost této technologie odstraňovat nejen škodlivé, ale i užitečné minerály, stejně jako různé mýty spojené s jejím používáním.

Udržování systému reverzní osmózy je velmi důležité je velmi důležité pro nepřetržitý přístup k pitné vodě. Pravidelná výměna části a správná údržba nejen prodlužuje životnost ale i také poskytuje vysoký stupeň čištění vody od škodlivých nečistot.

Aspekty údržby systému:

- Výměna filtru: hlavním aspektem dlouhodobé údržby systému je včasná výměna filtru. Před filtry, které zachycují hrubé částice, uhlíkové filtry a které zachycují chlor by se měli vyměňovat každých 6-12 měsíců. Jak často ale záleží na objemech používané regulérně, zápachu a chuti čisté vody.
- Péče o membrány: membrána systému reverzní osmóze potřebuje zvláštní pečlivost, kvůli tomu, že je hlavním čističem vody. Životnost membrány je 1-3 roky, bez ohleduplné pečlivosti tato doba se může výrazně snížit.

- Diagnostika systému: Pravidelná diagnostika může určit, zda je třeba vyměnit filtry nebo membrány, a identifikovat případné problémy se systémem. Použití měřiče TDS k měření celkového obsahu rozpuštěných látek může být dobrým ukazatelem kvality filtrace vody.
- Prevence a čištění: Komplexní preventivní čištění a dezinfekce skladovací nádrže by se měla provádět alespoň jednou ročně. Tím se zabrání růstu bakterií a mikroorganismů v systému a udrží se vysoká úroveň čištění vody.

Dodržování výše uvedených doporučení způsobí dlouhodobou funkčnost reversního osmóza, vždy zajistí přístup k čisté pitné vodě, a hlavně pravidelná kontrola je také nákladově efektivní řešením, které předchází nutnosti nákladných oprav nebo výměny systému.

3.3.3 Dezinfekce vody chloraci

Chlorace je vlastně dezinfekce vody, která je znečištěna různými bakteriemi a nečistotami. Tato metoda ošetřuje kapalinu chlorem a jeho sloučeninami, což způsobuje k odstranění mikroorganismu a nečistot ve vodě. Tato metoda je významná svým úspěchem v oblasti preventivní medicíny a hygieny, neboť umožnila zastavit šíření nebezpečných střevních infekcí. Při chloraci se do vody přivádí kapalný chlor, který reaguje s vodou za vzniku kyseliny chlorovodíkové a při její disociaci vzniká aktivní chlor, který má dezinfekční účinek.

Hlavními výhodami chloraci je:

- Metoda je levná, lehce dostupná
- Přечиštěnou vodu lze konzervovat
- Zachovává své vlastnosti po dlouhou dobu
- Odstraňuje cizí pachy a barvu
- Dosáhnutí vysokého stupně dezinfekce

Skladování a přeprava sloučenin chlóru jsou velmi náročné, protože v případě úniku hrozí potenciální riziko pro lidské zdraví. Při vniknutí chlóru do lidského těla přes kůži nebo dýchací cesty dochází k rakovině trávicího traktu, poškození centrálního nervového systému, srdečním chorobám a poškození struktury vlasů.

3.4 Řízení a měření

K ovládání systému sběru dešťové vody, evidenci spotřeby a sledování kvality vody se používají speciální zařízení. Umožňují nastavit potřebné parametry a sledovat účinnost systému.

Časový spínač – přístroj, který umožňuje si vybrat a nastavit požadovanou dobu zavlažování a také požadovanou dobu mezi cykly zavlažování.

4. Dešťová voda z ekonomického pohledu

Finanční výhody sběru dešťové vody jsou stále zřetelnější s tím, jak roste cena vody a lidé se chovají šetrněji k životnímu prostředí. Sběry dešťové vody mají několik finančních výhod, včetně nižších účtů za vodu, nižších nákladů na údržbu krajiny a možných daňových výhod. V dané kapitole bych chtěl provést výpočet z ekonomické stránky, pokud bych chtěl systém sběru a využití dešťové vody pořídit u obyčejného rodinného domů. Celý výpočet je proděn pouze jako příklad.

4.1 Potřebné údaje

4.1.1 Účely

Pro začátek je potřeba určit pro jaké účely budeme montovat systém sběru dešťové vody v našem domě. Je mnoho různých situací v domácnosti, kde můžeme využívat dešťovou vodu místo pitné, jako jsou např.: zalévání zahrady, splachování toalet, na praní nebo sprchování.

- Volba => splachování toalet, zalévání zahrady, praní, sprchování, mytí automobilu a mytí rukou

4.1.2 Rozsah a objem využití dešťové vody

Dalším naším úkolem je potřeba počet osob žijící v našem rodinném domě a velikost zahrady.

- Volba => 4členná rodina, velikost zahrady 100 m²

Velikost odvodňované plochy:

- Volba => 100 m²

4.1.3 Potřeba vody pro různé úkoly

Potřeba vody za jeden cyklus prání záleží na spoustě faktorech, jako jsou: typ pračky, teplota a délka cyklu:

- Volba => 60 litrů za jeden cyklus, jednou za dva dny

Potřeba vody při sprchování:

- Volba => 50 litrů za jedno sprchování, jednou za den

Potřeba vody při splachování toalety:

- Volba => 7 litrů za jedno splachování, šestkrát za den

Potřeba vody pro zalévání trávníku:

Objem vody pro zalévání zahrady se výrazně liší v různých obdobích a za různých teplot.

- Volba => 90 dní v roce s vysokými teplotami – 40 litrů za cyklus – jednou za dva dny
- Volba => 180 dní v roce s průměrnými teplotami – 20 litrů za cyklus – jednou za čtyři dny

Potřeba vody pro mytí automobilu:

- Volba => 200 litrů za jedno mytí – jednou za 20 dní

Potřeba vody pro mytí rukou:

- Volba => 3 litry za jedno mytí – sedmkrát za den

4.2 Výpočet

Pro zjištění, zda je výhodnější používat pitnou anebo dešťovou vodu je potřeba zjistit:

- Průměrné množství využívané vody rodiny za rok
- Cena stočného a vodného
- Cena celého systému využití dešťové vody
- Průměrné množství dešťové vody

4.2.1 Průměrné množství využívané vody rodinou za rok

Pro výpočet průměrného množství využívané pitné vody rodiny za rok, kterou můžeme nahradit dešťovou vodou, už máme všechny potřebné údaje, a proto můžeme přistoupit k výpočtu:

- Prání – $365/2*60 = 10\,950$ litrů za rok
- Sprchování – $50*365*4 = 73\,000$ litrů za rok
- Splachování – $7*6*365*4 = 61\,320$ litrů za rok
- Zalévání trávníku – $(45*40*100) + (45*20*100) = 270\,000$ litrů za rok
- Mytí automobilu – $365/20*200 = 3\,650$ litrů za rok
- Mytí rukou – $3*7*365*4 = 30\,660$ litrů za rok
- Celkem –
 $10\,950 + 73\,000 + 61\,320 + 270\,000 + 3\,650 + 30\,660 = 449\,580$ litrů vody za rok.

Čtyř-členná rodina pro využití svým domácích potřeb využívá přibližně 449580 litrů nebo 450 m³ vody ročně.

4.2.2 Cena stočného a vodného

V různých lokacích cena stočného a vodného se může lišit. Předpokládejme, že nás rodinný domek se nachází v Praze, kde cena stočného je 72,26 Kč/m³ a vodného 72,62 Kč/m³.

- Volba => 72,5 Kč/m³

Pro výpočet průměrné ceny pitné vody, kterou používáme pro výše uvedené účely, můžeme spočítat celkovou cenu, kterou utratíme za rok.

$$\underline{72,5*450 = 32\,625 \text{ Kč}}$$

4.2.3 Cena celého systému využití dešťové vody

Výběr správného systému sběru a využití dešťových vod záleží na několika faktorech, a to je velikost odvodňované plochy a lokalita, ve které náš rodinný dům nachází.

rainshop	VELIKOST ODVODŇOVANÉ PLOCHY					
	50 m ²	100 m ²	150 m ²	200 m ²	250 m ²	300 m ²
Nižší srážkové úhrny 400 - 550 mm/ročně (např. Jižní Morava, Žatecko, Rakovnicko)	1000 L - 1500 L	2500 L - 3000 L	3500 L - 5000 L	4500 L - 6500 L	5500 L - 8000 L	7000 L - 9500 L
Střední srážkové úhrny 550 - 700 mm/ročně (většina území ČR)	1500 L - 2000 L	3000 L - 4000 L	5000 L - 6000 L	6500 L - 8000 L	8000 L - 10000 L	9500 L - 12000 L
Vyšší srážkové úhrny 700 - 1000 mm/ročně (horské oblasti)	2000 L - 3000 L	4000 L - 6000 L	6000 L - 8500 L	8000 L - 11500 L	10000 L - 14000 L	12000 L - 16 000 L

Tabulka 2 – velikost nádrži, která záleží na velikosti odvodňované plochy a průměrných ročních srážkových úhrnech

Z dané tabulky můžeme zjistit potřebný objem nádrže – 3000-4000 litrů.

Sestavou pro náš systém sběru a využití dešťové vody byla zvolena Sada BASIC – nádrž OLYMPIA (<https://eshop.destovka.eu/sada-s-nadrzi-olympia-4m3-4000l/>) s objemem nádrži 4000 litrů. Tento systém se skládá ze všech potřebných částí pro fungování a jeho cena činí 24 980 Kč.

V ceně musíme ale zahrnout ještě montáž, výkopové práce a dopravu. Ve výsledku bych představoval cenu celkového systému využití dešťové vody od doby zakoupení a po dobu fungování kolem 40 000 Kč.

4.2.4 Průměrné množství dešťové vody

V Praze průměrný srážkový úhrn kolísá kolem 550 mm/rok až 700 mm/rok.

- Volba => 600 mm/rok

Při odvodňovací ploše o rozloze 100 m² a průměrných srážkovým úhrnem o velikosti 600 mm/ rok, můžeme spočítat průměrné množství vody, které jsme schopni nasbírat.

- $100 \cdot 0,6 = 60 \text{ m}^3/\text{rok}$
- $60 \cdot 72,5 \cdot 2 = 8700 \text{ Kč/rok}$

4.2.5 Srovnání

Ve výpočtech jsme se dostali k výsledku, kde se systémem sběru a využití dešťové vody ročně ušetříme 8700 Kč, pokud budeme využívat dešťovou vodu místo pitné. Na první pohled částka není nějak velká, když utrácíme 32 625 Kč ročně, ale z jiného pohledu máme ekologický vliv na naše prostředí, za necelých 5 let peníze k nám dostanou zpět a hlavně ceny pořad rostou, takže v budoucnosti tato částka může být čím dál, tím větší.

5. Dešťová voda ve světě

5.1 Afrika

Nepřístupnost k čisté a pitné vodě v Africe je během několika desítek let velkým a všesvětovým problémem. Podle Organizace spojených národů kolem 330 milionů lidí, což činí 27,5 % veškeré africké populace, v roce 2024 nemají přístup k čisté a pitné vodě. Obrovské číslo, které si nedokážeme představit a s rychlým zvýšením populace hodnota může, a nejspíše i bude jenom růst. Spousta lidí v tomto regionu musí trávit až několik hodin denně na kole nebo klidně i pěšky, aby se mohli dostat k nejbližší přístupné, klidně i říční a znečištěné vodě, proto, zvláště v Africe, je nesmírně důležité umět hospodařit, šetřit, získávat a čistit veškerou vodu, kterou můžeme jen dostat.

5.1.1 Déšť v Africe

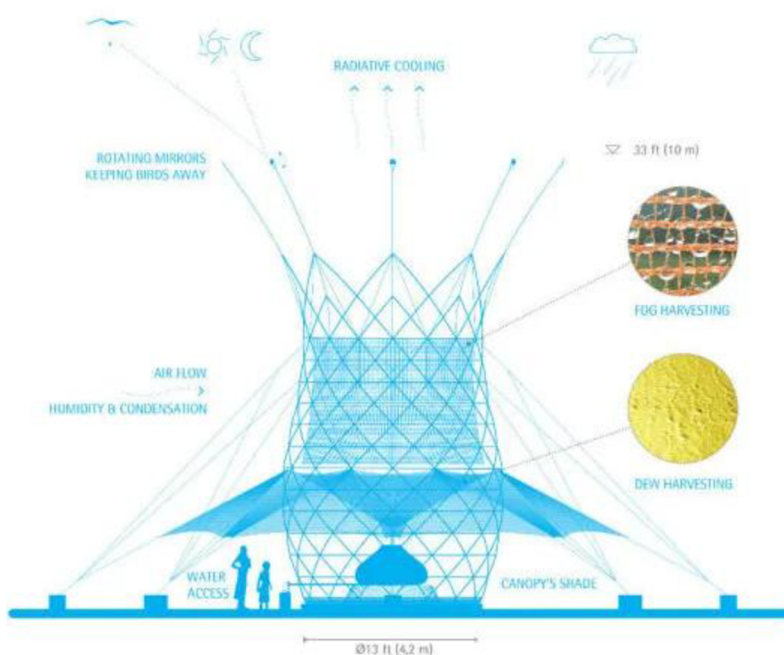
Déšť není v Africe neobvyklý, jak většina si z nás myslí. V spoustě regionech centrální Africe pro své domácí potřeby lidé využívají podobné systémy sběru a využití dešťových vod, které jsem zmiňoval výše. Problémem je, že déšť není rovnoměrný po celé ploše kontinentu a v regionech, kde bydlí lidé. Většina afrických zemí má své roční období (suché období a období dešťů), které se mohou lišit dobou a časem podle polohy, kde se nachází. Tak například v Keni období dešťů trvá kolem čtyř měsíců a projevuje se od dubna až po červenec, když na jinou stranu v Tanzanii dešťové období trvá pouhých 2 měsíce (květen a červen). V těchto zemích centrální a jižní Afriky, které se nacházejí v blízkosti rovníku, kde průměrný roční úhrn srážek může dosahovat klidně i 2000 mm/rok, což je tři krát větší úhrn než v České republice. Problémem je ale severní část Afriky, zejména v Nigeru, Nigerii, Egyptě, Libyi a Mali, kde průměrný roční úhrn srážek je kolem 100-200 mm/rok a v některých částech těchto zemí nedosahuje ani 100 mm/rok.

5.2 Sběr dešťové vody v Africe

V mírném podnebí nebo dokonce v tropických lesích není problém - deště přicházejí a plní přírodní nádrže, ale v Africe není tak snadné získat sladkou vodu, což způsobuje žízeň některých obyvatel. A pokud je možné tento problém vyřešit, pak jedině s pomocí nových technologií.

5.2.1 The Warka Water Tower

Hlavním problémem v Africe je, že slunce nemá z čeho odpařovat vodu a současně s čeho vytvořit mraky, to ale neznamená, že v extrémně suchých oblastech je vlhkost 0 %. I při velkém a intenzivním horku se voda stále odpařuje a to znamená, že se může kondenzovat. Je potřeba vybudovat přístroj neboli objekt, který je levný, lehce zhotovitelný a s snadnými opravami, který se dá modifikovat podle potřeby (například změnit velikost nebo výšku). Inženýři ze společnosti Architecture and Vision přišli s nápadem, jak získat vodu ze vzduchu a postavili speciální věž z bambusových stonků, na kterých je ekologická plastová síť. Myšlenka této výstavby je nesmírně jednoduchá. Během dne se voda usazuje na pletivu a postupně klesá do speciální nádrže, která ji akumuluje. Tato věž nepotřebuje žádnou elektřinu, což je již nyní zcela převratné. S výškou 10 metrů a šířkou sítě 4,2 metru dokázala za jeden den nasbírat 99 litrů vody. Uvážíme-li, že denně potřebujeme pouze 2 litry vody, tato věž dá přístup k pitné a čisté vodě padesáti lidem. Velikost věže není inženýry nijak regulována, takže ji lze zvětšit a podle toho odebírat více vody. Konstrukce věže je velmi jednoduchá, což umožňuje vyrobit ji prakticky z improvizovaných prostředků. Zbývá jen začít stavět na nejrůznějších místech Afriky, a pak se problém s pitnou vodou alespoň trochu posune do pozadí. To je důležité zejména v oblastech, kde lidé umírají žízní.



Obrázek 4 – schéma The Warka Water Tower

5.3 Cisterna Jerabatan v Istanbulu

Přístup k čisté a pitné vodě pro nás je něco obvyklého, s čím se setkáváme každý den. Můžeme otevřít kohoutek v kuchyni a vypít nebo použít k mytí nádobí čistou a pitnou vodu nebo zapnout pračku, která nám vypere naše prádlo, jen že ve světě je mnoho oblastí, kde lidi k takovým běžným, pro nás, věcem přístup nemají. „Přestože vidíme pokrok, na světě stále žijí přibližně 2 miliardy lidí, kteří nemají přístup k bezpečně spravované pitné vodě. Z toho 771 milionů lidí nemá přístup ani k základním službám dodávky pitné vody (voda ze z kvalitnějších zdrojů s dobrou odběru tam a zpět kratší než 30 minut včetně čekání ve frontě). Lidé se špatným přístupem ke službám zásobování pitnou vodou jsou soustředěni především v subsaharské Africe. „ (<https://blogs.worldbank.org/opendata/world-water-day-two-billion-people-still-lack-access-safely-managed-water>)

Touto problematikou se zabývali i před mnoho lety, kde lidi neměli systém přístupu k pitné vodě, jak ho máme my v naší době, proto se začali budovat ohromný cisterny pro skladování zásob čisté pitné vody pro obyvatele města. Jednou takovou cisternou byla Cisterna Jerabatan (bazilik) v Istanbulu, kterou jsem navštívil v únoru 2023. Je to největší s několik stovek starověkých cisteren. Hlavní účelem této stavby bylo, jak už jsem zmiňoval, skladování zásob čisté vody pro obyvatele města. Podzemní cisterna byla v Konstantinopoli postavená kdysi dávno v antických časech, konkrétně za císaře Justiniána v 6. století (<https://www.turecko.org/turecko/istanbul-yerebatanska-cisterna.html>). Je schopná pojmut 80 000 metrů krychlových vody. Strop je podepřen 336 mramorovými sloupy, který jsou uspořádány do 12 řád po 28 sloupcích a výška každého sloupu je okol 9 metru. Většina sloupu jsou od sebe odlišná, jelikož byly přivezeny z různých antických chrámu. Nejzajímavější z nich, z mého pohledu, jsou 2 sloupy s mramorovými hlavami Medúzy Gorgony. Jedna z hlav je otočena vzhůru nohama, druhý – do strany. Podle legend je to kvůli tomu, aby se lidé nebáli zkamenět při náhodném pohledu do Gorgoniných očí. Voda byla do cisterny přiváděna akvadukty z Bělehradského lesa, který se nachází 19 kilometrů severně od Istanbulu na pobřeží Černého moře. Zajímavé je, že Řekové se postarali o zachování cisterny. Zprvu, její stěny jsou postaveny z ohnivzdorných cihel o tloušťce 4 metry. Za druhé jsou pokryty speciálním hydroizolačním roztokem. Nádrž se ke svému účelu používala až do 16. století a jako muzeum se začala stavět v 80. letech 20 století, kde nejdříve byla vyprázdněná, byly opraveny trhliny ve zdivu a poškozené sloupy, vyčištěná od hlíny a nečistot a udělána cesta pro návštěvníky muzea. Nyní hladina vody v muzeu se rovna kolem 40-50 cm.

Cisterna Bazilika je okouzlující nejenom svými rozměry, vzhledem nebo unikátními sloupy ale i především svou historií. V muzeu jsem strávil kolem 3 hodin, které jsem využil ke zkoumání zajímavých pro mě informací.

6. Závěr

Na začátku vypracování své bakalářské práce jsem určil cíle, které během práce měli být dosaženy. Jako jeden z hlavních cílů jsem si určil ukázkou výhody systému sběru a využití dešťových vod z ekonomické stránky, protože ne každý bude ochoten dělat takový systém u sebe doma, pokud to bude nevýhodné pro naši peněženku. Výsledky mě příjemně překvapili, kdy za pouhých pět let utracené peníze na systém se nám vrátí zpět a s jeho využitím dalších deseti let ušetřím kolem 80 000 Kč. Z ekologické stránky systém sběru dešťové vody působí také pozitivně. I když do nedávna čistá pitná voda se považovala za nevyčerpatelný zdroj, teď je to bohužel jinak, proto každý by měl umět a začít šetřit vodu co nejvíce. Takový systém je skvělým řešením pro daný účel.

7. Zdroje a seznam literatury

- Makarova E.D., Повторное использование дождевой воды, [cit. 2024.7.2], dostupné z < <https://school-science.ru/3/13/32194>>
- Pavlov A.V., Очистка и повторное использование очищенных сточных вод, [cit. 2024.29.1], dostupné z < <https://www.bibliofond.ru/view.aspx?id=871423#text>>
- WILO CS, s.r.o, Использование дождевой воды, [cit. 2024.15.2], dostupné z <https://atislabs.ru/upload/doc/wilo/Brochure_rainwater_205x297_RU.pdf>
- MONTEIRO, Otávio Pinetti. LIMA, Gemael Barbosa. **Захват, обработка и повторное использование серой и дождевой воды в односемейной резиденции**, [cit 2024.1.3], dostupné z <<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/окружающая-среда/золы-воды>>
- WILO CS, s.r.o, Технологии WILO по использованию дождевой воды, [cit. 2024.18.2], dostupné z <<https://cms.media.wilo.com/cdndoc/wilo302203/3872973/wilo302203.pdf>>
- Ismailov S.A., Использование дождевой воды абсолютно необходимо, [cit. 2024.18.2], dostupné z <<https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-dozhdevoy-vody-absolyutno-neobhodimo/viewer>>
- Karelina E.V., Расчёт стока влекомых насосов, [cit. 2023.18.12], dostupné z <http://elib.rshu.ru/files_books/pdf/rid_a239e4e6b4054edbac7389e0b8fa7734.pdf>
- BEZERRA, Francisco Paiva. SANTOS, Wendell José Soares dos. **Система сбора дождевой воды в частном доме в Пескейре, Пернамбуку**, [cit. 2023.20.12], dostupné z <<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/гражданское-строительство/сбора-дождевой>>
- Ledvina P., Jaká je spotřeba vody na různé domácí úkony, [cit. 2024.24.2], dostupné z < <https://www.veronica.cz/otazky?i=142>>
- Böse Karl-Heinz, 1999, Dešťová voda pro zahradu a dům, HEL
- Kolektiv autorů, 2021, Dešťovka, Permakultura

- Starre Vartan, A Beginner's Guide to Rainwater Harvesting, [cit. 3.3.2024], dostupné z <<https://www.treehugger.com/beginners-guide-to-rainwater-harvesting-5089884>>
- Norma Khoury-Nolde, Rainwater Harvesting, [cit. 5.3.2024], dostupné z <https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/KHOURY-NOLDE%20n.y.%20Rainwater%20Harvesting_0.pdf>
- Brad Lancaster, Turn scarcity into abundance, [cit. 27.2.2024], dostupné z <<https://www.harvestingrainwater.com>>
- PT Water and Environment, Is rainwater harvesting worth it?, [cit. 25.2.2024], dostupné z <<https://www.premiertechaqua.com/en-us/rainwater/rainwater-harvesting-worth-it>>
- Stormsaver, How does Rainwater Harvesting Work?, [cit. 22.2.2024], dostupné z <<https://www.stormsaver.com/rainwater-harvesting/how-it-works>>
- Obrazek 1: Kreuzer David, schéma využití dešťových vod, 7.6.2021
<<https://www.ivarcs.cz/clanky/vyuziti-destove-vody-nejen-pro-zahradu-62/>>
- Obrazek 2: Vlastní zpracování
- Obrazek 3: Vlastní zpracování
- Obrazek 4: Mulat B, The Warka Water Tower- Harvesting Water From the Air in Ethiopia, dostupné z <<https://medium.com/@belaymulat/the-warka-water-tower-harvesting-water-from-the-air-in-ethiopia-e5d2a50647c0>>
- Tabulka 1: Vlastní Zpracování
- Tabulka 2: Rainshop, jak spočítat potřebný objem nádrže na dešťovou vodu, dostupné z <<https://www.rainshop.cz/jak-vypocitat-potrebny-objem-nadrze-na-destovou-vodu>>