

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ**

**KATEDRA ZDRAVOTNÍHO A
EKOLOGICKÉHO INŽENÝRSTVÍ**



**EXPERIMENTÁLNÍ ZAŘÍZENÍ PRO
POSOUZENÍ RECYKLACE VODY**

Bakalářská práce

**EXPERIMENTAL DEVICE FOR ASSESSING
WATER RECYCLING**

Bachelor's thesis

Martin Hainc

Vedoucí bakalářské práce: prof. Ing. Pollert ml., Ph.D.

2021

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební
Thákurova 7, 166 29 Praha 6



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

| | | |
|--|----------------------|-----------------------------|
| Příjmení: <u>Hainc</u> | Jméno: <u>Martin</u> | Osobní číslo: <u>477064</u> |
| Zadávací katedra: <u>Katedra zdravotního a ekologického inženýrství (K144)</u> | | |
| Studijní program: <u>Stavební inženýrství</u> | | |
| Studijní obor: <u>Vodní hospodářství a vodní stavby</u> | | |

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

| | |
|---|--|
| Název bakalářské práce: <u>Experimentální zařízení pro posouzení recyklace vody</u> | |
| Název bakalářské práce anglicky: <u>Experimental device for assessing water recycling</u> | |
| Pokyny pro vypracování: Literární rešerše experimentálních zařízení pro posouzení recyklace vody a její vlivu na prostředí. Návrh konstrukce těchto zařízení pro potřeby projektu Wider Uptake, který tento vliv zkoumá. Součástí je i návrh a instalace měřicí techniky, která zde bude osazena podobu trvání projektu. | |
| Seznam doporučené literatury: Budíž voda - Izraelská inspirace pro svět ohrožený nedostatkem vody, Seth M. Siegel Urban Water Reuse Handbook, Saeid Eslamian Internetové zdroje | |
| Jméno vedoucího bakalářské práce: <u>prof. Ing. Jaroslav Pollert ml., Ph.D.</u> | |
| Datum zadání bakalářské práce: <u>18. 2. 2021</u> | Termín odevzdání bakalářské práce: <u>17. 5. 2021</u> <small>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</small> |
| Podpis vedoucího práce | Podpis vedoucího katedry |

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

| | |
|---|-------------------------------------|
| <i>Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.</i> | |
| <u>18.2.2021</u> Datum převzetí zadání | <u>Hainc</u> Podpis studenta(ky) |

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem danou bakalářskou práci vypracoval samostatně s použitím uvedených informačních zdrojů a podkladů, vše v souladu s metodickými pokyny o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne 15.5.2021

Podpis:

Martin Hainc

Poděkování

V první řadě bych chtěl poděkovat vedoucímu své bakalářské práce prof. Ing. Pollert ml., Ph.D.za odborné vedení, rady, konzultace a trpělivost při psaní práce.

Rovněž chci poděkovat své rodině a svým přátelům, kteří mi za dobu vysokoškolského studia byli stálou oporou.

Abstrakt

Bakalářská práce se zaměřuje na problém spojený s nedostatky vody ve světě a ukazuje na příznivé následky opětovného používání vody, ukazuje na vlivy vody na prostředí a zobrazuje, jak moc je voda důležitá pro společnost. Také chce seznámit čtenáře s projektem WIDER UPTAKE, který se aktuálně zabývá s možností znovuvyužití recyklované vody, součástí tohoto seznámení je návrh měřicí techniky pro jednu větev měření a report pokusu pro určení optimální závlahy experimentálních nádob se zhodnocením výsledku.

Abstract

The Bachelor thesis is focused on the problems associated with worldwide lack of water and points out positive consequences with water reuse and on water influence for environment and shows, how important water is for society. Furthermore, introduce project WIDER UPTAKE, which currently deals with water reuse opportunities, part of the introduction is design of experimental device for one part of the project and data report of irrigation time experiment with evaluating results.

Klíčová slova

Voda, recyklace, recyklovaná voda, optimalizace, čistička odpadních vod, odpadní voda, šedá voda, čištění vody, pitná voda

Key words

Water, recycling, reclaimed water, optimalization, wastewater treatment plant, wastewater, grey water, water cleaning, potable water

Obsah

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | Úvod | 8 |
| 2 | Nedostatek vody | 9 |
| 2.1 | Negativní vliv na vodu | 10 |
| 2.1.1 | Klimatické změny | 12 |
| 3 | Voda a prostředí | 14 |
| 4 | Inspirace pro využití recyklované vody | 16 |
| 4.1 | Izrael..... | 16 |
| 4.2 | Durban..... | 17 |
| 4.3 | Singapur | 17 |
| 5 | Recyklovaná voda | 18 |
| 5.1 | Využití ve vesmíru | 19 |
| 5.2 | Využití v průmyslu a zemědělství..... | 19 |
| 5.2.1 | Zavlažování..... | 20 |
| 5.2.2 | Výroba piva..... | 21 |
| 5.3 | Široká veřejnost..... | 22 |
| 6 | Vyjádření dotčených orgánů..... | 23 |
| 7 | Projekt WIDER UPTAKE..... | 25 |
| 7.1 | Česká republika, aktuální řešení | 27 |
| 7.1.1 | Alternativní varianta měřicí techniky | 30 |
| 7.1.2 | Doba nasycení, pokus | 31 |
| 7 | Shrnutí..... | 34 |
| 8 | Seznam použitých zdrojů..... | 35 |
| 9 | Seznam obrázků | 40 |
| 10 | Seznam tabulek | 41 |
| 11 | Seznam použitých zkratk a symbolů..... | 42 |

| | |
|------------------------|----|
| 12 Seznam příloh | 43 |
|------------------------|----|

1 Úvod

V bakalářské práci se zabývám se seznámením s mezinárodní problematikou nedostatku vody. Snažím se ukázat na závažnost problému a nutnost aktivního řešení problémů, které blízce souvisí touto problematikou hlavním zdrojem těchto problémů je vliv člověka na ovzduší, tím na tvorbu skleníkových plynů, toto vede ke globálnímu oteplování a větším ztrátám na vodě. Ukazuji na důležitost vody pro naši společnost a na nutnosti snížení plýtvání vody a zařízení možné regenerace podzemních zdrojů. Nadále uvádím neočekávanější variantu řešení, použití recyklované vody, uvádím některé problémy a hrozby spjaté s použitím recyklovaných vod, které by mohli omezit její používání. Naznačuji variantu využití aktivně používaných systémů a nápadů ze zahraničních oblastí jako Singapur, Durban a Izrael, který je ve problematice nedostatku vody několik let vývoje před ostatními státy. Uvádím vyjádření dotčených orgánů, které by mohli využít recyklovanou vodu, vyjádření na jejich názor a postavení k recyklované vodě, kde se dle nich využije a jaké jsou podle nich výhody. V poslední řadě seznamuji s právě běžícím projektem WIDER UPTAKE, který spadá pod Horizon 2020 (H20) a zabývá se specifikací recyklované vody (více v 7).

2 Nedostatek vody

Zemský povrch se skládá z přibližně 71% vody, přičemž voda sladká je z celého objemu vody pouze 2,5 % [3]. Z těchto procent je větší půlka tvořena vodou zmrzlou, nebo podzemní [16]. Co se týká spotřeby vody, tak hodnoty pro ekvivalentního obyvatele se na světě velice liší v České republice je to 88 - 133 litrů vody na osobu za den [4][16], ve Anglii je to 141 litrů vody na osobu za den [5], ve Spojených státech Amerických je to 300 litrů vody na osobu za den [3], zatímco v zemích třetího světa je to 10 litrů vody na osobu za den, což je až neuvěřitelný rozdíl [3].

V těchto případech záleží na technologické vyspělosti jednotlivých oblastí, protože je rozdíl dojetí pro vodu do druhé místnosti a do druhé vesnice. Dalším faktorem, který dopomáhá různorodosti průměrné spotřeby vody je nerovnoměrné rozložení vodních zdrojů po planetě a nerovnoměrné rozložení populace na planetě **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**

Nejčastější problémy s vodou nastávají v lokalitách, kde se voda spotřebovává rychleji, než se dokáže regenerovat, doplňovat. Krásným příkladem oblast s názvem Great Plains, kde se od konce druhé světové války je největší zásobárna podzemní vody v Americe, zásobuje 8 přilehlých států vodou určenou primárně pro zemědělství. V takovém rozsahu se jedná kritický bod pro americké zemědělství, takže v případě vyčerpání podzemního zdroje může vést ke zhoršení kvalitě životních podmínek a k ekonomickým potížím. Na tomto příkladu je nejhorší, že místo toho, aby se odběr vody umírnil a díky tomu umožnil alespoň částečnou obnovu vodního zdroje, tak se na tuto oblast napojují další spotřebitelé a tím akorát navyšují odběr vody z této zásobárny [2].

Při položení otázky, zda v České republice je dostatek vody, vzniká spousta různých odpovědí, protože záleží na lokalitě respondenta, pokud je z příměstské části, tak varianta, že někdy měl problém s nedostatkem vody je dost nízká, zatímco pokud je z venkova tak se můžeme setkat s odpovědí, že vody v jejich oblasti není dostatek, a proto se v dané lokalitě zavedly příslušné kroky, které snižují spotřebu vody, nejběžnější způsob je zachytávání a následné používání dešťové vody [9]. Počet těchto případů, kdy nebude pro obec dostatek vody, bude stále přibývat **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**[16]. Z osobní zkušenosti vím, že spousta obcí zápasí s nedostatkem vody různými způsoby, konkrétně jsem se setkal s omezením, že ve veřejném vodovodu

byla k dispozici pouze užitková voda a vodu pitnou si obyvatelé museli shánět prostřednictvím balené vody, nebo individuálně z vlastních studen. Velice často jsem se setkal také s nutností udělení hydrologického průzkumu pro blízké okolí obce, pro možnost nového vrtu, který bude sloužit jako nový zdroj vody pro obec nebo jen jako posilující zdroj vody, dalším možným řešením bylo napojení na skupinový vodovod (někdy se značí zkratkou SV), který má silný zdroj vody, jako velkou vodní nádrž. Ve všech případech se jedná o finančně náročné operace.

Česká republika má svoji celkovou zásobu vody závislou hlavně na atmosférických srážkách, protože Česká republika je jedním z mála států, kterým neprotéká žádná řeka, která by pramenila v jiném státu **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**[16]. Proto Česká republika je více ohrožena povodněmi nebo suchem, díky dlouhodobé zkušenosti se obyvatelé technologicky připravili na možné povodně a vybudovali systémy protipovodňových systémů, které akumulují povodňové vlny nebo zabraňují vylití řek [16]. Se suchem je to ale složitější, protože doposud není v České republice vybudováno žádné opatření, které by dokázalo eliminovat sucho nebo ho potlačit. Sucho je oproti povodním více nebezpečné, protože v případě povodní voda po nějaké době odeteče, ale v případě sucha nastanou lokální potíže, které způsobují dlouhodobé problémy, jako ztvrdnutí zeminy, což zhoršuje vsakování vody do zeminy, a to může vést k poklesu podzemní vody. V případě poklesu podzemní vody se zhorší dostupnost vody jako zdroje pro obce v České republice a zhorší se celková úroda, protože plodiny nebudou mít dostatečný přísun potřebné vody k růstu. Podle ministerstva zemědělství České republiky byl úpad na úrodě mezi 20 až 40 %, úpad se lišil na základě druhu plodiny **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**

2.1 Negativní vliv na vodu

Veškeré negativní vlivy na vodu jsou spolu propojeny. Jedná se převážně o aktivitu člověka, který se postupem času naučil upravovat prostředí kolem, jenže nedomyslel, že veškeré jeho akce budou mít negativní reakce na přírodu kolem něj, zakládání a rozvoj měst, vedlo postupem času k vybudování ploch, kde nebyla možnost vsaku vody, nadměrné odběry vody vedly k vyčerpání zdrojů [2], celkově úprava prostředí kolem člověka vedla k znehodnocení přírody, teď je akorát snaha snížit, popřípadě eliminovat dopady našich předchozích zásahů do přírody.

Dalšími problémy, které jsou spjaté s aktivitou člověka je třeba stálý nárůst populace ačkoli se ho lidé v posledních letech snaží usměrnit různými omezeními, krásným příkladem je tzv. politika jednoho dítěte, kde se jedná o zákon v Číně, kdy rodina smí mít pouze jednoho potomka. Tento zákon byl uveden v platnost v roce 1979, v roce 2015 prošel reformou, kdy došlo k navýšení povolených potomků z jednoho na dva v rodině [20]. Aktuálně je na světě cca 7,7 miliardy lidí a stále roste, k ustálení počtu obyvatel by mělo dojít přibližně po roce 2050, kdy populace dosáhne počtu necelých 11 miliard [19][2]. Další možnou příčinou snížení dostupnosti vody je nárůst střední třídy [2], v posledním desetiletí se střední třída rozrostla o cca 6,5 % z celkové populace. Způsob života střední třídy jako každodenní koupání nebo výrazná změna jídelníčku oproti nižší třídě vede k vyšší spotřebě vody. Na jídelníčku nižších tříd je převážně zelenina s výjimečnou ukázkou kuřecího masa, ale na jídelníčku střední třídy se objevuje maso na běžném pořádku, a to nejen kuřecí, ale i třeba hovězí. Tato změna je viditelná na spotřebě vody v zemědělství, protože na produkci půl kila hovězího masa je potřeba přibližně sedmkrát víc vody, než na půl kila kukuřice [2].

Ztráty vody patří mezi další důležité závady naší společnosti, které negativně ovlivňují jak dostupnost vody, tak její zásobní množství. V tomto případě se jedná o problém nedostatečně vyvinuté technologie inženýrských sítí nebo špatného provedení, jedná se tedy o ztráty vody důsledkem závad na distribuční síti, krádeží, otevřených hydrantů nebo z nedbalosti provedení [2]. Tato ztráta byla mezi roky 2010 a 2015 velice běžnou záležitostí a jednalo se až o 60 % ztrátu na vodovodních sítích ve velkoměstech. Od té doby se, ale tato ztráta podařila snížit použitím technologicky vyspělejších, popřípadě vhodnějších materiálů pro inženýrské sítě.

| ROK | [%] ZTRÁTA VODY |
|------------|------------------------|
| 1995 | 42,52 |
| 2000 | 34,17 |
| 2005 | 25,78 |
| 2010 | 21,62 |
| 2015 | 17,63 |
| 2020 | 12,9 |

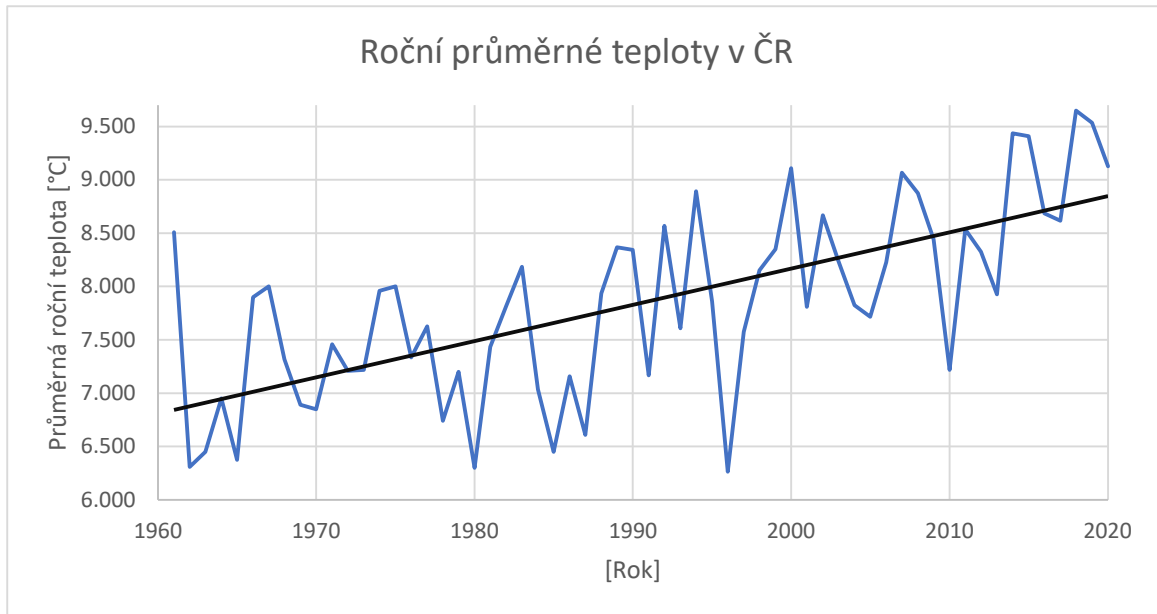
Tabulka 1 - Tabulka ztrát vody na inženýrských sítích v Praze [22]

2.1.1 Klimatické změny

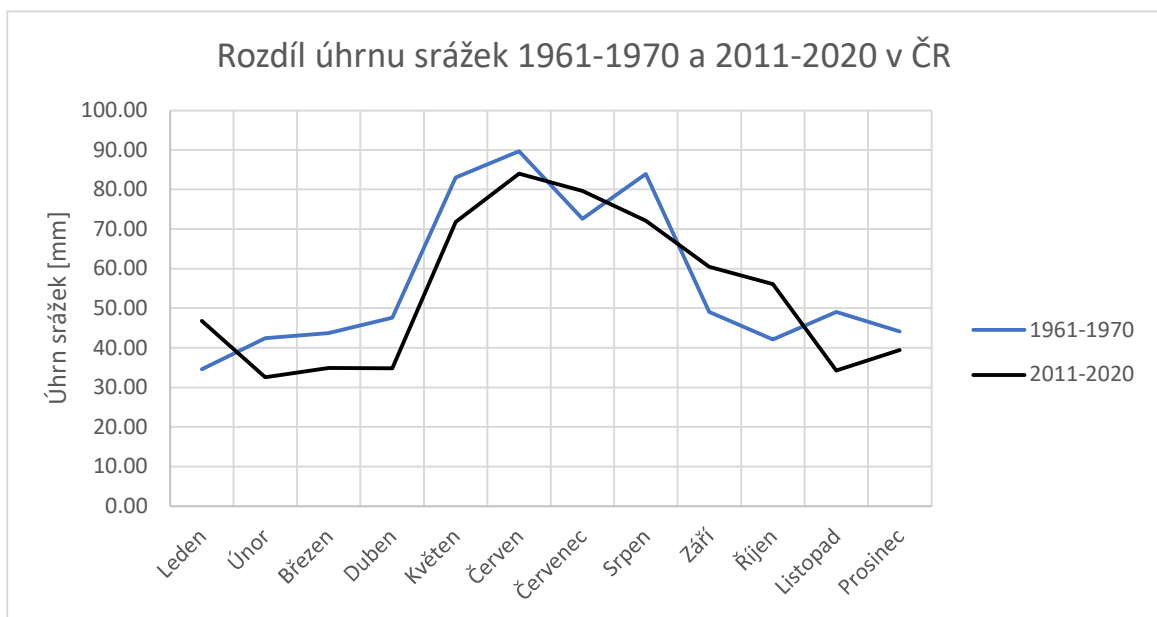
Klimatické změny jsou nejobvyklejší zdroj problému, který ovlivňuje zásobní množství vody. Jedná se o změnu teploty a jednotlivých oblastech, s navýšením teploty úzce souvisí zvýšené vypařování na vodní hladině, to vede ke snižování zásob vody. S tímto problémem ještě nastává změna srážek, jejich perioda a množství, díky menšímu množství srážek v kombinaci se zvýšenou teplotou vzniká závažný problém hlavně v oblasti zavlažování v zemědělství, kde se díky zvýšené teplotě zvýší odpar, proto se musí více zavlažovat, resp. se musí zavlažit větším množstvím vody do toho voda nepřibývá prostřednictvím dešťů. Také díky sníženému úhrnu tvrdne zemina, která nadále v případě deště nechává většinu vody odtéct po jejím nepropustném povrchu [2][21].

Klimatická změna je zapříčiněna dlouhodobou změnou průměrných vlastností klimatu, nejjednodušeji se popisuje jako změna průměrné teploty na zemi. Dalším faktorem ovlivňující klima jsou vlastnosti zemského povrchu, jestli se jedná o oceán nebo o pevninu a v případě pevniny, zda je zarostlá zalesněná nebo ne a v neposlední řadě je ještě důležité složení atmosféry veškeré tyto faktory ovlivňují tzv. energetickou bilanci. Atmosféru ovlivňuje i člověk, kdy za pomoci dostupných technologií produkuje CO₂, který společně s pár dalšími plyny spadá do kategorie skleníkových plynů a spolu vytváří jev jménem skleníkový efekt. Skleníkový efekt je jev, kdy se sluneční záření odrazí od skleníkových plynů a nedostává se do atmosféry, nebo v opačném případě se dostane skrz skleníkové plyny do atmosféry, ale pak už se nedostane z ní, tím povrch přijímá více tepla [26].

Nárůst průměrné roční teploty v České republice od roku 1961 po rok 2020 je v důsledku klimatické změny, resp. globálního oteplování rovna přibližně 2 °C, pokles úhrnu srážek je přibližně 10 mm [24][25][15]. Důsledkem těchto změn je snaha uvedení dalších bezpečnostních opatření, které omezí následky sucha. Jedná se o uplatnění zákona zakotveného v Ústavě ČR, i Listině základních práv a svobod 49. *Ochrana životního prostředí* [23], jenž bere v potaz ochranu životního prostředí pro nadcházející generace.



Obrázek 2 - Graf průměrných ročních teplot z CHMU [22]



Obrázek 1 - Graf změny srážek oproti roku 1961-1970 a 2011-2020 [22]

3 Voda a prostředí

Voda je jedna ze základních podmínek pro život, jaký známe. V případě porovnávání planety Země s ostatními v naší sluneční soustavě, je vidět, že Země je jediná obyvatelná planeta, protože obsahuje vodu jak ve formě tekuté, tak i ve formě páry (mraky). Dobrým doložením důležitosti vody je i fakt že je nedílnou součástí lidského života, je potřeba pro člověka jako zdroj živin a pro správnou funkci organismů, nadále lidské dělo je přibližně ze 95 % složeno z molekul vody [38]. Klíčová důležitost vody v krajině a neustále navyšující se předpoklady pro vodu pitnou vedou k neustálé ochraně zdrojů a vývoji technologií, které budou zajišťovat dostatek kvalitní vody [37]. Voda je důležitá nejen přímo pro člověka ale také pro pěstování jídla samotného, je třeba pro zavlažování plodin a jako pitná voda pro chov dobytka [37].

Koloběh vody je umožněn ustálenou změnou skupenství vody, má čtyři základní části a to: srážky, odtok, výpar, vsak. Koloběh začíná srážkami, potom se voda nahromadí a teče po energetickém kopci na nižší hodnotu, kdy během této trasy se ustáleně vypařuje a vsakuje. Voda, která se vypaří vytváří další srážky. V přírodě nadále probíhá jev tzv. evapotranspirace, který se dělí na evaporaci a transpiraci, kde evaporace je výpar z povrchu jako vodních hladin tak zemského. Transpirace je výpar vznikající z aktivity rostlin, tedy výpar z rostlin, funguje tak, že rostlina kořeny natáhne vodu do svého těla, stonku, poté do listů (popřípadě plodů, nebo podobné variantě) a tam odtud se voda vypařuje. Samozřejmě voda, která se po dopadu dostala jako vsak do zeminy se veškerá ne-evaporuje, ale stane se součástí podzemních zdrojů vody [39][37].

Koloběh vody se dělí na velký a malý (malý, velký hydrologický cyklus), kde rozdíl je v rozsahu působení. Velký koloběh (hydrologický cyklus) působí v rámci atmosféry a malý koloběh (hydrologický cyklus) jen v rámci krajiny a nad pevninou [39].

Voda, ačkoli díky hydrologickým cyklům se stává stále cennější, protože ačkoli je vody stejně jako měli naši předchůdci, tak se v dnešní době o stejné vodní zdroje dělí výrazně více lidí. Toto vede k nestejnorodému chování k vodě a k vodním zdrojům, v některých státech je voda běžnou součástí života a jiných zase běžným nedostatkem, kdy kvůli vodě dochází i ke ozbrojeným sporům. Nestejnorodá dostupnost vedla k rozdělení lidského vnímání vody. Z pravidla platí, že když byla v oblasti dostupná voda (míněno pitná), tak oblast prosperovala a rozrůstala se, na druhou stranu, když vody bylo

v oblasti nedostatek vedlo to k zastavení ekonomického a technologického rozvoje a případným sporům[40].

Ustálené kontroly vodních zdrojů jsou důležitou aktivitou, protože voda je nedílnou součástí lidského stravování. V případě kontaminace vodního zdroje je nutnost přistoupit adekvátním opatřením, aby nedošlo k šíření kontaminace a zároveň je nutnost zastavit konzumaci vody, na základě závažnosti kontaminace i následné využívání vodního zdroje pro ostatní aktivity [40]. Kontaminace vodního zdroje dochází neodborným zacházením s vodním zdrojem, nebo v častějších případech s vypouštěním nevhodných látek, které se dodatečně dostávají do podzemní vody, popřípadě do toku. Z historie známe dva druhy kontaminace vody, které vznikli nepřímo aktivitou člověka. Člověk se naučil žít ve společnosti ostatních lidí a zakládali osady, vesnice a díky rozvoji i města, jenže tento shluk lidí vedl k oportunitě pro další živočichy a o pokus nechtěné koexistence, nejčastějším případě se jednalo o krysy, které se svým chováním a běžnou aktivitou naučili využívat lidské zbytky a další příslušné součásti městského života pro jejich prospěch. Problém byl, že spousty z nich byli nemocné, nebo měli bakterie v jejich kožešinách, které v případě styku s vodním zdrojem ho kontaminovaly a díky tomu vznikali smrtelné nemoci pro člověka. Trvalo stovky let než člověk zjistil zdroj těchto nemocí a ještě déle, než zjistil, jak zamezit šíření této nemoci, přitom stačilo vodu jen převařit, aby umřeli veškeré bakterie ve vodě. Dalším příkladem může být vypouštění nedostatečně vyčištěné vody z čističek odpadních vod, kdy bylo dokázáno, že v případě nedostatečného odstranění léčiv, hormonů a dalších farmaceutických látek, které se běžně splachují do kanalizace, dochází ke organické změně živočichů, které jsou v kontaktu s takto nakaženou vodou (jedná se o nalezení ryb, které žili v blízkosti vyústění čističek odpadních vod, které podstoupili mutaci genitálií a vznikly tak ryby opačného pohlaví, nebo dokonce obojího.), problém by nejspíše nastal v případě konzumace těchto mutovaných ryb, kdy by se do těla dostali nechtěné hormony nebo jiné látky, které nemusí být zdraví prospěšné.

4 Inspirace pro využití recyklované vody

4.1 Izrael

Izrael se nachází na východě středozemního moře a skládá se z velké části z pouští případně polopouští, toto donutilo obyvatele k vývoji technologií a přístupů k vodě, které budou vodou maximálně využívat, a přitom hledat možnosti navýšení možných zásob použitelné vody [2].

Po vystavění v Izraeli nejznámější čističky odpadních vod, Shafdan, Izrael začal využívat vyčištěnou vodu v rámci zemědělství pro zavlažování. Nejdříve začal u rostlin, které se nekonzumují, aby zamezil možným újmám na zdraví způsobeným nedostatečnou kvalitou vody a jako ochranu před možnou ztrátou potravin. Po zjištění, že voda vyčištěná terciárním čištěním (rozšířené sekundární čištění, odstraňování organického znečištění, „dočišťování nad rámec kvality“ [34]) není nijak zdravotně závadná a neohrožuje kvalitu konzumních produktů, se začala recyklovaná voda využívat na zavlažování valné většiny rostlin v zemědělství. Zemědělci nejdříve možnost používání recyklované vody odmítali, ale po vyložení výhod, jako že recyklovaná voda je bohatá na dusík, a proto se sníží náklady na hnojivo, nebo že pořizovací cena recyklované vody bude nižší cca o 20 %, se recyklovanou vodu postupně všichni zemědělci naučili využívat jako primární zdroj vody pro zemědělské potřeby [2].

Mezi další, sice už méně významné zákroky, patří zákon, který nutí místa jako hotely, administrativní budovy a další jim podobné, využívat toalety se dvěma druhy splachování, protože podle výzkumu provedeném v Izraeli se přibližně 35% veškeré vody použité v domácnosti spotřebuje na splachování toalet, tím snížili spotřebu kvalitní vody, která by jinak otekla do čističky odpadních vod [2].

Izrael se také naučil využívat proces odsolování (desalination), s tím nejznámější technologií reverzní osmózy, která spočívá na principu vyrovnávání koncentrací roztoků. Toto vedlo k možnosti používání upravené mořské vody [2].

Izrael je v oblasti recyklace vody ve velikém náskoku oproti zbytku světa, pro uvedení příkladu, Izrael nyní využívá více než 85 % své recyklované vody zatím co třeba v Americe se používá necelých 60 % [6]. Díky jejich šetrnému a efektivnímu zacházení

s vodou se Izraeli, jako jedinému státu na světě podařilo redukovat plochu pouští na svém území za posledních 50 let [2].

4.2 Durban

Durban je druhé největší město v Jihoafrické republice, konkrétně v provincii KwaZulu-Natal. Tamní situace s nedostatkem vody byla až kritická, protože díky spotřebě vody v průmyslu, se spotřebovalo tolik vody, že nezbylo dostatek vody pro obyvatele. Kvůli tomuto problému se společnost Veolia [35] nabídla, že ve městě zprovozní několik recyklačních stanic. Tento zákrok ve městě umožnil možnost recyklovat až 98 % odpadních vod, které se nadále využili pro provoz průmyslů, dalším možnou výhodou pro provozovatele průmyslů je fakt, že recyklovaná voda je levnější než tradiční voda z vodovodu, a to až o cca 60 % [10].

4.3 Singapur

Singapur s 5.7 miliony obyvatel [31] má spotřebu vody na ekvivalentního obyvatele kolem 141 litrů za den [41], toto je poněkud znepokojující hodnota, protože Singapur spadá mezi nejvíce ohrožená města nedostatkem vody. Aktuálně se do města musí dovážet zásoby vody ze sousedních oblastí, ale tato možnost Singapur stojí ročně obrovské finanční náklady, nadále se kvůli tomuto problému s vodou Singapur dostává do neustálých politických sporů.

Kvůli zajištění dostatečného přístupu k pitné vodě širokou veřejností Singapur rozhodl využívat recyklovanou vodu jako vodu pitnou, jedná se o využívání maximální technologií pro čištění vody, aby byli splněny veškeré nároky na vodu a neohrozilo se zdraví konzumenta. Voda se nabízí obyvatelům za nižší cenu v plastových lahvích. Tímto krokem Singapur začal využívat recyklované vody a má předpoklad do roku 2060 využívat až 55 % recyklovaných vod, pro průmysl a jako vodu pitnou [32][6].

5 Recyklovaná voda

Pitná voda se používala širokou veřejností pro všechny možné účely, od hygienických po kropení trávníku. Díky takovému nedbalému zacházení a plýtvání se lidé naučili, rozdělovat vodu na vodu pitnou a užitkovou, kdy se na třeba dříve zmíněné kropení trávníku začala používat voda užitková nebo dešťová, bohužel na základě postupného ubývání vody v naší krajině, postupným snížením úhrnu srážek (viz. **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**), se musí vymyslet další způsob, jak u nás vodu zdržet a popřípadě jak jí efektivněji využít, proto přišlo v úvahu znovu využít vodu, která dříve sloužila k jiným účelům toto vedlo k využívání takzvané šedé vody k provozním důvodům jako pro splachování toalet nebo zalévání zahrad [1]. Následným možným krokem je snaha o zdokonalení vlastností šedé vody, aby se dala zušlechtit a tím znovu použít i v jiných odvětvích než jen pouze k provozním účelům, tím se voda dostane do stavu, kdy je šedá voda vyčištěná natolik, že nemůže nijak škodit, ale není to voda pitná. Pro tuto fázi kvality vody v České republice chybí specifikace a označení této vody, ale ze zahraničí víme, že se jedná o vodu recyklovanou, která se běžně využívá na zalévání rostlin v městských parcích. Popřípadě se dá voda recyklovaná dále šlechtit, mineralizovat a tím dosáhnout dostatečné kvality vody jako je voda pitná [6].

V české republice se obyvatelé k problému nedostatku vody, popřípadě problému s globálním oteplováním, což je jedním z mnoha problémů dnešní civilizace, postavili zodpovědně a obstojná část populace se snaží dopomoci zlepšení životního prostředí v jejich okolí. Lidé si navykli pouze na zabezpečení proti suchu, které neovlivňuje a neomezuje jejich záliby a potřeby. Nejběžnější opatření, které se v Česku širokou veřejností aplikuje je zachycování dešťové vody, která je pak využita třeba na zalévání zahrad, nadále podporují obnovy a ochranu mokřadů [9].

Důležité je zmínit, že veškerá voda, která může být znovu použita není voda recyklovaná, může se jednat také třeba o vodu šedou, která se dá specifikovat jako odpadní voda z neprůmyslových budov a z domácností, která neobsahuje odpad ze záchodů [13], zatím co recyklovaná voda je odpadní voda, která se vyčistila v čističce odpadních vod. Dalším rozdílem můžou být jejich parametry podle příslušných norem, můžou protože v pro recyklovanou vodu v České republice chybí legislativa.

Důvodem pro použití recyklované vody v České republice je třeba stálý nárůst cen za energie, zhoršování dostupnosti zdrojů, nutnost hlubších vrtů, dálkové převody vody a třeba rostoucí požadavky na pitnou vodu. Tyto důvody, až na poslední, mají jednu společný základ, tím jsou finanční náklady, vesměs se neustále zdražují prostředky pro získávání čisté a kvalitní vody potažmo se zdražuje úprava vody na vodu pitnou [14].

Recyklovaná voda se díky aktuální vyspělosti technologie může vyčistit do stavu, kdy se nedá rozpoznat od vody pitné (viz. kapitola **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**). Aktuálně se projekt WIDER UPTAKE [36] zabývá určením parametrů pro vodu, která by mohla být použita pro zavlažování zeleně ve městech.

5.1 Využití ve vesmíru

Základní myšlenka stojí na faktu, že lidská moč je součástí celkově vytvořeného odpadu ve vesmíru jen z 1 %, ale za to obsahuje mezi 50–80 % veškerých živin, které se v odpadních látkách můžou vyskytovat, proto se začalo uvažovat o možnosti dělení lidské moči od ostatních odpadních látek, které by mohli a jsou produkovány ve vesmírné lodi. Díky těmto zákrokům se snížilo zatížení na filtrační zařízení na lodi a vytvořila se možnost, že v případě nedostatku pitné vody se dá technologicky upravit lidská moč [6].

5.2 Využití v průmyslu a zemědělství

V případě využívání recyklované vody v průmyslu a v zemědělství je v běžných případech kvalita vody neúčelná, protože se většinou jedná o oplachy nádrží, čištění strojů, nebo chlazení ve všech případech se voda nedostává do přímého kontaktu s člověkem, a proto ho nemůže nijak zdravotně ohrozit. proto se často používá pro tyto potřeby voda šedá nebo voda dešťová.

K možnosti využívání recyklované vody pro výrobní procesy v průmyslu by bylo potřeba doplnit českou legislativu o konkrétní specifikace recyklované vody. Následkem stanovení parametrů pro recyklovanou vodu a doplněním legislativy by bylo docíleno ke snížení nákladů na výrobu produktů, z důvodu nižší pořizovací ceny používané vody [12].

V případě zemědělství se jedná o vodu, která se vsakuje do terénu a slouží jako přísun živin pro jednotlivé plodiny (5.2.1), nebo voda slouží přímo jako pitná pro dobytek. Pro

použití recyklované vody v zemědělství je potřeba mít pevně určené parametry pro použitelnou recyklovanou vodu. V případě použití nedostatečně kvalitní vody by mohlo dojít k poškození plodin, a to by mohlo vést ke ztrátám na úrodě. V horších případech ke kontaminaci zeminy a nemožného následného použití polí pro pěstování plodin.

Recyklovaná voda se může použít v oblasti stavebnictví, a to konkrétně jako složka do betonu nebo jako voda pro ošetřování betonu, která se během tuhnutí z betonu vysušila. Je tedy nutné, aby voda byla patřičně upravena, aby nepoškodila, popřípadě neovlivnila kvalitu betonu. Použitelná voda tedy musí splňovala podmínky ČSN 73 2028 (732028) – Voda pro výrobu betonu [8][6].

5.2.1 Zavlažování

Zavlažování je důležitá součást pěstování plodin, slouží jako doplnění nebo nahrazení vody pro rostliny. V případě pěstování rostlin bez zavlažování se jedná o tzv. suché zemědělství. Potřeba zavlažování vychází z vláhové potřeby, která vychází z ideálních srážek, transpiračního součinitele, součinitele úhrnné potřeby vody a dalších meteorologických součinitelů [27]. Kvalita zavlažování přímo ovlivňuje (u některých plodin) kvalitu a úrodnost plodin, správné zavlažování tedy vede ke zvýšení produkce a kvality plodin [27].

Kvalita vody pro zavlažování ovlivňuje produkci i kvalitu produkovaných plodin, proto je důležité plodinám poskytovat co nejpříznivější podmínky pro růst, aby bylo docíleno maximální produkce s nejlepší možnou kvalitou plodin. Pro správné zavlažení je nutné, aby voda neobsahovala chemické, biologické a fyzikálně chemické látky, které jsou zdraví škodlivé. Dalšími důležitými látkami ve vodě jsou chloridy, sodík, bor, mangan, železo, dusičnany, a ještě hodnoty pH, které mohou ovlivňovat funkčnost rozvodních sítí a mohou vést ke korozi potrubí [28].

V důsledku volby nevhodné kvality vody dochází k nadměrnému přísunu solí do vody, popřípadě do zeminy. Pro rozlišení vody, které mohou tento problém způsobit je nutné vycházet z jakosti vody, vlastnosti půdy a k toleranci plodiny. Kvalita vody se poté určuje na základě analýzy elektrické vodivosti (určuje celkové množství rozpuštěných solí ve vodě) a z aktuálního množství iontů sodíku, vápníku a hořčíku. Tolerance solnatosti zeminy pro rostliny je bráno jako obsah soli v kořenové zóně rostliny (kořenová zóna je prostor pod nadzemní částí rostliny ze které rostliny přijímá potřebné

minerály pro růst). Parametry průměrného zasolení kořenové zóny se pohybují od méně než 0,95 (citlivé plodiny) po více než 12,2 (Velmi tolerantní rostliny), s tím že nad 12,2 se jedná o příliš zasolenou zeminu [29].

5.2.2 Výroba piva

Využívání recyklovatelných materiálů se také objevilo v roce 2017 jako myšlenka dánského pivovaru Nørrebro Bryghus pro výrobu piva „Pisner“. Konkrétně se jedná o využití zbytkového ječmene v lidské moči. Moč prakticky využije jako druh hnojiva pro ječmen. Popřípadě se voda vyčistí a použije se pro výrobu samotnou [7].

Česká varianta byla vyrobena v pivovaru Čížová a nese název „Erko 12“. Pivo bylo vyrobeno z recyklované vody z pražské Ústřední čistírny odpadních vod v mobilní jednotce skupiny Veolia, kde voda prošla nejmodernějšími technologiemi čištění, aby bylo docíleno kvality vody pitné dle vyhlášky č. 252/2004 sb. *Hygienické požadavky na pitnou vodu a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody* [30]. Erko nebylo vyrobeno v České republice jen za cílem snížení spotřeby vody, ale také proto, aby obyvatelé České republiky ztratili ostych z recyklovaných produktů a naučili se ji více využívat.

Beercycling je přetváření nežádoucího produktu na produkt lepší kvality nebo s přidanou ekologickou hodnotou, ale protože se tato změna odehrává v průmyslu pivovaru, tak se místo předpony up – použila předpona beer, anglicky pivo [7].

Beercycling je upcyclace, tedy proces založený na přeměňování odpadového materiálu nebo ostatních nepotřebných výrobků v nové materiály nebo výrobky, které pomůžou zlepšení, případně zkvalitnění hodnot životního prostředí.

Downcyclace je opak upcyclace, znamená to přeměnu odpadní produktu na nový výrobek stejné nebo horší kvality [7].



Obrázek 3 – Logo beercyclingu [zdroj: <https://www.linkedin.com/pulse/beercycling-54000-litres-arne-backlund>]

5.3 Široká veřejnost

Recyklované materiály se širokou veřejností začali využívat hlavně za účelem snížení finančních nákladů na provoz domácností, toto vedlo k tendenci maximálního využívání dostupných zdrojů. Při používání koupelen, umyvadel, praček a tomu podobných předmětů, vzniká odpadní produkt, který by se širokou veřejností mohl využít třeba na zalévání zahrad. Je tedy zřejmé, že si lidé na recyklované materiály pomalu navykají a postupem času by se v České republice mohla začít používat i recyklovaná voda.

V případě dostatečné kvality čištění, by se dle vzoru Singapuru (4.3) mohlo docílit k jiné formě nouzového zásobování vodou obcí, které by v jiném případě neměly jinou možnost než vodu dovážet v cisternách.

Využitím recyklovaných vod širokou veřejností by se snížila celková spotřeba vody, snížil by se celkový objem vody čerpané z podzemí, to by vedlo k regeneraci podzemních zdrojů. Nadále pokud by se postupovalo podle vzoru Izraele (4.1), tak by cena vody recyklované měla být nižší o cca 30 % než voda pitná, to by nejspíše vedlo k preferenci široké veřejnosti využívání recyklované vody za cílem snížení finančních nákladů na domácnost.

6 Vyjádření dotčených orgánů

Dotčené orgány (nadále Stakeholders) jako Výzkumný ústav pro ochranu půdy a vody, Zastupitelstvo hlavního města Prahy, Nase-voda a další ..., dostali v rámci projektu WIDER UPTAKE (více v kapitole 7) možnost vyjádřit se na téma recyklovaná voda, zda by ji používají, používali a jaké je postavení zastupovaných orgánů k opětovnému používání vody.

Uvedených odpovědí na otázku se zkušenostmi a očekáváním se orgány vyjadřovali obdobně. Klimatická změna je i v České republice závažný děj, na kterému se musí Česká republika připravit dostatečně brzo, aby nenastali problémy s dodávkami vody. Tato hrozba donutila drtivou většinu Stakeholderu se aktivně podílet na projektu WIDER UPTAKE, za cílem zlegislativnění znovupoužití vod. Stakeholders také zmínili obavy a další alternativy použití recyklované vody. Obavy byly vyjádřeny na základě faktu, že v České republice nejsou zatím problémy s vodou, proto zdravotní hrozba při používání recyklované vody pro lidské potřeby nemůže připadat v úvahu, jedná se hlavně o porovnání rizik ku zisku z použití recyklovaných vod a na základě vyhodnocení Stakeholders tento zisk není dostatečný pro zavedení této praxe. Alternativy použití byli obdobně v kapitole 5, s rozdíly myšlenky Stakeholders, že v případě použití recyklované vody je v České republice potřeba použítou vodu z jednoho odvětví použít v jiném, to znamená že při použití člověk, aby se zamezilo ohrožení na zdraví, se voda použije pro jiné formy, jako zavlažování urbanistických částí, golfových hřišť nebo v průmyslu pro výrobní procesy.

Hodnocení současného rozsahu použití recyklované vody jednoznačně označeno za omezené z důvodu chybějící legislativy. Aktuálně se formy použití recyklované vody, omezuje na osobní účely, případně na nízko-rozsahové, většinou je voda znovupoužita pouze v rámci domácností jako voda šedá pro zalévání. Největší možný zisk pro společnost z ekonomického a ekologického hlediska by bylo umožnit používání recyklované vody v rámci vysoko-nákladových a vysoko spotřebních aktivit jako zavlažování zeleně ve městech, mytí ulic, výrobní procesy a také bylo zmíněno pro zemědělské účely, ale je nutné zmínit že podle Stakeholdera je spotřeba vody pro zavlažování v České republice na přibližně 3 % z celkové spotřeby, a proto hrozba ohrožení lidského zdraví by tuto možnost měla omezit pouze na nekonzumní rostliny.

Akteři v rámci recyklace vody a vzájemných vztahů se podle Stakeholderů neshodnou na variantě použití recyklovaných vod, jedná se o neshodu použití, tedy odmítání použití recyklované vody ministerstvem zemědělství ze dříve zmíněných důvodů (ohrožení na zdraví). Nadále se stakeholders vyjadřují k možnému přístupu dalších možných dotčených asociací pro použití recyklované vody, kde se dodavatelé vybavení pro recyklovanou vodu jsou jednoznačně pro zavedení patřičné legislativy. U společností typu vodovody a kanalizace záleží hlavně na ekonomické situaci a na technologii potřebné pro rozvod recyklované vody. Finální spotřebitelé jako farmáři, města atd.... se znovu, vyjma farmářů, shodli na pozitivním postoji pro zavedení distribuce a legislativy recyklované vody, hlavně na základě faktu, že použití recyklované vody bude finančně úspornější než použití vody pitné, nebo užitkové.

Stakeholders nadále zmínili nutnou potřebu pro demonstrace studií a projektů, které dokážou ostatním společnostem výhody použití recyklované vody a ujistí je, že v případě použití nedojde ke újmám na zdraví, na zisku a ani na žádných obdobných situacích, které by mohli ohrozit firmu.

Finálním vyjádřením na projekt WIDER UPTAKE a na jeho aktivity v Evropě se Stakeholders více méně shodli, že v České republice je nutnost propagace používání recyklované vody pro širší veřejnost, ačkoli fakt, že používání recyklované vody se v Evropě stává běžnou praxí, tak v České republice k variantě použití může mít širší veřejnost odpor. Je nutnost aktivně demonstrovat studie pokusu WIDER UPTAKE a sdílet výsledky s dotčenými orgány za účelem optimalizace a za cílem předběžné přípravy Stakeholders pro možné použití recyklované vody v jejich odvětví. Pro uvedení příkladu finální motivace Magistrát hlavního města Prahy vyjádřil zájem o možné použití recyklované vody v nadcházejících projektech za účelem vytvoření příkladu pro ostatní města a obce v České republice

7 Projekt WIDER UPTAKE

Projekt WIDER UPTAKE spadá pod finanční program Horizon2020 (H2020, H20), díky kterému se provádí inovace systémů a technologie, které dopomáhají rozvoji Evropského hospodářství a globální konkurenceschopnosti Evropy [33]. Program Horizon2020 získal podporu evropských poslanců, protože v jejich pohledu program slouží jako prostředek k vytváření nových pracovních příležitostí, proto ho poslanci shledali výzkumy pod H20 jako důležitou investicí do budoucna. Hlavním cílem programu je dosáhnout v Evropě produkce vědy světové úrovně.

WIDER UPTAKE mezinárodní výzkumný program, který se zabývá vytvořením průmyslové symbiózy za cílem zvýšení efektivity použitých zdrojů, snížení emisního znečištění a rozvojem podnikání se zaměřením na chytré využití vody (water-smart). Projekt je založen na řadě inovativních řešení zefektivnění využití vodních zdrojů, vyvinutými vodárenskými společnostmi a velko-spotřebních soukromých průmyslových společností (stakeholders). Výstupem projektu není jen úspěšné vytvoření ekologické symbiózy mezi průmysly, ale také zefektivnění organizačního, regulačního, sociálního a ekonomického přístupu k inteligentnímu řešení pro vodu.

Projekt je rozdělen na jednotlivé části, zemědělství, stavební a výrobní, energie pro průmysly, využití odpadní vody a obnova zdrojů. V České republice se však aktuálně zabýváme pouze částmi využitím odpadní vody a zefektivnění stavební a výrobních činností. Celkovým cílem projektu je sestavit plán rozvoje, který povede k zavádění nových inteligentních řešení pro využití odpadní vody, s tím že cíle bude dosaženo pouze v případě splnění jednotlivých milníků.

1. Demonstrace studie o inovativním použití recyklované vody
2. Rozvoj monitorovacích schémat pro řízení zdravotních rizik
3. Vyhodnocení udržitelnosti použitých řešení
4. Vyhodnocení ekonomického výhledu s ohledem na budoucí aplikace
5. Zásady doporučení a návrh obchodního modelu
6. Vypracování rozvojového plánu na základě stakeholderů

Nutné inovace projektu jsou vynucovány především výhledovým pohledem na stav lidské populace v nadcházejících letech, s navyšováním obyvatelstva bude také nárůst

odpadních produktů a nastane také navýšení spotřeby vod. Tato změna bude mít vliv jak na finanční náklady pro chod domácností, ale také na ekologické prostředí především ve více obydlených oblastech. Nejdůležitějším aktuálním krokem pro omezení kritických stavů budoucích generací je třeba vytvořit model, který bere v potaz neustálé snižování spotřeby vody, podporu používání recyklovaných materiálů včetně recyklované vody a maximalizovat možnosti obnovy přírodních zdrojů. Tvorba nového modelu je, ale omezena nutností přejít z tzv. lineárního přístupu na přístup cirkulační, kde cirkulační přístup ukazuje na re-používání vody, to znamená, že se v lokalitě zdrží voda v oblasti prostřednictvím čištění a bude znovu použita. Tato změna povede ke snížení finančních nákladů a ke zlepšení ekonomických podmínek v oblasti, protože se nebude snížit objem čerpané vody. Je tedy nutno sestavit potřebnou legislativu a standardy kvality odpadní vody a vody recyklované, primárně za účelem vyhnutí se styku omezení z různých odvětví, tím jsou myšleny regulace a zásady pro omezení použití recyklované vody (př. zemědělství, zdravotnictví, energetika).

Použití recyklovaných vod znamená možné vystavení člověka zbytkovým látkám přímo ve vodě jako zbytkové organické látky, mikroorganismy, soli, zbytky léčiv, hormonů a mikroplastů. Kvůli zatím plně neznámým vlivům těchto látek na člověka, se budou kombinovat metody monitoringu a budou se sledovat hodnoty těchto látek ve vodách, které budou použity pro zavlažování v zemědělství. V případě části, která se odehrává v České republice, Praze (7.1), budou výsledné hodnoty zahrnovat ještě parametry nerozpuštěných látek.

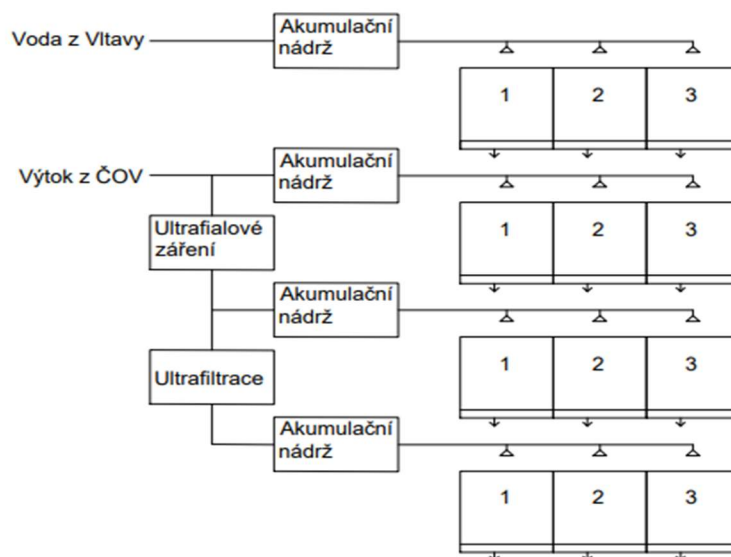
V rámci bezpečnostního opatření budou vyvinuty tzv. dimenze správa, ekonomické aspekty, dopady na životní prostředí, sociální aspekty a výkonnost aktiv. Veškeré dimenze budou mít specializovanou studii, které budou provedeny ve spolupráci se stakeholdery.

Z finančního hlediska bude provedena analýza dlouhodobého zisku, která posoudí, zda je finančně výhodné použít nové produkty, nebo přidat nové stakeholdery do symbiózy za účelem zvýšení zisku. V Praze se bude provedena ještě analýza zabývající se ekonomickým hodnocením a zlepšováním národní legislativy a na přijatelnost širokou veřejností.

Dopady projektu se budou projevovat na základě časové osy, kdy se nejdříve projeví krátkodobé dopady, které budou ovlivňovat průběh projektu samotný, poté se projeví střednědobé dopady, které budou vycházet ze přijetí výsledků stakeholdery a za dlouhodobé dopady se berou případy, kdy budou vyžadovány opatření třetích stran, za účelem splnění dlouhodobých strategií. Mezi konkrétní očekávané dopady projektu WIDER UPTAKE na společnost se bere výrazné snížení používání sladkovodních zdrojů, zefektivnění použití materiálů a jejich zotavování, mobilizace investic a synergie s dalšími nástroji financování, vytváření nových obchodních příležitostí a větší odolnost vůči změně klimatu.

7.1 Česká republika, aktuální řešení

Část projektu v České republice se zaměřuje na znovu použití vody v městském prostředí, převážně pro zavlažování městských parků a dalších zelených ploch, v konkrétním případě by se mohlo jednat i o zavlažování rostlin v Botanické zahradě Praha-Trója, která je příhodně umístěna poblíž čističky odpadních vod Praha-Bubeneč. Součástí pokusu je použití několika kvalit vody, konkrétně se jedná o přímo čerpanou vodu z Vltavy, čistý výtok nové linky čističky odpadních vod Praha-Bubeneč, výtok z čističky odpadních vod Bubeneč dezinfikován ultrafialovým zářením, výtok z čističky odpadních vod vyčištění kombinací ultrafialovým zářením a ultrafiltrace.



Obrázek 4- Základní schéma projektu

Box 3 výtok z čističky odpadních vod, vyčištěn ultrafialovým zářením, ultrafialové záření dezinfikuje buněčnou DNA. Pro projekt je použita UV lampa s nastavitelnou dávkou energie v rozmezí 50 až 150 mJ/cm² a k tomu bude ještě sledován stav nerozpuštěných látek. Porovnání účinnosti UV a dalšími chemickými čistidly bude provedeno v laboratoři VŠCHT Praha. Kombinace UV a chemickými činidly můžou ničit strukturu buněčných hmot tento jev bude studován v souvislosti s fotoreaktivací DNA, kdy některé patogenní organismy jsou schopny částečné regenerace DNA.

Box 4 výtok z čističky odpadních vod, vyčištěný UV zářením v kombinaci s ultrafiltrací. V případě upřednostnění filtrace by mělo dojít k odstranění nerozpuštěných látek a tím se zefektivnit účinek UV lampy. Ultrafiltrační membrány jsou v rozmezí 0,001 až 0,1 mikronu. V případě pokračování projektu se očekává možnost doplnění čistící jednotky UV+UF o NF (nano filtrace), která zvyšuje zadržení léčiv a hormonů z filtrované vody. Další metody jako sorpce na aktivním uhlí reverzní osmóza bude prováděna pouze v laboratorním měřítku.

Aktuálně je výzkum v rámci části pro Českou republiku, ve stavu před měřením. Bylo postaveno dvanáct pokusných nádob (nadále truhlíků), do kterých se zasadili rostliny, konkrétně (značení podle Obrázek 4) do truhlíku 1 se zasadil trávník, do truhlíku 2 se zasadily trvalky, do truhlíku 3 se zasadily keře. Následně se jednotlivé truhlíky budou zavlažovat různou kvalitou vody a bude se kontrolovat kvalita vody a množství, která proteče truhlíkem. Poslední přípravou projektu je zjištění množství vody, kterou je třeba truhlíky zavlažovat, aby rostliny měli dostatek vody pro růst a zároveň nebylo moc vody, aby zbytečně neprotékala a neovlivňovala finální kvalitu vody, která protekla truhlíkem a fungovala jako zdroj pro rostliny (doba závlahy 31).

Pro projekt bylo potřeba zajistit měření relativní vlhkosti a teploty vzduchu, měření hladin v akumulacích nádržích, snímač vodivosti (conductivity) a teploty vody, zákal (optický snímač zákalu), snímač vlhkosti zeminy, snímač pH a ovládací stanice. Veškeré měřicí technika, která bylo použita v rámci projektu je od společnosti FIEDLER (Tabulka 2). Nadále byli pro pokus použity trysky pro zavlažování po 4 kusech do truhlíku, čerpadla a příslušné potrubí pro zavedení rozvodu vody.

| | |
|-------------------------------|---|
| Měření ovzduší | RVT13/RK Přesný snímač relativní vlhkosti a teploty vzduchu, výstup RS485-FINET, radiační kryt |
| Měření v AkN | TSH37 2,5/5 ponorný snímač hladiny, rozsah 0-1 m v.s., výstup RS485 MODBUS RTU, 9600 Bd, sudá parita, kabel PUR 5 m |
| | ORP485-KS redox sonda s výstup RS485 (Modbus RTU / FINET), kabel 1,6m s M12 konektorem, 2x 3/4", pro TS1700 |
| | ESV11 Snímač vodivosti a teploty vody, výstup RS-485, FINET, kabel 5 m |
| | PH485-TS1700 – snímač pH a teploty vody v trubkovém držáku TS1700 s krytkou KE145, délka 1700 mm, výstup RS485 FINET nebo Modbus RTU, PUR kabel 5 m |
| | ESZK11 Optický snímač zákalu, nerezový držák senzoru o délce 1700 mm, komunikace RS485 |
| Měření půdy | CS650-DS snímač vlhkosti a teploty půdy, 30 cm hroty, výstup SDI-12, kabel 3 m |
| Měření na odtoku z AkN | TSH37 1/3 ponorný snímač hladiny, rozsah 0-1 m v.s., výstup RS485 MODBUS RTU, 9600 Bd, sudá parita, kabel PUR 3 m |
| | ORP485-KS redox sonda s výstup RS485 (Modbus RTU / FINET), kabel 1,6m s M12 konektorem, 2x 3/4", pro TS1700 |
| | ESV11 Snímač vodivosti a teploty vody, výstup RS-485, FINET, kabel 5 m |
| | PH485-TS1700 – snímač pH v trubkovém držáku TS1700 s krytkou KE145, délka 1700 mm, výstup RS485 FINET nebo Modbus RTU, PUR kabel 5 m |
| | ESZK11 Optický snímač zákalu, nerezový držák senzoru o délce 1700 mm, komunikace RS485 |

Tabulka 2- Měřicí technika, použita v rámci projektu WIDER UPTAKE

Na základě pokusu se zjistí optimální typ vody pro zavlažování zelených městských ploch, měřením zjistíme parametry pro konkrétní kvalitu zavlažovací vody a obojí se optimalizuje, aby výsledek byl co nejvíce ekonomicky vhodný pro použití v městských oblastech, ale aby se eliminovali veškerá rizika s recyklovanou vodou spojená.

Výstupem České části projektu budou optimalizované systémy pro použití vyčištěné

odpadní vody pro městské účely, jako zavlažování zelených částí, čištění ulic, nebo snížení poptávky za vodu (případně dalším novým účelem může být snížení účinků městských termálních ostrůvků, nebo zlepšení mikroklimatu).

7.1.1 Alternativní varianta měřící techniky

Alternativní volba měřící techniky je zaměřena na dosažení potřeby měření veškerých potřebných dat pro úspěšné provedení pokusu a co nejnižší finanční náklady. Při volbě jednotlivých komponentů se vybírali cenově nejdostupnější z webové stránky laskarduino.cz, protože na této webové stránce byli dohledány nejhodnější alternativy. Pro snímání teploty a vlhkosti vzduchu byl zvolen *Senzor teploty a vlhkosti vzduchu SHT3*, kdy výrobek je kalibrován přímo z výroby a má rozsah měření teploty mezi - 40 a 125 °C a přesnost měření je 0,3 °C (pro projekt dostačující kvalita). Rozsah měření vlhkosti je 0–100 % RH s přesností 3 % RH. Pro měření hladiny v akumulární nádrži byli zvoleny 2 části, a to *Ultrazvukový měřič vzdálenosti HC-SR04*, který funguje na principu odrazu od překážky s přesností 3 mm a maximální účinností 4 m a úkolem je sledovat aktuální stav hladiny v nádrži. Druhá část je *Plovákový senzor vodní hladiny, vodorovný*, který je zapojen pro snímání hladiny v nádrži a možnému ovládní čerpadla pro dočerpání vody do nádrže. Pro měření pH byl zvolen *DIY MORE Sonda E201 pro měření pH*, sonda umožňuje měřit pH v rozsahu 0–14 přesností 0,5. Měření rozpuštěných látek ve vodě je řešeno volbou *Čidla rozpuštěných pevných látek ve vodě TDS (Total Dissolved Solids)*, rozsah měření je 0–1000 ppm s přesností TDS 5 %. Pro znalost vody, která byla odvedena jako zavlažovací pro jednotlivé truhlíky bylo zvoleno *YF-S201 průtokoměr vody 130L/min*. Pro určení stability vody v akumulárních nádržích, konkrétně stavu zákalu ve vodě bylo vybráno *Čidlo zákalu vody TS-300 B*, senzor využívá optický senzor pro určení zákalu, který funguje na základě infračerveného světelné závoře. Pro určení nasycení, vlhkosti zeminy je vybráno *Čidlo pro měření vlhkosti půdy HD-38*. Jako ovládací modul byl vybrán *IoT ESP8266 Lua NodeMcu Amica CP2102 + WIFI modul*, výhodou je, že kombinuje přístup bodu WIFI a stanice + mikrokontroleru a využívá jednoduchý programovací jazyk. Modul lze ovládat přes *Boards Manager*.

| | | |
|------------------|---|-------|
| Měření ovzduší | Senzor teploty a vlhkosti vzduchu SHT30 | 98,- |
| Měření v AkN | Ultrazvukový měřič vzdálenosti HC-SR04 | 42,- |
| | DIY MORE Sonda E201 pro měření pH | 328,- |
| | Plovákový senzor vodní hladiny, vodorovný | 58,- |
| | Čidlo rozpuštěných pevných látek ve vodě TDS | 418,- |
| | YF-S201 průtokoměr vody 130L/min | 128,- |
| | Čidlo zákalu vody TS-300 B | 488,- |
| Měření půdy | Čidlo pro měření vlhkosti půdy HD-38 | 188,- |
| Ovládací stanice | IoT ESP8266 Lua NodeMcu Amica CP2102 + WIFI modul | 148,- |

Tabulka 3- Shrnutí alternativ měřicí techniky

Návrh měřicí techniky je pouze pro jednu měřicí větev, tím je myšleno že počet měřicí senzorů není započítán v uvedených cenách. Aktuální cena pro měření, bez rozvodného potrubí a potřebných spojovacích kabelů, skříňky pro ovládací modul a dalších krytek je přibližně 2 000 korun českých.

7.1.2 Doba nasycení, pokus

Pro uvedení projektu do části měření a získávání výpočetních dat, bylo potřeba zjistit nejvhodnější druh závlahy. Respektive optimální dobu závlahy (trysky vyvinou pevně daný přítok, takže objem vody závisí jen na době zavlažování), výsledkem tohoto pokusu, za optimálních podmínek, vznikne průměrná doba nasycení zeminy, která je v truhlících, díky tomu se bude vědět jakou dobu maximálně květiny zavlažovat a voda se nedostala do prostor, které jsou pod zeminou v truhlících, sloužící jako nádrž pro akumulovanou vodu, která už protekla.

Tento pokus probíhal jednoduše, veškeré truhlíky se zavlažovali po sobě navazující minutou a zjišťovala se doba, za kterou voda začne vytékat ze spodní výpustě, to znamená, že se nasýtila zemina.

| Číslo truhlíku (= doba zavlažení [min]) | Doba nasycení [min] |
|---|---------------------|
| 1 | 2.83 |
| 2 | 2.27 |
| 3 | 2.59 |
| 4 | 34.11 |
| 5 | 6.81 |
| 6 | 8.09 |
| 7 | 4.40 |
| 8 | 7.75 |
| 9 | 4.17 |
| 10 | 4.62 |
| 11 | 4.95 |
| 12 | 7.95 |

Tabulka 4- Naměřená data pro dobu nasycení

Pro následné výpočty a úvahy, bylo nutno vyřadit data ze čtvrtého truhlíku (čtyřminutové zavlažování), protože během měření došlo ke zjištění, že výtok z truhlíku byl ucpan, proto nebyla možnost zjistit přesnější čas nasycení. Truhlíky 1,4,7 a 10 jsou truhlíky s keři, truhlíky 2,5,8 a 11 jsou truhlíky s trvalkami, truhlíky 3,6,9 a 12 jsou truhlíky s trávnikem.



Obrázek 5- Graf nasycení zeminy

Můj první předpoklad byl, že se zemina (vzhledem k tomu, že ve všech truhlících je stejná zemina, jen se mění rostliny) bude sytit stejnou rychlostí na základě přidané vody, tím je myšleno, že zemina má určitou jakousi vsakovou rychlost, která je specifická pro zeminu a tím bude ovlivňovat výsledek pokusu, ale vzhledem k výsledkům mi bylo prokázáno, že ačkoli „vsaková“ rychlost byla u všech truhlíků stejně tak doba nasycení ne. Tento rozdíl vznikl, protože zemina v každém truhlíku byla ještě nasycený z předchozího zavlažení.

Z dat vychází že průměrná doba nasycení zeminy je něco málo přes pět minut, s tím, že pravděpodobně rychlost nasycení roste s dobou zavlažování, ale tuto teorii nemám podloženou přesnými výsledky. Když se odrazíme od průměrné doby nasycení tak můžeme předpokládat, že doba zavlažování bude pod zmíněných pět minut, za cílem delšího zdržení vody v zemině.

7 Shrnutí

Ve shrnutí bych rád zmínil, že v České republice problémy s vodou nejsou kritickým problémem, jako v ostatních státech, proto není třeba se strachovat o nedostatky vody v blízké budoucnosti, ale je nutné být obezřetný a vodou šetřit.

Voda je nejdůležitější složka pro život, společně se slunečním zářením, proto je nemilé vidět, jak se vodou plýtvá, na druhou stranu je potěšující přístup většiny lidské populace, který se snaží šetřit životní prostředí šetřením vody, tříděním odpadu a dalšími podobnými aktivitami, které pozitivně ovlivňují prostředí. Se šetřením prostředí úzce souvisí zefektivnění použití vody a tím i znovupoužití vody odpadní různé spotřební účely. Recyklovaná voda se dá využít v několika částech společnosti, a to v průmyslu, zemědělství a další účely zmíněné v kapitole 5. Omezení pro použití je pouze ze strany ministerstva zemědělství z obav ohrožení zisku a konzumentů na zdraví. Nadále je vhodné být přizpůsobiví k mezinárodnímu trendu používání recyklované vody, protože kromě dříve zmíněných použití, vede použití recyklované vody ke zlepšení ekologických podmínek a snížení finančních nákladů. V rámci projektu jsem zmínil nutnost zjištění optimálního typu vody s příslušnou doloženou kvalitou pro zavlažování zelených oblastí ve městech.

8 Seznam použitých zdrojů

- [1] *Energie šedých vod*, ASIO čištění a úprava vod [online], [cit. 15.4.2021], Dostupné z: <https://www.asio.cz/cz/energie-sedych-vod#:~:text=%C5%A0edou%20vodu%2C%20zejm%C3%A9na%20z%20koupe len,v%C3%BDrazn%C3%A1%20%C3%BAspor%20n%C3%A1klad%C5%AF%20na%20sto%C4%8Dn%C3%A9>.
- [2] *Budiž voda: Izraelská inspirace pro svět ohrožený nedostatkem vody*, SIEGEL, S. M., Praha Aligier, 2016. ISBN 978-80-906420-2-7
- [3] *Úprava pitné vody*, Martin Pivokonský, Praha AV ČR. ISBN 978-80-200-2985-0
- [4] *Češi spotřebují 133 litrů vody na osobu za den, přitom se mohou „omezit“*, Envi Web [online], [cit. 15.3.2021], Dostupné z: <http://www.enviweb.cz/113833>
- [5] *9 krajin, které spotřebují ročně nejvíce vody na světě*, Hydrotech [online], [cit. 16.3.2021], Dostupné z: <https://www.hydrotech-group.com/cz/blog/9-krajin-ktere-spotrebuji-rocne-nejvice-vody-na-svete-sx#:~:text=Anglie,75%20bili%C3%B3n%C5%AF%20litr%C5%AF%20vody%20ro%C4%8Dn%C4%9B>.
- [6] *5 Tvůrčích příkladů využití recyklované odpadní vody ve společnosti*, Hydrotech [online], [cit. 16.3.2021], Dostupné z: <https://www.hydrotech-group.com/cz/blog/5-kreativnych-prikladov-vyuzitia-recyklovanej-odpadovej-vody-v-spolocnosti#:~:text=56%2C8%25%20recyklovan%C3%BDch%20odpadn%C3%ADch%20vod,b%C4%9B%C5%BEen%C4%9B%20zavla%C5%BEov%C3%A1lny%20upraven%C3%BDmi%20odpadn%C3%ADmi%20vodami>.
- [7] *Z kanalizace do pivovaru: Dánský pivovar používá při výrobě svého piva lidskou moč*, Hydrotech [online], [cit. 17.3.2021], Dostupné z: <https://www.hydrotech-group.com/cz/blog/dansky-pivovar-pouziva-pri-vyrobe-piva-ludsky-moc>
- [8] *ČSN 73 2028 (Výroba betonu)*, Technor [online], [cit. 20.3.2021], Dostupné z: http://www.technicke-normy-csn.cz/732028-csn-73-2028_4_5556.html
- [9] *Češi vnímají recyklaci vody jako jeden z nejefektivnějších nástrojů v boji proti suchu*, TZ Veolia [online], [cit. 20.3.2021], Dostupné z:

<https://www.prumyslovaekologie.cz/info/cesi-vnimaji-recyklaci-vody-jako-jeden-z-nejefektivnejsich-nastroju-v-boji-proti-suchu>

- [10] *Seznamte se s využitím recyklace odpadní vod v průmyslu*, Květa Felklová [online], [cit. 20.3.2021], Dostupné z: <http://www.ovodarenstvi.cz/clanky/seznamte-se-s-vyuziti-recyklace-odpadnich-vod-v-prumyslu>
- [11] *Europoslanci schválili návrh na využití recyklované vody v zemědělství*, Naše voda [online], [cit. 20.3.2021], Dostupné z: <https://www.nase-voda.cz/europoslanci-schvalili-navrh-na-vyuziti-recyklovane-vody-zemedelstvi/>
- [12] *Recyklace vody v praxi*, Hydroplast [online], [cit. 20.3.2021], Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/uspory-voda-kanalizace/15267-recyklace-vody-v-praxi-aneb-zaver-projektu-demoware>
- [13] *Šedá voda*, Wikipedie [online], [cit. 28.4.2021], Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/%C5%A0ed%C3%A1_voda#:~:text=%C5%A0ed%C3%A1%20voda%20je%20ozna%C4%8Den%C3%AD%20pro,pra%C4%8Dek%2C%20m%C3%A9n%C4%9B%20p%C5%99%C3%ADhodn%C4%9B%20i%20kuchyn%C3%AD.
- [14] *Opětovné využívání odpadních vod*, Jiří Wanner [online], [cit. 21.3.2021], Dostupné z: <https://www.sovak.cz/sites/default/files/2019-05/5%20-%20Wanner%20-%20OP%C4%9ATOVN%C3%89%20VYU%C5%BD%C3%8DV%C3%81N%C3%8D%20ODPADN%C3%8DCH%20VOD.pdf>
- [15] *Monitoring sucha*, Český hydrometeorologický ústav [online], [cit. 22.3.2021], Dostupné z: <https://www.chmi.cz/aktualni-situace/sucho>
- [16] *Hrozí nám nedostatek pitné vody*, dtest [online], [cit. 22.3.2021], Dostupné z: <https://www.dtest.cz/clanek-7468/hrozi-nam-nedostatek-pitne-vody#:~:text=Nedostatkem%20vody%20rozum%C3%ADme%20jistou%20nerovnov%C3%A1hu,vody%2C%20kter%C3%A9%20br%C3%A1n%C3%AD%20jej%C3%ADmu%20vyu%C5%BEit%C3%AD.>
- [17] *Urban water reuse handbook*, Saeid Eslamian, CRC Press New York 2015, ISBN 978-1-78040-736-4

- [18] *Sucho a nedostatek vody*, Ministerstvo zemědělství [online], [cit. 24.4.2021], Dostupné z: http://eagri.cz/public/web/file/650424/MZe_sucho_a_nedostatek_vody.pdf
- [19] *iRozhlas*, Český rozhlas [online], [cit. 25.4.2021], Dostupné z: ONS - https://www.irozhlas.cz/zpravy-svet/rust-populace-cina-indie-nigerie_1910100641_zit
- [20] *Politika jednoho dítěte*, Wikipedia [online], [cit. 14.5.2021], Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Politika_jednoho_d%C3%ADt%C4%9Bte
- [21] *Globální změna klimatu*, EnviWiki [online], [cit. 16.4.2021], Dostupné z: https://www.enviwiki.cz/wiki/Glob%C3%A1ln%C3%AD_zm%C4%9Bna_klimatu
- [22] *Ztráty vod*, Pražské vodovody a kanalizace [online], [cit. 13.4.2021], Dostupné z: <https://www.pvk.cz/o-spolecnosti/technicka-a-vyrobni-data/zakladni-informace/ztraty-vody/>
- [23] *49. Ochrana životního prostředí v Ústavě a v Listině*, IUS Wiki [online], [cit. DATUM VYDÁNÍ], Dostupné z: <http://www.ius-wiki.eu/ustavni-pravo/pfuk/ustavko/zkouska/otazka-49>
- [24] *Územní teploty*, Český hydrometeorologický ústav [online], [cit. 26.4.2021], Dostupné z: <https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-teploty>
- [25] *Územní srážky*, Český hydrometeorologický ústav [online], [cit. 26.4.2021], Dostupné z: <https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-srazky>
- [26] *O změně klimatu*, Václav Kopecký, Jakub Eberle [online], [cit. 23.4.2021], Dostupné z: <http://www.amo.cz/wp-content/uploads/2015/10/Jaku%C4%8Dit-o-zm%C4%9Bn%C4%9B-klimatu.pdf>
- [27] *Zavlažování*, Wikipedia [online], [cit. 25.4.2021], Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Zavla%C5%BEov%C3%A1n%C3%AD#:~:text=Vodn%C3%AD%20zdroj%20pro%20zavla%C5%BEov%C3%A1n%C3%AD%20m%C5%AF%C5%BEe,pou%C5%BEit%C3%AD%20v%20n%C3%A1dr%C5%BE%C3%ADch%20nebo%20cistern%C3%A1ch>

- [28] *Kvalita vody pro závlahy*, Česká technologická platforma pro zemědělství [online], [cit. 25.3.2021], Dostupné z: <https://www.ctpz.cz/vyzkum/kvalita-vody-pro-zavlahy-644#:~:text=Kvalita%20z%C3%A1vlahov%C3%A9%20vody%20z%C3%A1vis%C3%AD%20p%C5%99edev%C5%A1%C3%ADm,voda%20a%20voda%20ze%20s%C3%ADt%C4%9B.&text=Chloridy%2C%20sod%C3%ADk%2C%20b%C3%B3r%2C%20dusi%C4%8Dnany,mohou%20zp%C5%AFsobovat%20probl%C3%A9my%20s%20toxicitou.>
- [29] *Kvalita závlahové vody*, ČTPZ [online], [cit. 4.5.2021], Dostupné z: <http://user.mendelu.cz/xvlcek1/kzp/Kval.zavl.vody.pdf>
- [30] *Prémiové pivo ERKO.*, Veolia [online], [cit. 22.3.2021], Dostupné z: <https://www.veolia.cz/cs/premiove-pivo-erko-pivo-z-recyklovane-vody-proc-ne>
- [31] Singapore, DataCommons [online], [cit. 12.5.2021], Dostupné z: https://datacommons.org/place/country/SGP?utm_medium=explore&mprop=content&popt=Person&hl=en
- [32] *Jak si Singapur zajišťuje vodu pro budoucnost*, Ekonomický deník [online], [cit. 11.5.2021], Dostupné z: <https://ekonomickydenik.cz/si-singapur-zajistuje-vodu-budoucnost/#:~:text=Singapu%C5%99an%C3%A9%20v%20sou%C4%8Dasn%C3%A9%20dob%C4%9B%20spot%C5%99ebuj%C3%AD,nedostatku%20vody%20kolem%20roku%202040.>
- [33] *What is Horizon 2020*, European Commission [online], [cit. 11.5.2021], Dostupné z: <https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/what-horizon-2020>
- [34] *Dosahovaná kvalita vyčištěné odpadní vody v moderních ČOV a ...*, Jiří Wanner [online], [cit. 13.5.2021], Dostupné z: <https://www.senat.cz/xqw/webdav/pssenat/original/92839/77839#:~:text=Terci%C3%A1rn%C3%AD%20%C4%8Di%C5%A1t%C4%9Bn%C3%AD%20znam%C3%A1%20do%C4%8Di%C5%A1%C5%A5ov%C3%A1n%C3%AD%20odpadn%C3%ADch,rady%2091%2F271%2FEHS.&text=%C4%8Derv.&text=v%20intervalu%200%2C1%20%E2%80%93%201.0,v%C4%9Bt%C5%A1inu%20%C4%8D%C3%A1stic%20o%20velikosti%20bakt%C3%A9ri%C3%AD.>

- [35] *Veolia*, Veolia [online], [cit. 14.5.2021], Dostupné z:
<https://www.veolia.cz/cs>
- [36] *Wider uptake of water-smart solutions*, Wider Uptake [online], [cit. 14.5.2021], Dostupné z: <https://www.sintef.no/projectweb/wider-uptake/>
- [37] *Voda – základní podmínka pro život*, Enviromentální výchova [online], [cit. 12.5.2021], Dostupné z: <http://www.zsnovestraseci-enviro.cz/1-stupen/voda-zakladni-podminka-zivota-na-zemi/>
- [38] *Kolik procent vody obsahuje lidské tělo*, AXA Healthkeeper [online], [cit. 12.5.2021], Dostupné z: <https://cz.axahealthkeeper.com/news/kolik-procent-vody-obsahuje-lidske-telo/>
- [39] *Koloběh vody*, Enviromentální výchova [online], [cit. 12.5.2021], Dostupné z: <http://www.zsnovestraseci-enviro.cz/1-stupen/kolobeh-vody-v-prirode/>
- [40] *Hospodaření s vodou*, Enviromentální výchova [online], [cit. 12.5.2021], Dostupné z: <http://www.zsnovestraseci-enviro.cz/1-stupen/hospodareni-s-vodou/>

9 Seznam obrázků

| | |
|--|----|
| Obrázek 1 - Graf změny srážek oproti roku 1961-1970 a 2011-2020 [22] | 13 |
| Obrázek 2 - Graf průměrných ročních teplot z CHMU [22] | 13 |
| Obrázek 3 – Logo beercyclingu [zdroj: https://www.linkedin.com/pulse/beercycling-54000-litres-arne-backlund]..... | 21 |
| Obrázek 4- Základní schéma projektu | 27 |
| Obrázek 5- Graf nasycení zeminy | 32 |

10 Seznam tabulek

| | |
|--|----|
| Tabulka 1 - Tabulka ztrát vody na inženýrských sítích v Praze [22] | 11 |
| Tabulka 2- Měřicí technika, použita v rámci projektu WIDER UPTAKE..... | 29 |
| Tabulka 3- Shrnutí alternativ měřicí techniky | 31 |
| Tabulka 4- Naměřená data pro dobu nasycení..... | 32 |

11 Seznam použitých zkratk a symbolů

tzv. – tak zvaně

resp. – respektive

AkN – akumulční nádrž

ČVUT – české vysoké učení technické

VŠCHT – vysoká škola chemicko-technická

DNA – Deoxyribonucleic acid

UV – ultraviolet (ultra fialové záření)

UF – ultrafiltrace nebo ultra filtr

NF – nano filtrace, nebo nano filtr

12 Seznam příloh