

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ

ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ KRAJINY

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF WATER MANAGEMENT OF THE LANDSCAPE

NÁVRH ADAPTAČNÍCH OPATŘENÍ K ELIMINACI KLIMATICKÉHO SUCHA

DRAFTING ADAPTATION MEASURES TO ELIMINATE CLIMATE DROUGHT

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Petr Šmaus

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

prof. Ing. Miroslav Dumbrovský, CSc.

BRNO 2017

Abstrakt

Cílem práce bylo navrhnout v zájmové lokalitě adaptační opatření, které by eliminovalo klimatické sucho. Dále byla v práci u navržených adaptačních opatření posouzena jejich účinnost a provedeno zhodnocení nad jejich navržením. Součástí a přínosem práce je rovněž informovat o problémech spojených s klimatickým suchem, nalezení jejich příčin a následných řešení.

Klíčová slova

Klíma, srážky, eroze, klimatické sucho, povrchový odtok, potok Vítovka, adaptační opatření, nedostatek vody.

Abstract

The aim of the thesis was to propose adaptation measures in the locality to eliminate climate drought. Additionally, the work on the proposed adaptation measures has been assessed in terms of their effectiveness and evaluation of their design. The part and contribution of the work is also to inform about problems related to climatic drought, finding their causes and subsequent.

Keywords

Climate, precipitation, erosion, climate drought, surface runoff, Vítovka stream, adaptation measures, lack of water.

Bibliografická citace VŠKP

Petr Šmaus *Návrh adaptačních opatření k eliminaci klimatického sucha*, Brno 2017, 55 s. 6 s. příl. Bakalářská práce, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství krajiny. Vedoucí práce prof. Ing. Miroslav Dumbrovský, CSc.

Prohlášení

Tímto prohlašuji, že jsem zadanou bakalářskou práci na téma Návrh adaptačních opatření k eliminaci klimatického sucha vypracoval samostatně a uvedl jsem v seznamu literatury veškerou použitou literaturu a další zdroje.

V Brně dne

Podpis

Poděkování

Rád bych tímto způsobem poděkoval panu prof. Ing. Miroslavu Dumbrovskému, CSc. za vedení, inspiraci, rady a řešení problémů v mojí bakalářské práci. Rád bych poděkoval panu Ing. Petru Lelkovi z MÚ v Odrách za poskytnuté informace o zájmové lokalitě. Rád bych rovněž poděkoval panu Ing. Jiřímu Grodovi ze společnosti Lesy ČR za přípravu sympozia, kterého jsem se za účelem získání informací o klimatu zúčastnil. Rád bych také poděkoval panu Bc. Hruběšovi za rady při práci v programu ArcGis.

OBSAH

1.	Úvod	8
2.	Klima	8
3.	Koloběh vody	10
4.	Srážky	4
	4.1.1. <i>Vertikální srážky</i>	11
	4.1.2. <i>Horizontální srážky</i>	11
4.2.	Změna vydatnosti srážek.....	12
5.	Výhled do budoucnosti	12
6.	Reakce obyvatel na klimatické sucho	15
7.	Opatření reagující na zvětšující se nedostatek vody	16
	7.1. Náhrada pitné vody za dešťovou.....	16
	7.2. Stávající vodní zdroje.....	17
	7.3. Budování nových vodních zdrojů.....	17
8.	Vliv ceny pitné vody na její spotřebu	18
9.	Okolnosti působící na návrh technického řešení	19
10.	Lidská činnost škodící krajině a přispívající ke klimatickému suchu	20
	10.1. Lesy a krajina.....	20
	10.2. Následky lidské činnosti.....	22
11.	Návrh adaptačních opatření k eliminaci klimatického sucha	23
	11.1. Popis zájmového území.....	23
	11.1.1. <i>Klima zájmové lokality</i>	25
	11.1.2. <i>Geologické poměry zájmové lokality</i>	25
	11.1.3. <i>Botanika zájmové lokality</i>	26
	11.1.4. <i>Živočichové žijící v zájmové lokalitě</i>	26
	11.2. Rozbor zájmového území.....	26
	11.3. Metody řešící návrh opatření.....	28
	11.3.1. <i>DMT</i>	28
	11.3.2. <i>CN křivky</i>	28
	11.3.3. <i>DesQ</i>	29
	11.4. Eroze.....	30
	11.4.1.1. Eroze vodní.....	31
	11.4.1.2. Eroze větrná.....	31
	11.4.2. <i>Opatření proti erozi</i>	31
	11.4.2.1. Agrotechnická opatření.....	31

	11.4.2.2.	Organizační opatření.....	32
	11.4.2.3.	Biotechnická opatření.....	33
	11.4.3.	<i>Výpočet eroze</i>	34
11.5.		Návrh adaptačních opatření k eliminaci klimatického sucha.....	35
11.6.		Diskuse, odůvodnění a zhodnocení adaptačních opatření.....	38
11.7.		Závěr.....	46
12.		Přílohy	47
	12.1.	Tabulky z DesQ	47
	12.2.	Fotodokumentace.....	49
13.		Použitá literatura	53
14.		Seznam tabulek	53
15.		Seznam obrázků	54
16.		Seznam grafů	54
17.		Seznam příloh	54

1. Úvod

V posledních desítkách let dochází na planetě Zemi k úbytku území zdrojů pitné vody a zmenšení jejich vydatnosti, což má za následek zmenšení území, která jsou lidstvem obývatelná. Vodní zdroje jsou omezené a v kombinaci se zvětšující se lidskou populací na planetě se stávají cennějšími, protože voda je nenahraditelnou surovinou. V důsledku toho, se neustále zvyšuje důležitost hospodaření s vodou. Pro populaci nabývá na důležitosti zejména snaha o maximální zachování vodních zdrojů, hledání nových. Důležité je rovněž efektivní hospodaření s vodami (využití dešťových vod) a čištění vod odpadních. Smyslem mojí bakalářské práce je navrhnout adaptační opatření k eliminaci klimatického sucha v zájmovém území.

2. Klima

Klima neboli podnebí, je označení pro dlouhodobý stav počasí. Na planetě Zemi jsou oblasti (pásy), které se dlouhodobě liší svým klimatem. Rozlišujeme tyto klimatické pásy: polární, subpolární, mírný, subtropický a tropický. Rozdíly mezi klimatickými pásy jsou dány rozdíly hodnot základních klimatických prvků, mezi které například řadíme srážky, sluneční svit, teplotu, vítr nebo výpar. Jednotlivé klimatické pásy jsou pak následně charakterizovány intervaly hodnot základních klimatických prvků. Klimatické prvky jsou statistické charakteristiky, které jsou odvozeny z prvků meteorologických. Je nezbytné dodat, že i klima v jednom klimatickém pásu se může lišit, protože je rozdíl mezi městským klimatem a klimatem v horách. Obrovský vliv na podnebí v jednotlivých státech světa má rovněž oceán, kdy v dané oblasti rozlišujeme podnebí oceánické a kontinentální.

Studiem podnebí se zabývá klimatologie. Pozorování klimatu pro určitou oblast (obvykle pro hydrometeorologicky uzavřený celek) se zabývá věda zvaná klimatografie. Souhrnné informace a výstupy z vědeckých pozorování jsou zaznamenány v klimogramech, které dávají informace, že naše planeta prochází neustálou klimatickou změnou. Klimatická změna probíhá v dlouhodobých časových úsecích (jedno desetiletí až miliony let). Klimatická změna je zapříčiněna několika vlivy. Jedná se například o změny slunečního záření dopadajícího na Zemi, změny biologických procesů, změny sopečné erupce, změny deskové tektoniky a následky lidské činnosti. Právě lidská činnost je často v posledních letech zmiňována jako příčina klimatických změn označovaná jako tzv. „globální oteplování“, což je stav pro změněný charakter klimatu, jež je dán větším množstvím energie v atmosféře. Nadměrné množství energie v atmosféře způsobuje zahřívání zemského povrchu, které ovlivňuje nestálost počasí spojenou s častějším výskytem silného větru, povodní, bouřek a sucha.

Podnebí má zcela zásadní vliv na život na naší planetě. Obecně platí pravidlo: „kde je voda, tam je život“. Bez vody by lidstvo nevzniklo a ani by nepřežilo. Dopady nestabilního klimatu můžeme pozorovat již nyní. Jsou nerovnoměrné, ale v nejbližších desetiletích se různým způsobem dotknou většiny obyvatel Země. Ztráta stability klimatu znamená ztrátu obývatelnosti mnoha území a jejich produktivity.[1]

Ztráta obývatelnosti území mimo jiné znamená, že na daném území bude velice těžké a mnohdy téměř nemožné nalézt adekvátně vydatný vodní zdroj, který by byl schopný zásobit všechny obyvatele v oblasti zasažené suchem. Pro obývatelnost území naší planety je rovněž důležité stav půdy (velikost, kvalita – tzv. bonita), na které lze pěstovat plodiny.

Podnebí tvoří podmínky pro život a je rovněž významným půdotvorným faktorem, protože srážky nebo sucho spojené s výparem mají vliv na stav půdní vláh. Pokud srážky nad

výparem převládají, dochází k přenosu látek z půdního profilu do větších hloubek, naopak při převaze výparu nad srážkami dochází k vzlínání vody s rozpuštěnými látkami z hloubky do svrchních částí půdního profilu. Dlouhodobý nedostatek srážek, resp. jejich přebytek společně s množstvím podzemní vody vede ke vzniku aridních, resp. zamokřených půd. Kromě množství srážek je důležitým faktorem jejich intenzita, četnost a skupenství.[1]

Zvětšené množstvím energie v atmosféře je příčinou vyšší teploty vzduchu v podnebí, která má spolu se slunečním svitem a rychlostí větru zcela zásadní vliv na výpar a teplotu půdy od které se následně odvíjí rychlost půdních procesů, jako jsou například humifikace (proces během kterého se z humusotvorného materiálu tvoří za účasti mikroorganismů humus) a dekompozice (rozklad živin).

Vyšší výpar je často kompenzován zvýšeným úhrnem srážek. Tento děj platí jen v některých lokalitách a lze zaznamenat na naší planetě oblasti, kde tomu tak není. Tyto oblasti pomalu, ale jistě vysychají. Jedná se zejména o oblasti v klimatickém pásu tropickém a subtropickém. V mírném klimatickém pásu pak rovněž dochází v určitých lokalitách k postupnému vysoušení, které je v jiných lokalitách mírného pásu doprovázeno zvýšeným úhrnem srážek. Srážky se postupně stávají navíc méně pravidelnými a rovnoměrnými, což má za následek změna klimatu, jež je podmíněna zvýšením energie v atmosféře. Podle předpovědí klimatických modelů lze v budoucnosti očekávat další nárůst teplot. Pokud by se tato předpověď vyplnila, tak by to znamenalo vyvedení současného stavu klimatu ještě do větších extrémů. Změny by se například dotkly jiného rozložení úhrnu srážek v průběhu roku. Předpověď říká, že by došlo k poklesu srážek v létě, které by pravděpodobně byly kompenzovány zvýšeným úhrnem v zimním období. Tyto změny by znamenaly vyšší ohrožení nepříznivé hydrologické bilance v létě, protože by bylo náročnější ze současných vodních zdrojů zajistit dostatečný odběr pro lidskou spotřebu. Tato změna by rovněž negativně zasáhla celou floru a faunu na planetě.

Vysychání lze označit za stav, při kterém je větší úbytek vody, než je její příjem v rámci dané lokality. Stav sucha lze rozdělit do několika druhů (kategorií). Můžeme rozlišovat sucho klimatické, půdní, meteorologické, hydrologické, socioekonomické a zemědělské. Sucho představuje dočasný pokles průměrné dostupnosti vody a je považováno za přirozený jev, pro který je charakteristický pozvolný začátek, značný plošný rozsah a dlouhé trvání.[2]

Obecně lze říci, že sucho lze chápat jako nedostatek vody, na který je potřeba provést opatření, která jej eliminují. Existují tři základní opatření: Minimalizovat poptávku po vodě, maximalizovat množství vodních zdrojů, lépe s vodou hospodařit. Opatření, jež lze provést za účelem eliminace nedostatku vody, jsou ovlivněna ekonomickou, společenskou a politickou situací v dané oblasti světa.

Při dominanci podnebí jako půdotvorného (pedogenetického) faktoru dochází ke vzniku klimatogenních (zonálních) půd.

Změny probíhají v dlouhodobých časových úsecích. Podle měřítka rozsahu, v němž se podnebí uplatňuje, se rozeznává makroklima, mezoklima, místní klima a mikroklima. Mikroklima uzavřených prostor se označuje jako kryptoklima.

3. Koloběh vody

Voda je v nekonečném pohybu a cyklicky proudí z oceánů do vzduchu, ze vzduchu na zem a odsud zpět do oceánů.[2]

Na planetě zemi je přibližně 1,45 miliardy km^3 vody. Z toho je asi 97,2% vody v oceánech, 2,2 % vody je vázáno v ledovcích. Zbytek vody je k dispozici rostlinám a živočichům na souši. Slunce svou energií dokáže mořskou (slanou) vodu vypařit. Denně se takto vypaří z oceánů a moří zhruba 416 000 km^3 vody, která se následně vrací na Zemi v podobě srážek. Asi 90% srážek dopadne zpět do oceánů a jen 10% na souš, kde se k vodě odpařené z oceánů přidává voda vypařená z řek, jezer, rybníků a rostlin. Celkové odhady počítají s tím, že denně je v ovzduší nad souší planety přibližně 62 000 km^3 vody. Z vody v ovzduší se stane srážka, která padá zpět na souš. Část srážek využije ke své potřebě vegetace, část se dostane do řek a odtud dále zpět do moří a oceánů. Zbytek srážek se vsákne do podzemí, kde se voda z velké míry vyčistí a shromáždí v pórovitých horninách. Vrstvy hornin prosycené vodou se nazývají akvifery (české označení je zvođen). V každé lokalitě je výška vody v podzemí jiná, a to v závislosti na klimatu, vegetaci, technické úpravě krajiny, druhu a mocnosti hornin. Tzv. hloubka podzemní vody je ustálená hladina vody v určité hloubce. Její výšku lze například zjistit vykopáním studny. Voda v akviferách není stálá, protože proudí k vodním tokům. Vydatné zásoby podzemní vody jsou podmínkou pro kvalitní život.

4. Srážky

Vzduch vlivem výparů obsahuje vodní páru, která je viditelná v momentě, kdy se z ní stanou malé vodní kapky. Oblaka a déšť jsou projevy fyzikálních procesů v atmosféře, ze kterých vyplývá, že čím víc je vzduch teplejší, tím více vody ve formě vodní páry je schopen pojmout. Zákonitě tedy platí i opak – čím je vzduch studenější, tím je jeho kapacita pro pojetí vodní páry menší. Jestliže je tato schopnost vzduchu překročena, pak dochází ke kondenzaci kapek (déšť). Příkladem kondenzace vodní páry je zamlžení oken, kdy dochází na chladnějším okenním skle ke srážení malých vodních kapek. Ke stejnému fyzikálnímu jevu dochází i ve vzduchu. Ke vzniku drobných kapek je potřeba takzvaných kondenzačních jader. Ve vzduchu platí, že se molekuly vody shlukují na mikroskopických částicích prachu. Platí tedy, že v každé dešťové kapce nalezneme „zrnko prachu.“ Z toho důvodu se nám vlhký vzduch po dešti dobře dýchá. Je to dáno i tím, že jsou z něj v průběhu tvorby srážky odstraněny prachové částice. Množství srážek a jejich celkový úhrn je tak ovlivněn nejenom vlhkostí vzduchu, teplotou, ale i množstvím (koncentrací) kondenzačních jader.

Teplota vzduchu s výškou výrazně klesá a tak se může stát, že i v letním období ve výšce několika kilometrů nad zemí je teplota pod bodem mrazu. Za těchto okolností kapky mrznou a stávají se z nich malé ledové krystalky, které spolu s kapkami ve vzduchu do sebe narážejí a shlukují se, čímž rostou. Vzniklé kapky jsou velmi malé, a proto se v atmosféře udrží a nepadnou hned k zemi. S růstem je spojen fyzikální jev: větší kapka dokáže k sobě „přisát“ menší kapky z nejbližšího okolí. Jev je dán tím, že vzduch okolo povrchu větší kapky je sušší než u povrchu menších kapek. Příroda se snaží rozdíl vlhkosti vzduchu vyrovnat a tak se malá kapka vypaří do té větší. Stejně to funguje i mezi krystalky.

Srážky jsou děleny na vertikální (padající z oblaků) a horizontální (usazené).

Oblak je shluk vodních kapek. V případě poklesu teploty pod bod mrazu je to shluk krystalků ledu nebo sněhových vloček. Vodní kapky začnou z oblaku padat k zemi, když dosáhnou vyšší hmotnosti a již se v oblaku neudrží. Jestliže množství kapek padajících dolů

není veliké, tak se tyto kapky stačí vypařit v atmosféře. Tento jev bývá označován jako jev virga – nejedná se o srážky na zemském povrchu.

V oblaku kapičky, vločky či kroupy vznikají. Proces vzniku, kdy dochází k nabalování jednotlivých kapek či kusů ledu který v oblaku stále rotuje od shora dolů, se říká u kapalných srážek koalescence a u tuhých koagulace.[3]

4.1.1 Vertikální srážky (padající z oblaků)

Základními srážkami rozumíme tzv. vertikální srážky, jinými slovy srážky padající z oblaků ať už se základnou velmi blízko zemského povrchu nebo ze středních vrstevnatých oblaků. Jedná se o srážky, které dopadají na zemský povrch, srážky které se během postupu atmosférou vypaří nelze považovat za srážky v pravém slova smyslu.[3]

Děšť je kapalnou srážkou, která vzniká v případě kladných teplot jak v blízkosti zemského povrchu, tak ve výškách. Dále se děšť objeví v případě teplého vzduchu v přízemních vrstvách. To znamená, že z oblaků padají ve sněhové vločky, které při vstupu do teplého vzduchu roztají, a následně se vyskytuje děšť. V teplé části roku prší ve všech vrstvách atmosféry, která se našich (středoevropských) podmínek týká. Sněžení nelze vyloučit ani uprostřed léta při značnějším vpádu studeného vzduchu, a to především polohách v nadmořské výšce nad 1 500 m n.m.

Srážky lze charakterizovat různými intenzitami. Malá intenzita je u slabých dešťů. Se zvyšující se intenzitou se jedná o deště přívalové, které přináší větší až extrémní srážkové úhrny. Kapičky deště o slabé intenzitě mají průměr od 0.5mm. U přívalových dešťů je velikost kapky v extrémních případech až 5mm. Projevem srážek je mrholení přinášející nízký srážkový úhrn, jenž je obtížně měřitelný případně zanedbatelný. Kapičky mrholení mají průměr menší než 0.5mm

Příkladem vertikálních srážek jsou například i smíšené srážky (děšť se sněhem), mrholení, kroupy nebo sněžení.

4.1.2 Horizontální srážky (usazené)

Ke kondenzaci nedochází jen v oblacích, ve výšce, ale i na zemském povrchu. Za srážky tedy musíme považovat i srážky vznikající usazením na zemském povrchu – tzv. srážky horizontální. K srážkám horizontálním řadíme i ty, které vznikají kvůli následkům změny a vývoje teplot. Jedná se o ledovku, náledí, zmrazky. Další druhy těchto srážek jsou uvedeny níže se stručným popisem jejich vzniku a následků jejich výskytu.

Rosa – jsou to průhledné vodní kapičky a vznikají kvůli noční kondenzaci vodní páry při poklesu teploty na teplotu rosného bodu na horizontálně položených objektech u zemského povrchu (trávníku, střechy). Rosa vzniká za bezvětřných nocí, kdy nedochází k promíchávání spodní vrstvy atmosféry, a to za předpokladu, že se vzduch v noci dostatečně ochladí a má dostatečné nasycení vlhkostí. Ke vzniku rosy dochází nejčastěji na podzim. Rosa mírně namočí povrchy předmětů.

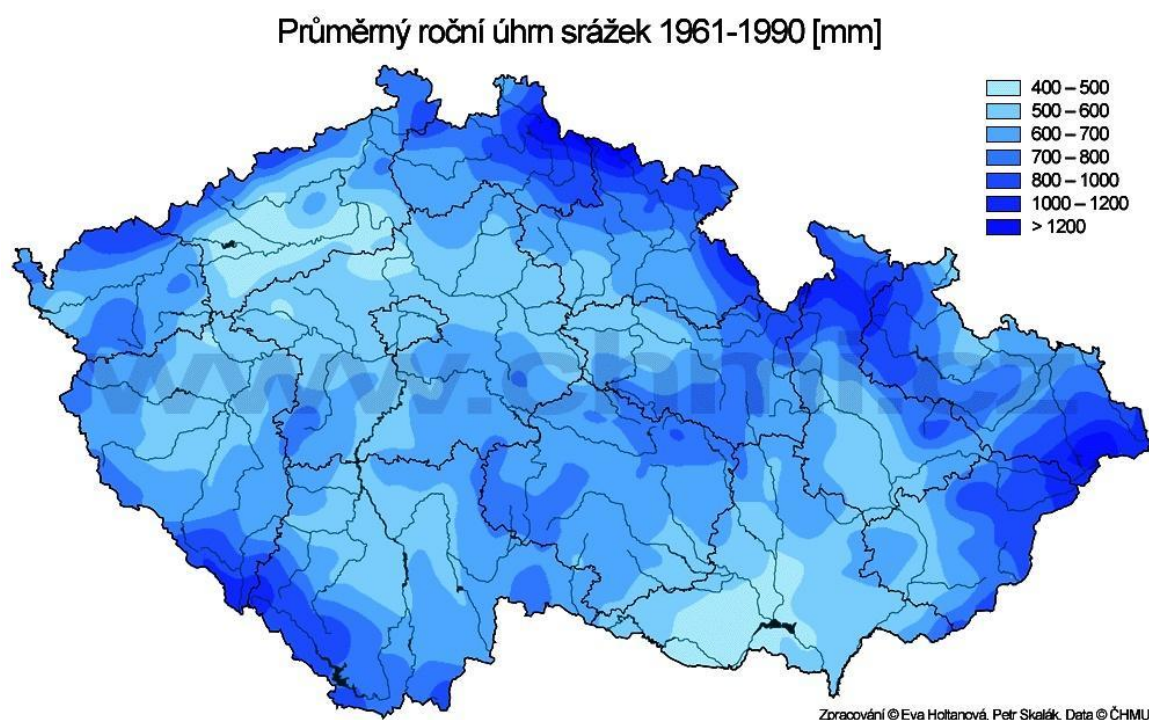
Dalším příkladem horizontálních srážek je jinovatka, která se tvoří na elektrických vedeních, rozích předmětů a budov. Předpokladem pro tvorbu jinovatky jsou záporné teploty (méně než -8°C) a dostatečná vlhkost v ovzduší.[3]

K horizontálním srážkám můžeme ještě řadit například námrazu, ledovku nebo náledí.

4.2. Změna vydatnosti srážek

Celosvětově se vydatnost srážek podle prognóz bude měnit. Pozitivní je očekávání nárůstu srážek v oblastech vysoké zeměpisné šířky – Kanada, Skandinávie, Sibiř nebo Arktida. Méně výrazný srážkový nárůst je předpovídan v některých tropických oblastech. Negativními a daleko důležitějšími změnami projde podle předpovědí většina subtropických oblastí, kde bude výrazný úbytek dešťů. Odhady meteorologů poukazují na více než dvacetiprocentní úbytek srážek, který se dotkne zejména některých částí Afriky a jižněji položených zemí Evropy. Nejvíce se úbytek srážek dotkne států aktuálně trpících nedostatkem vody a potravin. V těchto státech dnes žije téměř třetina lidské populace ohrožených suchem. Předpovědi říkají, že počet suchem ohrožených lidí, se do konce 21. století zvýší o stovky milionů. Všeobecně se tak dají změny shrnout tak, že v místech, kde je deště dostatek, tak bude pršet více a v zemích, kde je vody již teď nedostatek, tak srážek ještě ubude.

Na území České republiky rovněž dochází k nerovnoměrnému ročnímu úhrnu srážek. Je to dáno morfologií terénu podmiňující další fyzikální děje v atmosféře.



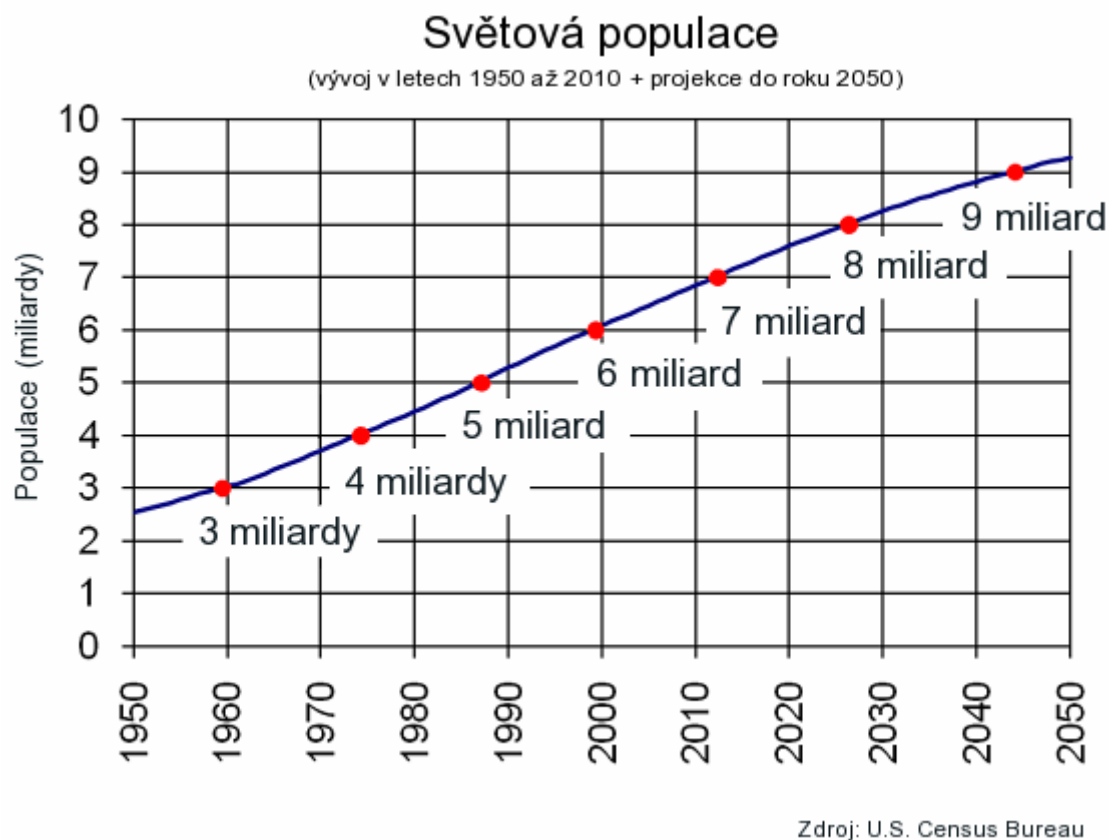
Obr. 1: Průměrný roční úhrn srážek v ČR v letech 1961 – 1990. [4]

5. Výhled do budoucnosti

Život je na planetě Zemi podmíněn přítomností vody, a proto všude, kde je voda, tak se vyskytují formy života – rostliny, lidstvo, zvířata. Přesto, že je na Zemi jen asi 0,6% vody sladké, tak s ní lidstvo velmi špatně hospodaří, zejména pak, jedná-li se o její značné znečišťování a nedostatečné čištění. Špatné hospodaření se sladkou vodou lze pozorovat především v Africe, mnoha státech Asie a Jižní Ameriky.

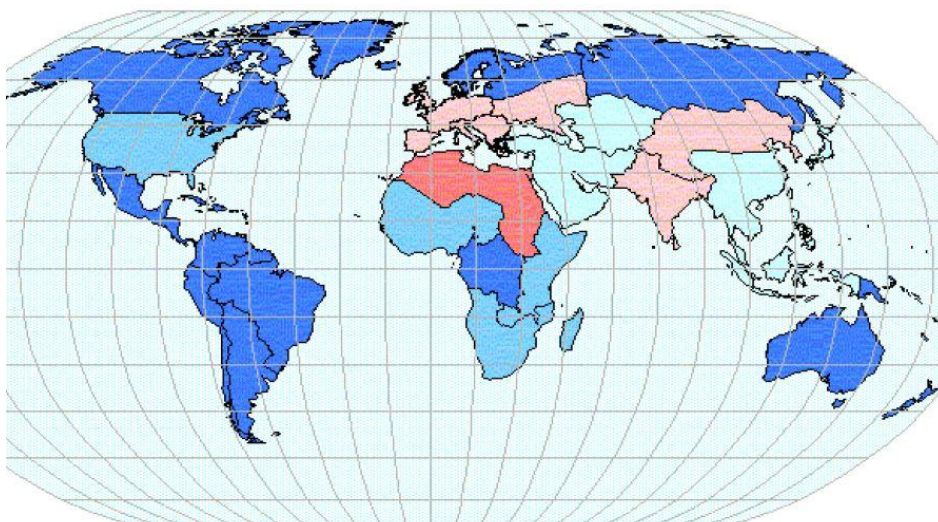
Jak již bylo zmíněno – voda je pro život nepostradatelnou a ničím nenahraditelnou surovinou. Na planetě Zemi se nachází přibližně 8,7 mil km³ sladké vody. Problém, který lidstvo bude muset řešit, je ten, že zatímco objem sladké vody je přibližně stejný, tak počet obyvatel na této planetě neustále přibývá. Podle grafu vypracovaného společností z USA

Census Bureau, bude při současném trendu růstu populace žít na planetě v roce 2050 přes 9,25 mld. obyvatel. Zatímco v roce 2010 to bylo jen 6,9 mld. Pokud bychom měli věřit této informaci, pak průměrný úbytek sladké vody na obyvatele bude oproti současnému stavu 25%

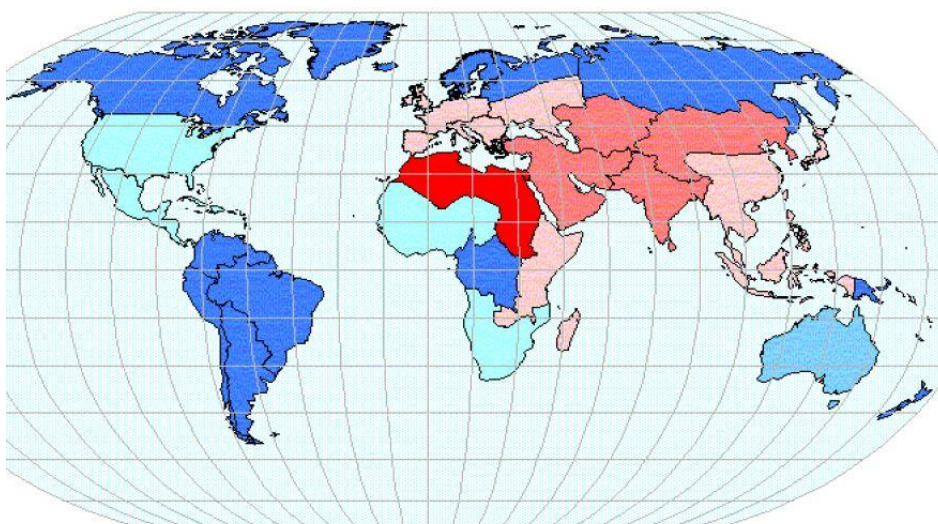


Graf. 1: Světová populace. [5]

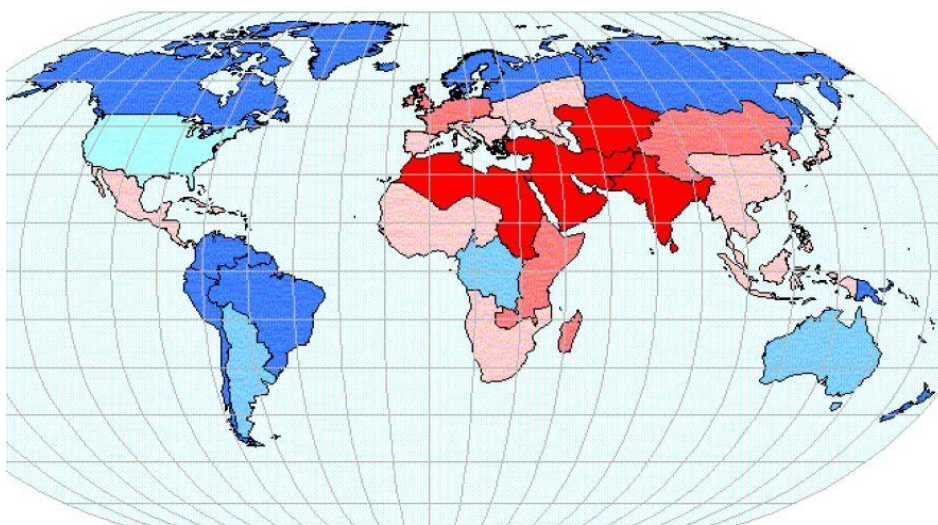
Reakce na nedostatek sladké vody v oblastech trpících suchem jsou následující: úbytek a migrace zvířat, nahrazení rostlin s většími nároky na vláhu za rostliny s menšími nároky na vláhu, migrace obyvatelstva (zejména pak ze severních států Afriky do Evropy a USA). Na obrázcích umístěných níže lze vidět, že dostupnost pitné vody neustále klesá. V zemích vybarvených modře je dostupnost vody dobrá. Státy vybarvené růžově až světle červeně mohou mít problémy s dostupností pitné vody. Oblasti vybarvené červeně jsou zasaženy suchem nejvíce a dostupnost sladké vody je v nich velmi špatná. Dostupnost pitné vody v budoucnosti v kombinaci s neustále se zvyšující populací může vyvolat tzv. „boj o vodu“, který by mohl v následujících desítkách let vést k politickým konfliktům znamenajících za určitých okolností i válku. Z obrázků si lze rovněž všimnout toho, že tento trend je dlouhodobý, a pokud chce lidstvo zachovat svou existenci, tak musí tento problém začít ihned řešit.



Obr. 2: Dostupnost pitné vody v roce 1950. [6]



Obr. 3: Dostupnost pitné vody v roce 1990. [6]



Obr. 4: Odhadovaná dostupnost pitné vody v roce 2025. [6]

6. Reakce obyvatel na klimatické sucho

Následky nedostačeného množství pitné vody v různých částech světa (zejména Afrika, jih Asie a části Jižní Ameriky) se nejprve vždy projeví na zdraví obyvatel. V těchto částech světa lidé často trpí infekcemi ze znečištěné vody a umírají z jejího nedostatku. Reakce obyvatel z takto zasažených oblastí je nám dnes dobře známa. Lidé se snaží migrovat do oblastí, kde je pitné vody dostatek, což je jedna z příčin tzv. uprchlické krize, která započala na podzim roku 2014. Obyvatelé – zejména ti ze severní části Afriky prchají zejména před chudobou, nemocemi a suchem. Všeobecně lze říci, že možnost obyvatel připojit se na vodovod s pitnou vodou poukazuje vyspělost a vyšší životní úroveň v dané lokalitě.

Z globálního, celosvětového pohledu vyplývá, že v budoucnu bude větší nouze o vodu. Vody bude nedostatek jednak proto, že populace na planetě se neustále rozrůstá, dále ubývá obyvatelných oblastí a navíc lidstvo špatně hospodáří s vodou. Zejména je tím myšleno špatné, nebo nedostatečné čištění odpadních vod, často nevhodný přístup politiků, podnikatelů a majitelů velkých továren k životnímu prostředí. K nevhodnému přístupu k životnímu prostředí přispívá hamižnost, touha po větším bohatství, neochota investovat část zisku do krajiny jako kompenzaci za zásah do přirozeného chodu přírody (vypouštění chemikálií z velkých průmyslových objektů místo výstavby čistíren).

Problému v podobě nedostatku vody jsou si lidé vědomi po celém světě. V některých zemích světa se snaží nedostatek sladké vody vyřešit odsolením mořské vody (Izrael, USA – Kalifornie). Tento způsob je ovšem velmi finančně nákladný. V Saúdské Arábii, která je velice bohatá díky četným nalezištím ropy, trpí minimem zdrojů sladké vody. Důvodem jsou nízké průměrné roční srážky, které dosahují 100 – 200 mm. Tento úhrn nestačí na doplnění zásob podzemní vody, a tak je drtivá většina území země neobyvatelná. Například orná půda se rozprostírá pouze na 1% země. Odhadovaná roční spotřeba vody je 23 km³ za rok, tak dešťovými srážkami se doplní pouhá desetina a proto se inženýři snaží průzkumnými vrtty nalézt nové vodní zdroje. Geologové totiž objevili v hloubce několika kilometrů pod terénem zásoby vody, které pocházejí z období mírnějšího klimatu poslední doby ledové. Způsobem, jak získat nový vodní zdroj, jsou hluboké vrtty. Ty zavlažují kruhová políčka s průměrem okolo jednoho kilometru, vytvářející v pusté poušti hustý vzor zelených oáz, kde se pěstuje zelenina, ovoce i pšenice. Zavlažování okolo středu je mnohem efektivnější než tradiční zemědělství, dovoluje například podrobnější kontrolu využití vody i hnojiv a přesné načasování zavlažování tak, aby nedocházelo ke ztrátám vody vypařováním.[7]

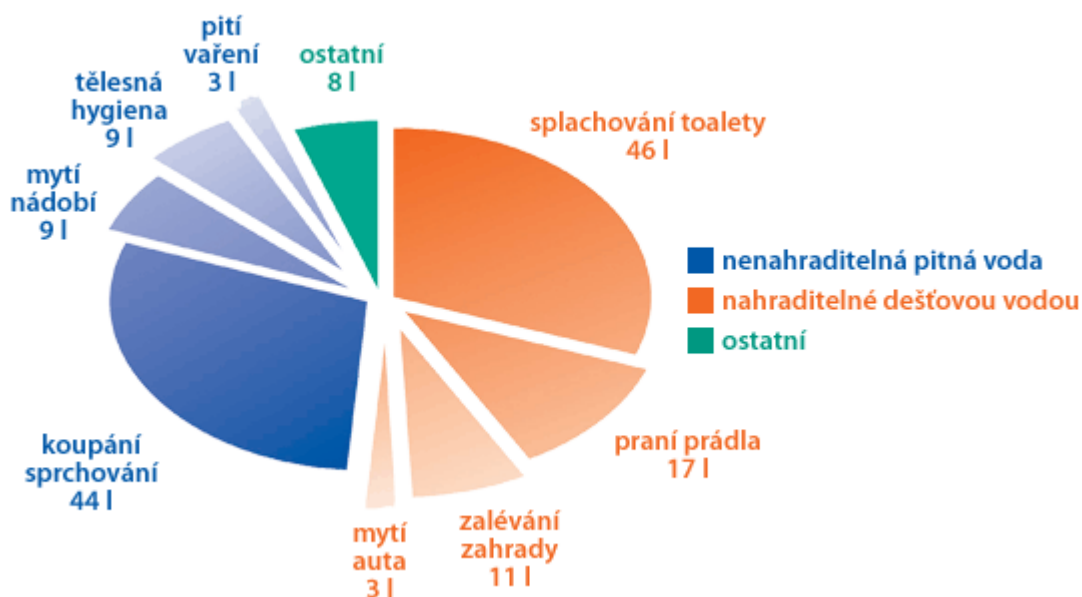
Těžké je ale posoudit, kolik vody v podzemí je. Odhady se pohybují od 252 do 870 km³. Návratnost investic vložených do hlubinných vrtů se uvažuje přibližně na 50 let.

7. Opatření reagující na zvětšující se nedostatek vody

V následujících odstavcích jsou uvedena řešení, jak lze zareagovat na sucho a zvětšující se nedostatek vody.

7.1. Náhrada pitné vody za dešťovou

Při projektování vodovodních řadů a určení denní spotřeby vody pro danou lokalitu se vychází z denní spotřeby vody na osobu, která je uvažována přibližně na 100 l. Pitná voda je distribuována potrubím do domu a je používána na vaření, umývání, praní, splachování nebo například splachování záchodů. Pokud ke spotřebě přičteme i to, že část obyvatelstva rovněž používá pitnou vodu z vodovodu na zavlažování plodin na zahradě, umývání aut nebo napouštění bazénů, pak se můžeme dostat i na spotřebu okolo 150 litrů pitné vody na osobu za den. Je zřejmé, že ne na všechny tyto potřeby je nezbytně nutné využívat pitné vody. V současnosti se již navrhuje a staví objekty s takzvaným dvojím rozvodem vody, který má za úkol zajistit nahrazení vody pitné za vodu dešťovou. Typickým příkladem, kdy lze nahradit vodu z vodovodu za „dešťovku“ je splachování toalet, ke kterému podle grafu uvedeného níže spotřebuje člověk přibližně 46 litrů za den. Dešťová voda se dá rovněž využít na praní prádla, mytí aut nebo zalévání. Podle grafu č. 2 lze říci, že až 77 l vody z denní spotřeby na osobu (cca 50% z denní potřeby jedné osoby) lze využít z dešťové vody. Tento způsob, jak snížit poptávku po pitné vodě, ale není v České republice (a ani celosvětově) moc rozšířen. Důvodem je vyšší technická náročnost, kdy je potřeba mít v daném objektu dva druhy potrubí, zařízení na zajištění potřebné kvality dešťové vody (např. filtry) a nádrž na zdržování. To vše se samozřejmě promítá do vyšší ceny nemovitosti, která je pro mnoho lidí příliš vysoká.



Graf 2: Denní spotřeba vody na obyvatele. [8]

7.2. Stávající vodní zdroje

Jak již bylo zmíněno, voda je jedinečnou a ničím nenahraditelnou surovinou, a proto je nezbytné její zdroje adekvátně zabezpečit, tak abychom o tyto zdroje nepřicházely. Za tímto účelem byla zřízena tzv. ochranná pásma vodních zdrojů, která mají zajistit ochranu kvality a vydatnosti povrchových nebo podzemních vodních zdrojů s průměrným ročním odběrem více než 10 000 m³. Vodní zdroje jsou ochrannými pásmy chráněny před následky lidské činnosti (hospodaření, výstavba infrastruktury, výroba, případné ekologické havárie, apod.). Ochranná pásma jsou stanovena vodoprávním úřadem, který je může změnit, zrušit nebo určit i pro vodní zdroje o menší vydatnosti než je 10 000 m³ za rok. Ochranná pásma jsou rozdělena do dvou stupňů.

OCHRANNÉ PÁSMO I. STUPNĚ

OP I. st. se stanovuje jako souvislé území v těsné blízkosti jímacího objektu. Rozsah je různý podle způsobu jímání:[9]

a. **nádrže** určené výhradně pro zásobování pitnou vodou – celá plocha hladiny nádrže při maximálním vzduť rozšířená o pruh o minimální šířce 50 m nad maximální kótu vzduť podél celé nádrže a podle potřeby i v účelném rozsahu podél vybraných přítoků nádrže,[9]

b. **ostatní nádrže s vodárenským využitím** – na hladině nádrže minimálně 100 m od odběrného zařízení,[9]

c. **vodní toky**

1. **se vzduťm** – na břehu odběru pruh v délce minimálně 200 m nad místem odběru proti proudu, po proudu k hraně vzdouvacího objektu, v šířce 15 m, ve vodním toku minimálně polovina jeho šířky v místě odběru, [9]

2. **bez vzduťm** na břehu odběru pruh v délce minimálně 200 m nad místem odběru proti proudu, po proudu do vzdálenosti 50 m od místa odběru, v šířce 15 m, ve vodním toku minimálně jedna třetinu jeho šířky v místě odběru, [9]

d. **u zdrojů podzemní vody** – minimálně 10 m od odběrného zařízení. [9]

OCHRANNÉ PÁSMO II. STUPNĚ

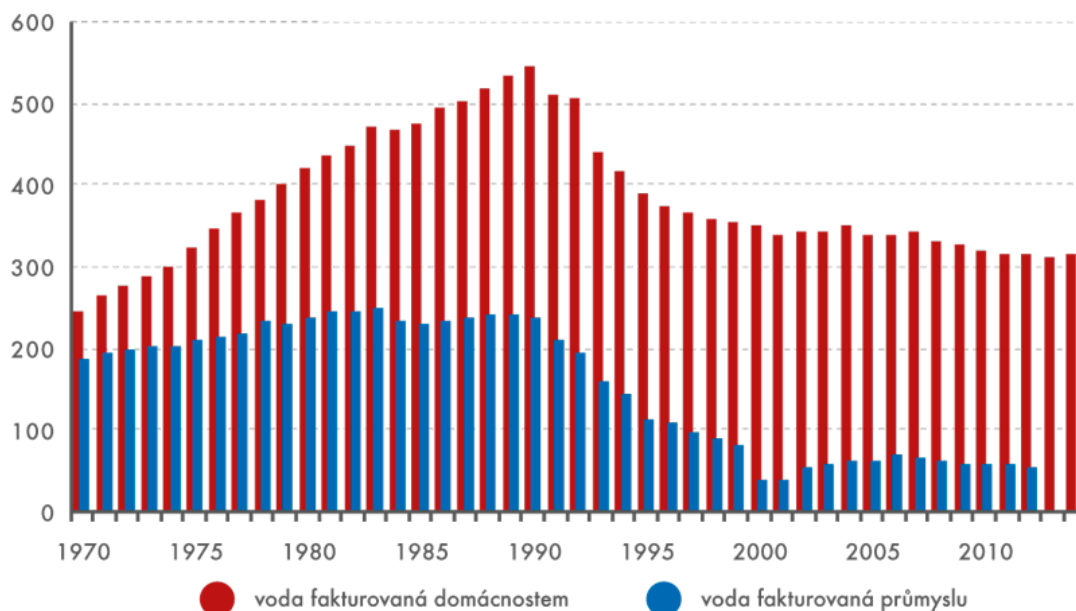
OP II. st. se stanovuje vně OP I. st., může být tvořeno jedním souvislým nebo více od sebe oddělenými územími, nemusí být stanoveno vůbec v případech, kdy území OP I. st. v daných místních podmínkách dostatečně zajišťuje ochranu vydatnosti, jakosti nebo zdravotní nezávadnosti vodního zdroje.[9]

7.3. Vybudování nových vodních zdrojů

Neustále se zvyšující cena pitné vody a méně častý výskyt srážek nutí obyvatelstvo k šetření a k nalézání nových vodních zdrojů. V současné době je v ČR velká poptávka po budování nových vodních zdrojů. Pro majitele pozemků a přílehlých nemovitostí se jedná nejčastěji o studny, které mohou být vrtané nebo kopané. MŽP ČR je si vědomo problémů spojených s klimatickým suchem a proto aktuálně nabízí veřejnosti dotační program, jehož účelem je použít získané peníze na vybudování akumulčních nádrží zdržujících srážky.

8. Vliv ceny pitné vody na její spotřebu

Množství pitné vody, kterým je potřeba danou lokalitu zásobovat je rovněž závislé na její ceně. I ve vodním hospodářství platí zákony tržního hospodářství, kdy po zvýšení ceny uvažované komodity (v našem případě pitné vody) automaticky klesá poptávka po dané komoditě. Tento jev byl například pozorován na začátku 90. let na území České republiky při přechodu z plánovaného na tržní hospodářství.



Graf 3: Množství fakturované vody v 100 000 000 m³. [10]

Zvýšení ceny pitné vody na počátku 90. let 20. století na území České republiky znamenala první zamyšlení obyvatel nad jejím spotřebovaným množstvím a donutila obyvatelstvo šetřit. Tento způsob jak snížit spotřebu pitné vody je čistě teoretický, protože pitná voda není běžnou komoditou, se kterou se může obchodovat tak, jak se například obchoduje se zlatem. Důvod je ten, že pitná voda je nenahraditelnou surovinou, a tak není ze společenského pohledu možné její cenu neustále zvyšovat, protože by to z dlouhodobého pohledu znamenalo vymírání lidí, kteří by si ji nemohli v dostatečném objemu zakoupit.

V předešlém odstavci jsem se věnoval poptávce po vodě vzhledem k její ceně. Cena pitné vody je dána její dostupností (vzdáleností osídlených oblastí od zdrojů pitné vody, finančními náklady na úpravu vody surové ve vodu pitnou splňující limity uvedené ve vyhlášce ministerstva zdravotnictví, efektivností distribuce vody z vodojemů do domácností, marží vodárenských společností, apod.). Z výše uvedených vlivů lze z technického pohledu měnit pouze efektivnost distribuce a nalezení bližšího a kvalitnějšího zdroje vody od měst a obcí. Ušetřit na úpravě vody, která je dána kritérii a limity pro pitnou vodu nelze, protože by to mělo následky na zdraví obyvatel.

9. Okolnosti působící na návrh technického řešení

Z uvedené škály opatření je zejména budování vodních nádrží radikálním ale stále méně vyhnutelným řešením sucha. Výstavba nových nádrží zajistí nový a vydatný vodní zdroj, který je ale zároveň velkým zásahem do krajiny. Realizace nádrží je v České republice jen těžko proveditelná, a to zejména z důvodů politických, finančních, společenských a legislativních. Se všemi zmíněnými okolnostmi se projektant (člověk vypracovávající návrh daného technického řešení) musí potýkat. Tyto okolnosti mají na volbu, umístění a rozsah samotného technického řešení zcela zásadní vliv, protože projektant je musí respektovat. Dalo by se říci, že z dostupných technických možností řešení, která jsou pro projektanty k dispozici, výše uvedené vlivy tvoří jakési mantinely, kterými je nezbytné se při tvoření návrhu řídit.

Pojďme se proto nyní společně podívat a detailněji rozebrat tyto hlavní 4 příčiny, které komplikují (omezují) realizaci stavby (staveb), jež by možná v budoucnosti mohla zachránit velké množství půdy, kde by se daly pěstovat plodiny, zachovat kvalitu života a život samotný.

Společenský názor a politická situace

Prvotním podnětem vedoucím k myšlence řešení klimatického sucha, je změna klimatu vyvolávající zvýšenou poptávku obyvatelstva po vodě doplněnou o předpovědi vědeckých pracovníků, kteří sledují vývoj klimatu. Tento podnět následně bývá medializován, šíří se, a následně může vzniknout celospolečenský názor začít řešit daný problém. V této fázi se celou problematikou obvykle začínají zabývat politici na regionální, a poté i celorepublikové úrovni. Politici mohou podle dohody a rad odborníků upravit legislativu a na vyřešení problému vyčlenit z rozpočtu část veřejných peněz (dotace, granty), ze kterých mohou být zaplaceny studie seznamující veřejnost s problematikou a ukazující přibližný návrh řešení problému (v našem případě klimatické sucho).

Velice důležité, při snaze úspěšně realizovat návrh technického řešení, je seznámení veřejnosti s vypracovanou studií a následné obhájení technického řešení, které musí být nejenom efektivní, cenově dosažitelné, ale rovněž společensky akceptovatelné.

Protože politika je věc veřejná a každý s ní spjatý v ní má své zájmy, tak není vždy projektantovi umožněno navrhnout ideální technické řešení. Mnozí politici (zejména ti na celorepublikové úrovni) kolikrát nejsou ani ochotni tak rozsáhlý a závažný problém, jakým eliminace klimatického sucha je, řešit, protože plánování, následná realizace a s ní spojený výsledný efekt pro hospodářství krajiny je kolikrát delší než plánované 4leté volební období. Docenění úprav krajiny není okamžité a následné změny stavebními úpravami způsobené, nejsou kolikrát jasně viditelné, a tak veřejnost nezasvěcená do problematiky takovou aktivitu neocení ani u voleb...

Legislativa

Každá stavba, u které je již zajištěno financování (např. dotace z EU, uvolněné peníze z ministerstev, z rozpočtu krajů, měst a obcí), musí nezbytně podléhat legislativním nařízením, které musí investoři, projektanti a zhotovitelé stavby respektovat. Zejména se jedná o zákon stavební, který říká, že prvním stupněm projektové dokumentace je dokumentace o územním rozhodnutí (umístění stavby). Dokumentace o územní rozhodnutí musí být v souladu s územním plánováním v dané lokalitě a PRVKůkem (územní plánování pro vodohospodářské stavby). Pakliže je stavba umístěna v místě, které je v souladu s územním rozhodnutím, pak je nezbytné získat svolení majitelů pozemků dotčených stavbou. V této fázi projektové přípravy dochází obvykle k mnoha úpravám (změnám

umístění), protože majitelé pozemků mohou být lidé vidící za realizací stavby na jejich pozemku způsob jak zbohatnout a žádají si tak za odkoupení svého pozemku přemrštěné a nereálné ceny, které investor není schopen zaplatit. Dalšími důvody, kvůli kterým nedojde k získání potřebných pozemků, jsou restituce a exekuce na pozemky dotčené stavbou. Častokrát se pak stává, že kvůli tzv. „boji o pozemky“ nedojde k realizaci stavby státního zájmu. V lepším případě se realizace uskuteční za výrazného zdržení, což vyvolá výrazné prodražení. Mezi stavby celospolečenského zájmu lze řadit například vodní nádrže nebo dálnice.

Finance – studie, rámcový odhad ceny stavby

Součástí vypracované studie a prvotním návrhem technického řešení, se kterým je veřejnost seznámena, je rámcový rozpočet navrhované stavby. Samotný rozpočet nám nedá přesné informace o ceně stavby, ale dozvíme se jen hrubý cenový odhad, který se zcela jistě změní. Změna ceny stavby může být vyvolána podrobnými a přesnými terénními průzkumy, po kterých bude detailně známa geologie terénu a tím pádem základové poměry stavby.

Velké stavby (vodní nádrže, rybníky, rozsáhlé terénní úpravy) jsou v naší zemi financovány z peněz veřejných – dotací z ministerstev ČR, z Evropské unie, z rozpočtů krajů, měst a obcí. Každá dotace má svá specifika žádosti. Obecně se ale dá říci, že základní podmínkou pro udělení dotace je platné vydané rozhodnutí o umístění stavby. Dotace často bývají přímo úměrné velikosti zájmového území, obce či města.

10. Lidská činnost škodící krajině a přispívající ke klimatickému suchu

Zvýšení teploty na naší planetě je dáno i přirozeným evolučním vývojem a vzájemnou změnou polohy Slunce a Země. Na mnoha okolnostech napomáhajících ke zvýšení teploty na naší planetě se podílí i lidstvo samo. V následujících odstavcích jsou uvedeny některé z příkladů, kdy lidská populace napomáhá vysoušení planety.

10.1. Lesy a krajina

Jedním ze základních prvků kvalitního a dlouhého života jsou lesy, ve kterých mimo jiné pramení potoky, řeky, probíhá fotosyntéza a žije zvěř. Pro lidstvo je na lesích z hospodářského hlediska nejcennější dřevo sloužící pro výstavbu, palivo a výrobu nábytku. Česká republika patří mezi země s nejpřísnější legislativou pamatující na zachování lesního půdního fondu, neboť je zákonem stanoveno, že po vykácení je nezbytné danou lokalitu do dvou let opět zalesnit. V jiných částech světa dochází k mohutnému a mnohdy ilegálnímu kácení. Zejména pak v oblastech Amazonských deštých pralesů, kterým se přezdívá „plíce světa.“ Bohužel k oteplování planety nepřispívají jen chamtiví a nezodpovědní lidé vidící za těžbou dřeva finanční zisk, ale rovněž lidská neopatrnost promítající se do lesních požárů.

Největší úbytek zalesněné plochy byl zaznamenán v Brazílii. V zemi, na jejímž území se nejvíce rozkládá amazonský prales. Extrémní kácení a vypalování bylo zaznamenáno v letech 2003 a 2004, kdy lidé zničili 27 000 km² pralesa ročně. Často se jedná o kácení ilegální, kterému se jen velmi těžko brání. Jenom pro srovnání. Tato plocha přibližně odpovídá třetině území České republiky. Situace byla zaznamenána, přednesena na konferencích a následně bylo na její řešení poskytnut finanční dar od norské vlády, nadací, zejména z USA. Ke zlepšení rovněž pomohlo zprísňení zákonů Brazílské vlády a častější kontroly pralesa tamní policií. Úbytek amazonského pralesa se vlivem opatření v roce 2009

zpomalil na 8000 km² za rok, což je nejméně za dobu, po kterou se úbytek pralesa sleduje družicovými snímky.

Amazonskému deštnému pralesu se přezívá „plíce světa.“ Je tím vyjádřena myšlenka, která upozorňuje na fakt, že se jedná celosvětově o unikátní území. Nikde jinde na naší planetě není tolik původních lesních porostů vedle sebe jako v povodí Amazonky.

Bohužel situace z posledních let se opět změnila k horšímu. Od června do července 2011 se rozloha zničeného amazonského pralesa v porovnání s předešlým rokem zvýšila přibližně 3,5krát. V současné době je navíc předložen Brazílské vládě zákon týkající se možnosti zemědělcům volněji nakládat s půdou na pozemcích v deštném pralesu. Zákon rovněž počítá se zrušením tvrdých pokut za ilegální odlesňování. Vlastníci menších farem do 400 hektarů by mohli obdělávat půdu blízko říčních břehů nebo například odlesňovat vrcholy kopců. Jestliže by zmíněný zákon byl schválen brazilským senátem a podepsán hlavou státu, pak by to mělo za následek další úbytek zalesněné plochy.

Nejde ovšem jen o počty hektarů zalesněné plochy, ale také o druhové (stromové) složení lesa. Klima je fyzikální projev přírody, na kterém se podílí populace po celou dobu své existence. Tím se z krajiny, klimatu a faktorů, které jej ovlivňují, stává záznam v kronice o tom, jak zde žily generace před námi a jaký život zde byl. Dokladem toho může například být změna ve složení lesa. Příklad bychom mohli najít v lesích v okolí Opavy, která v 17. a 18. století několikrát vyhořela. Na opravy a novou výstavbu zničených budov ve městě byl tehdy podle dobových záznamů pokácen smíšený les. Na jeho místě později byly vysázeny sazenice smrků. Tento jev se opakoval na mnoha lokalitách na území dnešního Moravskoslezského kraje. Důvod rozhodnutí zasadit smrky byl prostý. Smrky rostou daleko rychleji a jsou méně náročné na výsadbu a starost během jejich růstu než duby nebo buky, jejichž sazenice jsou navíc dražší. Celá situace se opět opakovala, když Ostrava a její okolí v průběhu 20. století potřebovalo dřevo na realizaci chodeb v dolech, kde se těžilo uhlí.

Následky změny se nám dnes vracejí. Příroda svým vývojem si sama „řekla“ jaké složení lesa je ideální. Nevhodný lidský zásah do krajiny nabolí vývoj, jenž byl opodstatněn dlouhodobými fyzikálními a biologickými vlivy. Přirozený les pro danou lokalitu, který bývá často smíšený, dokáže zachytit daleko více vláhy, a proto lépe čelí suchu, lýkožroutům, silným větrům a erozím. Smíšený les, v němž je zastoupena druhová různorodost, je tak díky své pestrosti schopen se vyrovnat s vlivy klimatu daleko lépe. Jako příklad dokreslující zmíněnou skutečnost nám poslouží smrková monokultura. Kořeny smrků jsou velmi mělké a nedosahují tak do velkých hloubek. Smrková monokultura rozlehlá na mnoha hektarech je tak velmi zranitelná v případě silných větrů, které mohou způsobit polomy, vyvrácení stromu. Následky dnes velmi dobře známe – strmý svah bez stromů a s vyvrácenými kořeny nemůže zpevnit svah, z něhož jsou tak během intenzivních dešťů odplavovány zeminy. Půda tak nevsakuje tolik vody a některá povodí jsou kvůli takovým okolnostem daleko víc náchylná k povodním. Přeměna smíšených lesů v lesy smrkové, má za následek mimo jiné úbytek lesních tůní, pokles hranice podzemních vod, snížení vydatnosti vodních potoků pramenících v lese a celkové vysychání lesů. Vysychání lesů není problémem jenom z důvodu úbytků vodních zdrojů, ale také z pohledu zmenšení ploch, ze kterých se může voda vypařovat. Menší vypařování vody pak přispívá k úbytku celoročnímu úhrnu srážek.

Jak již bylo zmíněno, smrkové lesy nedokážou zachytit tolik vláhy jako lesy smíšené, což se projevilo častějším výskytem povodní. Člověk tak provedl zásah do krajiny, který byl nesprávný, protože byl pro krajinu nepřirozený, a to i z toho důvodu, že pro smrk jsou typické oblasti v polohách nad 600 m n.m.

Tohoto problému si začali být vědomi správci lesů, kteří se od počátku 90. let snaží provést nápravu. Podle údajů společnosti LESY ČR bylo v Moravskoslezském kraji v roce 1992

přes 62% smrkového porostu. O 25 let později bylo zastoupení smrků přibližně o 20% nižší. Smrkový les je navíc náchylnější ke kůrovcům než smíšený, přirozený les. Cestou, jak právně spravovat les, by tak mělo být plné respektování přirozené fauny přírody a vyvarování se vysazování nepřirozených porostů.

Jestliže porovnáme údaje z katalogu klimatických oblastí a získaných měření, tak zjistíme, že byl zaznamenán nárůst průměrných ročních teplot o 0,3–1,6°C. Srovnání je s horní hranicí naměřených teplot. Výjimkou je pouze rok 2005.[11]

Stejný trend má i teplota ve vegetačním období, které probíhá od dubna do září. Naměřené teploty se od intervalu 11,2–14,0°C odchýlily ve sledovaných letech nad horní mez o 0,3–2,1°C.[11]

Oblast průměrných ročních srážek vykazuje na rozdíl od teplot klesající trend. Minimálního limitu 689 mm bylo dosaženo pouze ve výjimečném roce 2010. Pouze v roce 2007 se úhrn srážek přiblížil k minimu s rozdílem o pouhý 1 mm. Ostatní léta vykazovala deficit srážek od 49–189 mm. Ve většině let pak lze vysledovat zcela nevhodné rozložení srážek v čase.[11]

Tím je myšlen menší srážkový úhrn ve vegetačním období, nebo v období, kdy prší mnoho dní v kuse a příroda už není schopna zadržet více vody, která pak následně nenávratně odtéká do řek. Problémem je to, že po zmíněném deštivém období přijde období během kterého je minimum srážek, následkem čehož nastává sucho.

Roční úhrn srážek v roce 2010 byl mimořádný protože výrazně převýšil běžný standard. Důvodem tohoto jevu je exploze sopky na Islandu, která vyvrhla do vyšších vrstev atmosféry popel, který zapříčinil Srážkově „tragickým“ rokem se stal loňský rok 2015 s ročním úhrnem srážek pouhých 357 mm. Výsledky měření potvrzují trend narůstání průměrných teplot i závěry jiných autorů zabývajících se touto problematikou. Chřadnutí a hynutí smrku způsobené souborem výše popsanych vlivů má rozšiřující se tendenci a zahrnuje široké spektrum nadmořských výšek.[11]

10.2. Následky lidské činnosti

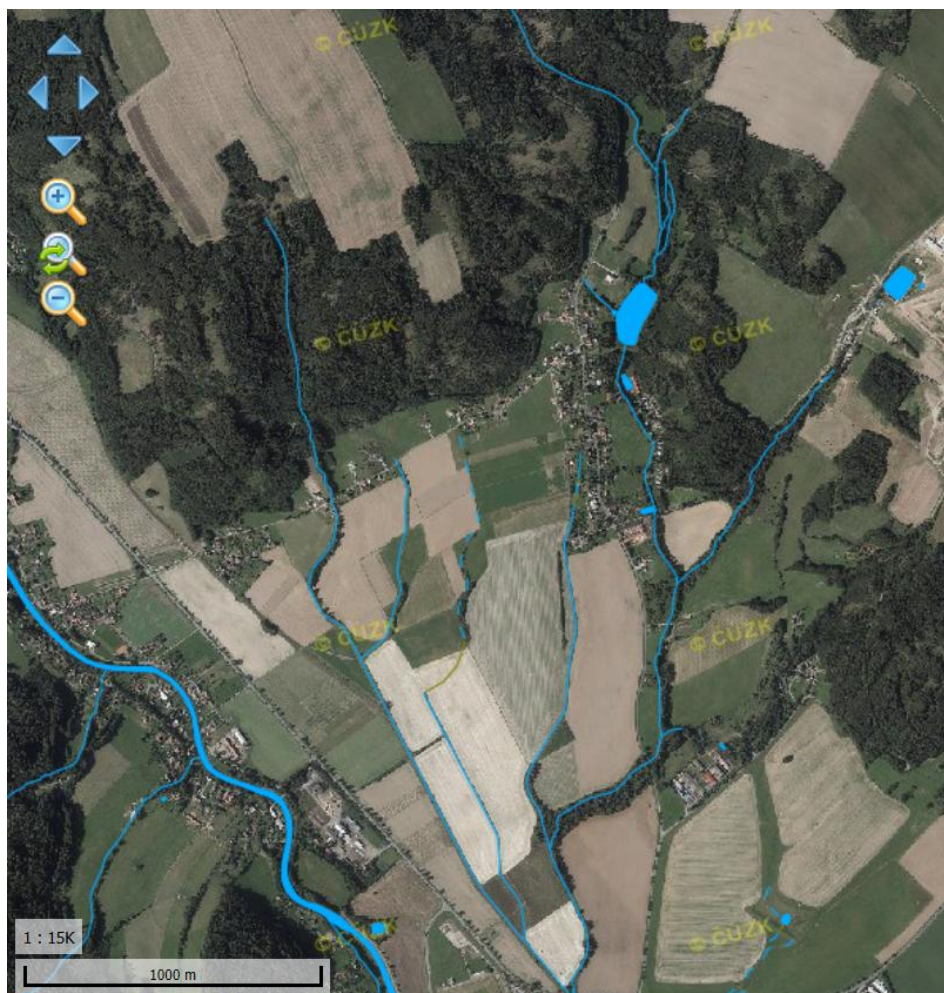
Jak jsem již uvedl v úvodu své bakalářské práce, příčinou klimatických změn na naší planetě je zvýšení teploty, za které může mimo jiné neekologické chování, plýtvání energií a zdroji (např. upřednostnění samostatné dopravy autem před společným cestováním MHD, apod.), výpary pocházející z továren a výstavba. Zejména pak parkovišť, nákupních center, obrovských průmyslových areálů, apod.

Zastavění polí, pastvin a luk znamená pro přírodu zmenšení plochy, na kterých se může planeta nechat ochlazovat deštěm. Místo vsáknutí úhrnu srážek do polí, tak jsou srážky sváděny do kanalizace a následně odtékají vodními toky, čímž klesá hladina podzemní vody a vzniká větší pravděpodobnost povodní. Na Severní Moravě nádrže byly v 90. letech 20. století postaveny nádrže Slezská Harta a Kružberk, za účelem ochrany regionu před povodňovou vlnou a především, aby sloužily jako zásobárna vody pro Ostravu a okolí. Tyto nádrže ovšem zcela změnily ráz krajiny a místní klima v mikroregionu Poodří, ve kterém od dokončení obou přehrad méně prší. Přehrady výrazně ochlazují vzduch, který má tendenci kondenzovat jinak než před dokončením obou přehrad.

11. Návrh adaptačních opatření k eliminaci klimatického sucha

11.1. Popis zájmového území

Vybraným zájmovým územím je povodí potoku Vítovka, které se nachází v Oderských vrších, okres Nový Jičín, Moravskoslezský kraj. Nadmořská výška zájmového území se pohybuje od 289 m n.m. do 380 m n.m.



Obr. 5: Ortofotomapa zájmového území. [12]

Potok Vítovka o délce 3685 m je levostranným přítokem řeky Odry. Výškový rozdíl mezi jeho pramenem a ústím do řeky Odry je 91 m. Potok Vítovka pramení severně od místní části Odry – Vítovka pod vrcholem kopce Chrastavec. Poté potok vtéká na území místní části Odry – Vítovka do nádrže, která byla vybudována za účelem zmenšení vodní eroze a protipovodňových opatření zajišťující ochranu severozápadní části města Oder. Jedná se o nádrž se sypanou zemní hrází. Dnes nádrž slouží k rekreačním účelům, zejména rybolovu a koupání. V minulosti byly plánovány další 2 takové nádrže, které měly zajistit zvýšení protipovodňových opatření, ale ze socio-politicko-ekonomických důvodů bylo od záměru upuštěno.

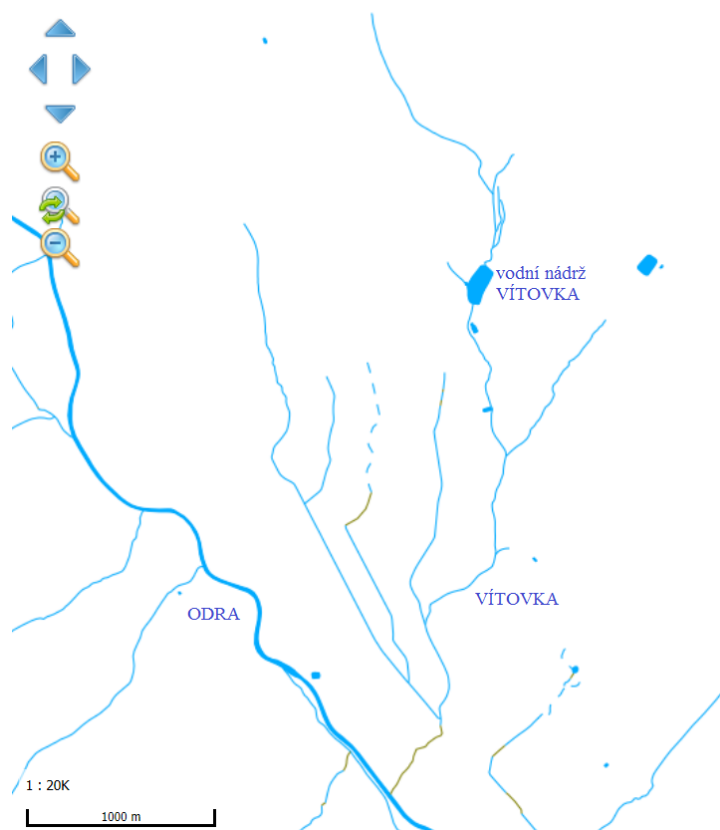
Voda z nádrže přes bezpečnostní přepad vtéká do koryta potoka, které prochází chatovou osadou. Protože v místní části Odry – Vítovka není vyřešeno čištění odpadních vod, tak se část odpadních vod z chat a rodinných domů dostává do potoka. Poté je trasa potoka vedena kolem luk krajinou, v níž jsou vzrostlé jasan, topoly, habry a olše. Dále se potok kříží

s komunikací, která spojuje Vítovku s Odrami. Dále potok teče kolem polí, na nichž je pěstováno obilí. Poté se do Vítovky vlévá bezejmenný levostranný přítok. Následně potok protéká otevřenými melioračními kanály, které jsou zatrubněny pouze v místech, kde potok kříží k železničnímu přejezdu u průmyslového areálu společnosti Semperflex Optimit s.r.o., kde se do potoku vlévají dva pravostranné bezejmenné přítoky odvádějící vodu z polí a přilehlých komunikací. V těchto místech začíná být koryto potoka zatrubněno. Vtok potoka do potrubí je opatřen pevnými česlemi. Zatrubněný potok Vítovka pak dále teče průmyslovým areálem společnosti Semperflex Optimit s.r.o. a ústí do řeky Odry. Vyústění do řeky Odry je opatřeno nornou stěnou. Je nezbytné dodat, že průmyslový areál společnosti Semperflex Optimit s.r.o. se nachází v místech přirozeného, dříve meandrujícího, koryta řeky Odry, které bylo narovnáno a posunuto přibližně o 200 m za účelem získání plochy pro výstavbu areálu. Zatrubněná část potoka Vítovka má kapacitní průtok podle projekční kanceláře Aquatis přibližně $6,33 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, což odpovídá Q_{20} potoku Vítovka.

Vyšší průtoky se přelévají do areálu a v kombinaci se vzdutím řeky Odry do výustního objektu způsobují vody Vítovky nebezpečné vyplavování ropných a jiných látek z průmyslového areálu, které není schopna účinně zachytit ani norná stěna na výtoku do řeky Odry.[13]

Tab. 1: Hydrologické údaje potoku Vítovka (hydrologické povodí č. 2-01-01-0430). [13]

Plocha povodí	Q_1	Q_2	Q_5	Q_{10}	Q_{20}	Q_{50}	Q_{100}
km^2	$[\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}]$	$[\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}]$	$[\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}]$	$[\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}]$	$[\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}]$	$[\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}]$	$[\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}]$
9,30	1,29	2,27	3,76	4,99	6,33	8,24	9,81



Obr. 6: Mapa vodního toku Vítovka.[12]

11.1.1. Klima zájmové lokality

Zájmové území se nachází v okrsku MT9 a průměrná roční teplota ovzduší je 8,0 °C. Pro klima tohoto označení je typické dlouhým létem, které je teplé a suché až mírně suché, krátké přechodné období s mírným až mírně teplým jarem a mírně teplým podzimem. Zima je v této klimatické oblasti krátká, mírná a suchá s krátkým trváním sněhové pokrývky.

Údaje neovlivněných n-letých vod vodního toku Vítovka byly stanoveny Českým hydrometeorologickým ústavem (ČHMÚ) ve II. a IV. třídě přesnosti v srpnu 2012.[13]

11.1.2. Geologické poměry zájmové lokality

Širší okolí zájmového území náleží dvěma geologicky odlišným jednotkám – horninám kulmu Nízkého Jeseníku, litologicky břidlicím a drobám, a zeminám karpatské předhlubně, litologicky neogenním marinním jílům a pískům. Horniny kulmu jsou stratigraficky reprezentovány hradeckými vrstvami, které mají charakter flyšového souvrství, často gradačně zvrstveného. V souvrství převažují psefity a hamity, podružněji jsou zastoupeny pelity. Převládající horninou jsou droby, které jsou modrošedé až šedomodré barvy s poměrně nízkou opracovanými zrny. Směrem do nadloží ubývá psamitická frakce, hornina je lépe vytríděna a narůstá pelitické složky v podobě černošedých jílovitých břidlic. Neogenní sedimentace je zastoupena spodnobádenskými vápnitými jílovci, písčitymi jíly a jílovitými písky. V povrchové vrstvě, překryté sedimenty kvartéru, je reprezentována ve velké mocnosti (cca 140 m) šedozelenými, vápnitými jílovci. Tyto jsou tvrdé, lokálně s lupenitou odlučností, výrazně degradují účinkem zvětrávacích procesů.[13]

Tab. 2: Složení zemin v zájmové lokalitě. [13]

	Bazální klastika			Povodňové zemin		
	Štěrky zajílovány	Štěrky čistý	Písek zajílovány	Jíl plastický, měkký tuhý	Jíl písčité měkký	Jíl písčité tuhý
třída	G3-GP	G2-GP	S3-S-F	F8-CH	F4-CS	F4-CS

Kvarterní souvrství reprezentuje několik genetických typů v území zastoupených v závislosti na morfologických poměrech. Pleistocenního stáří jsou spraše a sprašové hlíny. Svahové sedimenty jsou rozšířeny většinou výše v údolních svazích, kde tvoří prakticky souvislý pokryv hornin kulmu. Lokálně jsou rozšířeny i nad reliktu nejvyšších teras, které jsou dochovány na levém břehu řeky Odry. Fluviální sedimentace vyplňuje údolní dna vodotečí, kde nasedají na sedimenty neogénu. Litologicky jsou reprezentovány souvrství hlinitých štěrků při bázi a povodňovými soudržnými zeminami ve svrchním oddílu souvrství. Jejich celková mocnost v průměru nepřesahuje 5 m.[13]

Podzemní voda mělkého oběhu (kvartérní zvětrání) je vázána na bazální klastika Odry a jejich levobřežních přítoků. Jedná se tedy o vodu poriční, jejíž režim je přímo závislý na úrovni hladiny ve vodoteči, na kterou s malým časovým odstupem reaguje. V období maximálních průtoků (březen, duben) řeka Odra dotuje příbřežní zóny, v období nízkých vodních stavů (červenec až září) naopak území drénuje. Tomu bude odpovídat i chod hladin podzemní vody. Geologie terénu je považována za dosti silně propustnou až mírně propustnou s koeficientem filtrace v oblasti řádů $\times 10^{-5}$ až $\times 10^{-3} \text{ m.s}^{-1}$. [13]

Kvartérní zvođen je spojitá, průlinově propustná, s volnou až mírně napjatou hladinou hladinou. Propustnost je na základě archivních hydrodynamických zkoušek odhadována na $k_f = 3 \cdot 10^{-4} \text{ m.s}^{-1}$. Spodním izolátorem jsou spodnobádenské vápnité jíly až jílovce, které v zájmovém území nevystupují k povrchu. Litologický charakter sedimentů spodního bádeny je ověřen např. archivním vrtem OVHS 2, ve kterém je popisována cca 140 m mocná poloha prakticky nepropustných jílovců. Koeficient filtrace $k_f < n \cdot 10^{-9} \text{ m.s}^{-1}$. [13]

Za normálních stavů je směr proudění kvartérní podzemní vody generelně k vodoteči, tj. jihovýchodním směrem, přičemž Odra je drenážní bází území. Lokální směry proudění jsou ovlivněny morfologií povrchu předkvartérního podloží a budou se projevovat především při nízkých vodních stavbách. Při proudění podzemní vody se uplatňuje i drenážní účinek starých říčních koryt – preferovaná říční cesta, viz poloha původního koryta, popř. obdobně i trasy liniových staveb. Hladina byla archivními vrty zastižena mělce pod kótou terénu a ustálila se v úrovni 0,5 – 3,4 m pod terénem, na kótách 290,82 – 292,03 m n.m. Vydatnosti zdrojů této zvodně jsou vesměs nízké a pro vodárenskou praxi vesměs bezvýznamné. Jsou označovány za nespolehlivé pro celoroční odběr (především v období nízkých vodních stavů). Mají tedy jen lokální význam pro zásobení jednotlivých domácností domovními studnami, částečně jsou využívány průmyslovými, popř. zemědělskými subjekty. [13]

Z hlediska propustnosti je hranicí koeficient filtrace řádu $1 \cdot 10^{-5}$ až $1 \cdot 10^{-6} \text{ m.s}^{-1}$, čemuž odpovídá většina zemin s výjimkou čistých hrubozrnných zemin (šterků a písků). Obecně vhodnými materiály jsou velmi slabě propustné soudržné zeminy symbolu MG, CG, ML-MI a CI – CL, viz tabulka orientačně mechanicko-fyzikálních vlastností zemin zhutněných energií Proctor standart při optimální vlhkosti. [13]

11.1.3. Botanika zájmové lokality

V zájmové lokalitě se nachází v horním úseku toku Vítovka dřevnaté porosty. Jedná se o mozaiku dřevin s dominantním zastoupením vrb a minoritním jasanů, olší, líp, smrků, bříz, javorů, habrů, topolů. Na vrbách je jmelí. Zájmové území je mimo porosty dřevin převážně tvořeno zemědělskou půdou, na které jsou pěstovány nejčastěji obilniny, nebo kukuřice. Na okrajích luk nacházejících se okolo potoka a sloužících pro pastvu dobytka můžeme například z rostlin nalézt zběhovce plazivého, svízel, kopřivy. Kolem kanálů a vodoteče nejčastěji roste chrastice rákosovitá, rákos obecný, opletník plotní, svízel přítula a kostival lékařský.

11.1.4. Živočichové žijící v zájmové lokalitě

Povodí potoka Vítovka je velice pestré a bohaté na živočichy, protože se v něm vyskytuje rak říční, čmelák, mihule potoční. Z ryb nejčastěji nalezneme vrunku obecnou nebo střevle potoční. Žáby jsou nejpočetněji zastoupeny skokanem hnědým a ropuchou obecnou. Dále v okolí potoka Vítovka našla své útočiště ještěrka obecná, slepýš, čáp bílý, krkavec, vlaštovka, vydra říční, veverka obecná, netopýr vousatý, zajíci. V uplynulých letech byl zaznamenán výskyt bobra evropského.

11.2. Rozbor zájmového území

Zmíněnou zájmovou lokalitu jsem si vybral z následujících důvodů: V letních měsících je na plochách určených na zemědělské účely nedostatek vody k závlaze. Naopak na jaře, v době tání sněhu, nebo v době dlouhodobých dešťů dochází k vybřežení potoka Vítovka, který tak způsobí zatopení části města Oder i v průmyslovém areálu Semperflex Optimit s.r.o. K záplavám dochází pokaždé při dosažení 20-ti letého průtoku. Problematikou na vyřešení protipovodňové ochrany se v dané lokalitě již začalo zabývat Povodí Odry, které od 1.1. 2011 převzalo správu nad povodím potoka Vítovka. Povodí Odry zadalo projekční

vodohospodářské kanceláři Aquatis Brno a.s. studii technické proveditelnosti za účelem návrhu řešení protipovodňových opatření. Projekční kancelář Aquatis Brno a.s. vypracovala návrh, jak zamezit povodním v povodí potoku Vítovka, odlehčovací ramenem o přibližné celkové délce 1015 m, při zachování stávajícího koryta potoku Vítovka. Nově vybudované odlehčovací rameno mělo odvádět vodu z potoka Vítovka kolem průmyslového areálu do upraveného koryta vodního toku řeky Odry. Na vypracovaný návrh vydal Městský úřad v Odrách, odbor životního prostředí (vodoprávní úřad) nesouhlasné koordinované stanovisko, které bylo zdůvodněno mimo jiné tím, že kyneta odlehčovacího ramena tvoří migrační bariéru pro živočichy. Realizace návrhu by navíc podle MÚ v Odrách znamenala velkou změnu do krajinného rázu, jejíž součástí by bylo i částečné vykácení stávajících dřevin. Budoucnost návrhu protipovodňových opatření v povodí potoku Vítovka je aktuálně v dalším jednání, která zahrnují hledání kompromisů.

Součástí vypracování bakalářské práce bude návrh eliminace sucha v zájmové lokalitě. Jak již bylo zmíněno: změna klimatu znamená větší nepravidelnosti srážek, které jsou spojeny s extrémním úhrnem srážek ve velmi krátké době. Poté obvykle následuje delší období bez deště a později nastává sucho. Tento nepravidelný cyklus srážek (buď extrémní dešť nebo sucho) se střídá čím dál tím častěji. V praxi to pak znamená následující: během krátké doby spadne obrovský úhrn srážek, se kterým si krajina neumí poradit. Často pak následují povodně, zničené břehy vodních toků, škody na majetku a v případě rozsáhlých povodní rovněž ztrátu lidských životů.

Období s větším úhrnem srážek je pak následně vystřídáno obdobím bez jakýchkoli dešťů, což přináší v především v letních měsících obrovské potíže zemědělcům nebo vysychání lesů, které dopomáhá k častějším lesním požárům. Sucho rovněž přináší škodu na majetku (ušlý zisk zemědělců, požár v lesích, úhyn dobytka, atd.).

Z výše uvedených poznatků je zřejmé, že povodně a sucho spolu velmi úzce souvisí. Takže návrh na úpravu krajiny za účelem dosažení opatření k eliminaci klimatického sucha rovněž znamená opatření vedoucí ke zmenšení pravděpodobnosti výskytu povodní. Proto jsem se rozhodl principiálně pojmut svůj návrh adaptačních opatření tak, aby se zájmová lokalita více přiblížila jakési „houbě“ která by měla mít za úkol zpomalit výše uvedený nepravidelný cyklus extrémních úhrnů srážek ve velmi krátké době. Změněná zájmová lokalita („houba“), tak bude schopna zachytit více vody během vysokých úhrnů srážek v krátké době a zajistí tak nejenom vyšší zásoby vody pro období, kdy nastane delší období bez deště a hrozí sucho, ale rovněž zmenší následky případných povodní.

Pro můj návrh adaptačních opatření vedoucí k eliminaci sucha bylo nejprve potřeba se důkladně seznámit se zájmovou lokalitou. Za tímto účelem jsem dne 14.4.2017 provedl místní šetření, během něhož jsem pořídil fotografie, které jsou součástí přílohy. Jako podklady pro vypracování práce sloužily digitální podklady vztažené k zájmové lokalitě, které program ArcGis 10.1 vyhodnotil. Charakteristiky zájmového území jsou uvedeny tabulce.

Tab. 3: Vstupní veličiny – charakteristika zájmového území.

VSTUPNÍ VELIČINY		Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky
F	plocha povodí	9.3			[km ²]
F _s	plocha svahu		5.4	3.9	[km ²]
I _s	průměrný sklon svahu		7.3	7	[%]
γ	drsnostní charakteristika		9	9	[sec]
L _u	délka údolnice	4			[km]
I _u	průměrný sklon údolnice	3			[%]
CN _{typ}	typ odtokové křivky(1,2,3)		2	2	[...]
CN	číslo odtokové křivky		75.6	78.9	[...]
N	doba opakování	5,10,20,50,100			[roky]
H _{1d5}	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=5	51.2			[mm]
H _{1d10}	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=10	58.6			[mm]
H _{1d20}	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=20	66.3			[mm]
H _{1d50}	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=50	75.8			[mm]
H _{1d100}	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=100	83.2			[mm]

Schopnost zájmové lokality pojmut co největší objem srážek vyjadřuje v tabulce hodnota CN (číslo odtokové křivky), jejichž detailnějšímu popisu je věnována následující kapitola.

11.3. Metody řešící návrh opatření

11.3.1. DMT

DMT (digitální model terénu) byl vytvořen v programu ArcGis, který digitálně zpracoval geografické informace a geometricky popsal terén.

11.3.2. CN křivky

Metoda CN křivek a je prostředkem pro zjednodušený výpočet odtoku srážek na menších povodích. Srážka je rozdělena na ztráty a efektivní déšť. Jako ztráty si můžeme představit například vsak nebo výpar. Čísla CN křivky charakterizuje povodí. Charakteristikou povodí jsou myšleny půdní poměry (druh zemin), využití území a předchozí vláhové podmínky. Použité vztahy vychází z měření a jsou odvozeny na základě analýz, které proběhly v malých povodích v USA, kde má metoda CN křivek původ.

CN křivky nabývají hodnot zhruba od 30 (v takovém případě jsou velké ztráty na povodí) do 100 (srážky spadnou na plochu povodí z něj i také odtečou). Pro povodí s různými charakteristikami jednotlivých lokalit se výsledná hodnota CN křivek určí na základě váženého průměru. Hodnota CN křivek se určuje z tabulek. Na samotnou hodnotu má vliv:

- infiltrační a retenční vlastnosti půdy (hydrologické skupiny půd)
- využití území v povodí (vegetační pokryv, způsob obdělání pozemků)
- předchozích vláhových podmínek (úhrn srážek v předchozích dnech)

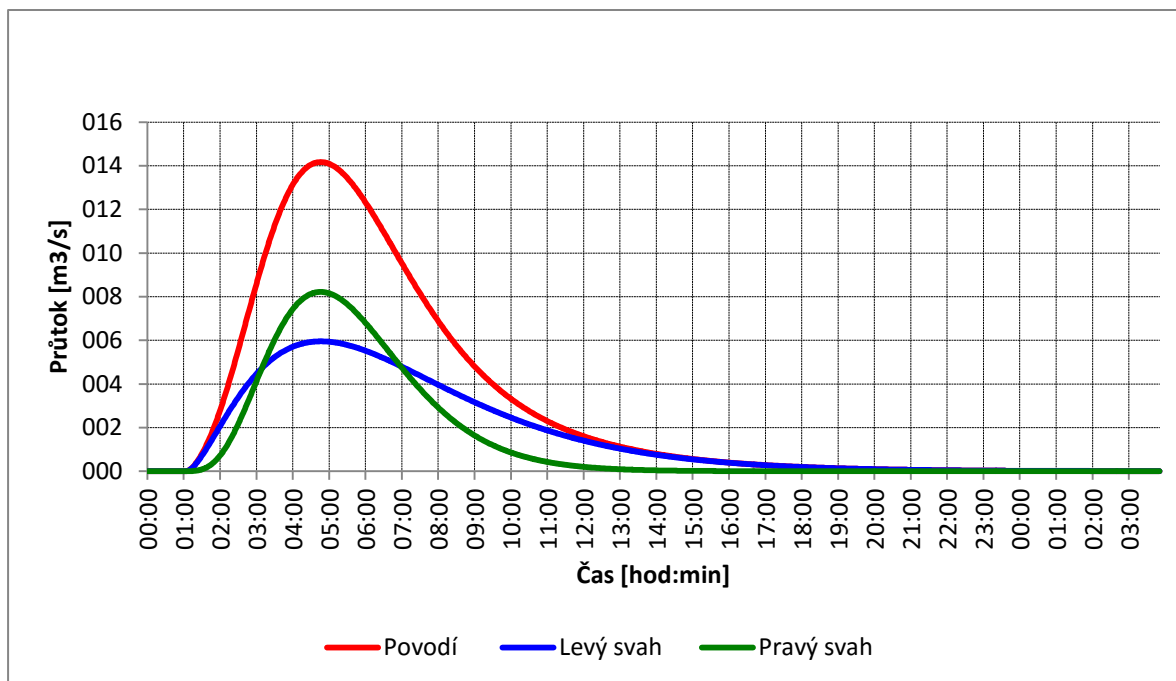
11.3.3. DesQ

Odtoky v zájmovém území byly vypočteny metodou čísel odtokových křivek ve výpočtovém modelu DesQ. Model DesQ je zároveň schopen výpočtů návrhových průtoků Q_N , které jsou zapříčiněny srážkami. Model rovněž počítá kritickou dobu trvání a intenzitu deště. Dále pak vypočítává maximální průtoky $Q_{\max}$. Výpočet pomocí modelu DesQ není zcela přesný, ale pro posouzení návrhu je dostačující.

Tab. 4: Odtoky ze svahů a povodí.

N-leté maximální průtoky a objemy PV			Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky
N	doba opakování					[roky]
5	$Q_{\max}$	maximální průtok	3.58	1.58	2	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	W_{PVT}	objem povodňové vlny PV	125	68.8	56.5	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný H_{1d5}	187	103	84	$[10^3 \cdot m^3]$
10	$Q_{\max}$	maximální průtok	5.51	2.42	3.09	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	W_{PVT}	objem povodňové vlny PV	155	84.9	70.3	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný H_{1d10}	221	122	99.2	$[10^3 \cdot m^3]$
20	$Q_{\max}$	maximální průtok	7.88	3.41	4.47	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	W_{PVT}	objem povodňové vlny PV	185	101	84.5	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný H_{1d20}	248	136	112	$[10^3 \cdot m^3]$
50	$Q_{\max}$	maximální průtok	11.3	4.78	6.5	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	W_{PVT}	objem povodňové vlny PV	221	119	102	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný H_{1d50}	275	149	126	$[10^3 \cdot m^3]$
100	$Q_{\max}$	maximální průtok	14.2	5.95	8.22	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	W_{PVT}	objem povodňové vlny PV	248	133	115	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný H_{1d100}	299	162	137	$[10^3 \cdot m^3]$

Návrh technického řešení, které by mělo vést k eliminaci klimatického sucha, bude principiálně spočívat v maximální snaze zdržet vodu po co nejdelší období v zájmové lokalitě. Zároveň by návrh adaptačních opatření měl vést ke snížení povrchového odtoku a vodní eroze. Snížení povrchového odtoku lze zaznamenat na hodnotě CN křivek, které popisují schopnost povrchu v zájmové lokalitě zdržet vodu, nebo ji naopak rychle odvést do potoka. Z hydrogramu lze vyčíst, že nejvyšší hodnoty odtoku pro Q_{N100} dosahují hodnoty $14,2 m^3 \cdot s^{-1}$.



Graf. 4: Hydrogram odtoků.

11.4. Eroze

Všeobecně se dá říci, že nejlepšími a nejvydatnějšími zásobami podzemních vod, jsou zalesněné lokality s častým výskytem srážek. Erozi bývá označován komplexní proces, zahrnující rozrušování půdního povrchu, jeho transport a sedimentaci. V zásadě rozlišujeme několik druhů erozí: vodní, větrná, ledovcová, zemní, sněhová, abraze, říční a antropogenní. Eroze vodní a větrná jsou těmi nečastějšími.

Eroze je nepříjemná pro společnost a to zejména z důvodu ztráty orné půdy, nebezpečí masivního sesuvu půdy.

V době, kdy během intenzivních přívalových dešťů není zemědělská půda schopna vsaku, dochází k povrchovému odtoku. Kdy k povrchovému odtoku dojde je závislé na mnoha vlivech, ke kterým patří vlhkost půdy před srážkami, druhy půd, způsob jejich využití a jejich vlastnosti. Pro intenzitu eroze je důležitý odtok přívalových dešťů, které trvají krátce, ale jejich intenzita je velmi vysoká. Přívalové deště vyvolávají maximální odtok na malém povodí a mají tak velkou sílu odnést půdu. Za maximální odtok ($Q_{\max}$) je považován N-letý odtok s pravděpodobnou periodicitou 100 let. [14]

Ke zvýšení ohroženosti zemědělské a orné půdy erozí napomáhá lidstvo svou činností. Pojdme se nyní společně podívat na vlivy přispívající ke zvýšení ohroženosti půdy erozí.

Mezi zcela zásadní vlivy patří odstraňování krajinných prvků, ke kterým počítáme např. stromořadí v krajině nebo protierozní meze. Tyto prvky byly v některých lokalitách odstraněny za účelem zvýšení zemědělské plochy a v minulosti zajišťovaly překážky pro odtok vody ze zemědělských pozemků a napomáhaly tak k většímu vsaku srážek na orných a zemědělských půdách. [14]

Erozi rovněž napomáhá spojování dříve rozdělených pozemků, nebo nevhodná volba pěstovaných plodin. [14]

Dalším vlivem je chování majitelů zemědělských půd, kteří postupně rozprodávají své pozemky za účelem zpeněžení. Na těchto dříve zemědělských pozemcích se v současnosti staví nemovitosti. Výstavba se podílí na změně odtokových poměrů, které se přispívají k erozi.

11.4.1.1. Eroze vodní

Srážky smývají horní vrstvu půdy, která není zpevněna kořeny rostlin. Voda se v půdě nezadrží, protože má omezenou retenční schopnost a srážky se tedy nemají kde vsáknout. Srážky rychle odtékají do toků, což znamená přesun a následnou ztrátu kvalitní půdy z polí. Při silnějších a vytrvalejších deštích je v takových povodí zvýšená pravděpodobnost záplav, protože dochází k přemístění půdy deštěm a následnému zanášení koryt vodních toků, což z dlouhodobého pohledu snižuje jejich kapacitu. Dalším důvodem povodní výrazně menší schopnost lokality zadržet srážky. V některých případech to může znamenat rychlý nárůst hladin ve vodních tocích. Tento stav krajiny je nežádoucí, protože jednak způsobuje povodně a jednak napomáhá suchu. Sucho a povodně proto spolu velice úzce souvisí. V krajině, povodí, které není schopno zadržet srážky je proto nutno provést a následně realizovat technický návrh, jehož smyslem by především mělo být snížení eroze na minimum, výrazné zvýšení retenční schopnosti krajiny a zajistit tak v povodí co nejdelší zdržení vodních srážek, čímž se sníží pravděpodobnost výskytu povodní v daném povodí.

11.4.1.2. Eroze větrná

Půda je rozrušována a přemístěna větrem. Větrná eroze je častá ve vyprahlých oblastech bez vegetace. Větrné erozi rovněž pomáhá stav, kdy v okolí lokality nejsou žádné větrolamy v podobě vzrostlé zeleně, kopců nebo budov. Eroze větrná má výrazně menší vliv na přesun zemědělsky využívané půdy v ČR než eroze vodní.

11.4.2. *Opatření proti erozi*

Eroze se dá snížit protierozními opatřeními, která rozlišujeme na biotechnické, agrotechnické a organizační

11.4.3.1. Agrotechnická opatření

K erozi je nejvíce náchylná zemědělská půda, na níž neroste žádná vegetace. Zjednodušeně lze říci, že agrotechnická opatření se zakládají na maximálním zkrácení období, během něhož je půda bez vegetace. Však srážek do zemědělské půdy by neměl být omezen velkým zhutněnými kusy zeminy. V průběhu roku se vyskytují dvě období, která jsou velice náchylná k vodní erozi. Prvním obdobím je čas tání sněhu. Druhým obdobím je doba častého výskytu přívalových dešťů, které se nejvíce vyskytují mezi červnem a srpnem. V měsíci červnu jsou nejvíce ohroženy zemědělské půdy, na nichž je pěstována kukuřice, okopaniny nebo slunečnice. Důvodem je nedostatečné pokrytí půdy zmíněnými plodinami, která je způsobena jejich růstem. V měsíci srpnu jsou ze stejného důvodu ohroženy pozemky určené pro výsev ozimé řepky.

V následujících odstavcích jsou uvedeny některé z konkrétních způsobů agrotechnických opatření.

Sázení a setí po vrstevnicích

Čím více se trajektorie orby přiblíží vrstevnici, tím je vyšší schopnost zemědělské půdy lépe čelit erozi. V opačném případě (orání kolmo na vrstevnici) by to znamenalo vytvoření nového potencionálního koryta, ve kterém by probíhal obrovský odliv půdy. Minimalizace eroze navíc dosáhneme tak, že při orbě budeme překlápět půdu proti svahu.[14]

Setí do úzkého řádku

Opatřením napomáhající proti erozi je setí do úzkého řádku. Nejčastěji se takto seje kukuřice. V secím stroji je nastavena menší vzdálenost řádku kukuřice. Zúžení rozteče řádků znamená zajištění větší rovnoměrnosti vysetí plodiny do půdy. Takto je zajištěno omezení soustředěného povrchového odtoku a dochází tak k zvýšení ochrany půdy před erozí.[14]

Ochranné obdělávání

Principem tohoto opatření je zajištění nenarušení půdy a uchování co největšího množství zbytků plodin po sklizni. V takovém případě se půda může dále vyvíjet přirozeným způsobem a nedochází tak k mineralizaci živin znamenající ztrátu humusu. Patří zde bezorebné setí bezorebným secím strojem.[14]

Podrývání

Podrývání (velmi hluboké kypření) snižuje zhutnění a zlepšuje však vody do půdy, čímž je snižována náchylnost půdy k vodní erozi. Pracovní hloubka kypřiče nebo podrýváku je alespoň 35 cm a měla by být hlubší o 5 až 10 cm než je využívaná hloubka orby.[14]

11.4.3.2. Organizační opatření

Pod pojmem organizačních opatření si můžeme představit plánování, lokalizaci a směr výsadby plodin. Organizační opatření se musí přizpůsobit ostatním protierozním opatřením v dané lokalitě.

Využití pozemku

Z organizačních opatření se jedná o jedno z nejdůležitějších, protože pod něj spadá rozhodnutí o využití pozemku (co se v daném území bude pěstovat). Představuje rozdělení zemědělského půdního fondu na půdu ornou, chmelnice, sady, pastviny nebo louky. Na erozi má vliv kromě srážek také sklon území i plodina na něm pěstovaná. Volba pěstované kultury je též ovlivněna sklonem zemědělského pozemku. Platí, že svahy se sklonem větším než 36% mají být zalesněny, svahy se sklonem od 21 do 36% by měly být zatravněny. Pokud jsou tyto podmínky splněny, tak je umožněno větší vsakování srážkové vody do půdy, která je tímto opatřením chráněna před ničivými následky povrchového odtoku. Povrchový odtok se na základě uvedeného opatření stává menším a tím pádem méně ničivým.

Pozemek

Nejdůležitějším protierozním opatřením je rozhodnutí o umístění výsadby. Platí, že delší strana zemědělsky využívaného pozemku by měla být ve směru vrstevnic, což by mělo vést k orání a sklizení po vrstevnicích.

Zatravnění

Ochrana pozemků před erozí prostřednictvím zatravnění je častá na pozemcích, které nemohou být z důvodů vysokých ztrát půdy při erozi využity jako orná půda. Za ideální travní kryt jsou považovány trávy tvořící pevný drn. Travní kyt by měl rovněž chránit břehy vodních toků, průlehy a oblasti soustředěného povrchového odtoku.

Zalesnění

Ochrana zalesněním před erozí je nejvhodnější pro velké plošné zalesnění, nebo lesní ochranné pásy. Ideálním složením lesa je les smíšený s bohatým bylinným patrem.

Rozmístění plodin

Zemědělskou půdu je možné chránit před erozí vhodným zasetím plodin na odpovídajících svazích. Např. plodiny špatně chránící půdu před vodní erozí (kukuřice, okopaniny, širokořádkové plodiny) je vhodné sázet na pozemky rovinaté, případně mírně sklonité. Na orné půdě středně ohrožené erozí je nezbytné zvýšit ochranný účinek střídáním vrstevnicových pásů okopanin a víceletých píceň. Obiloviny je možné sázet na celé pozemky.

Mezi plodiny s nejvyšší protierozní účinností lze zařadit travu, jetel vojtěšku. K plodinám s nižší protierozní schopností patří obilniny, řepka, hrách. Plodiny s nejnižší schopností vzdorovat erozi jsou okopaniny (slunečnice, brambory, cukrovka, kukuřice).[14]

Osevní postupy

Zajištění protierozních opatření osevními postupy znamená pravidelné střídání zemědělských kultur v honcích v pravidelných časových intervalech (několik let). Obiloviny, okopaniny, pícniny a technické plodiny se střídají za účelem vyšší úrodnosti půdy. Při změně plodin musí být pamatováno na zajištění co největšího množství plodin s ochranným účinkem (pícniny, především vojtěška a trávy).

Pásové střídání plodin

Pásové střídání plodin dochází ke střídání pásů plodin, které jsou k erozi náchylnější (šírokořádkové plodiny - brambory, kukuřice, slunečnice) s plodinami mající vyšší protierozní účinek (tráva, obilniny, pícniny). Šířka pásů by se měla pohybovat od 20 m (menší sklon pozemku) do 40 m (větší sklon pozemku). Pásky by měly být vedeny ve směru vrstevnic.[14]

11.4.3.3. Biotechnická opatření

Veškerá biotechnická opatření jsou úzce vázána na opatření organizační a agrotechnické. Biotechnická opatření se navrhuje za účelem snížení povrchového odtoku. Jedná se o vybudování opatření (průlehy, příkopy), které mají za účel přerušit svah, zmenšit jeho sklon a odvést povrchový odtok. Mezi biotechnická opatření patří např. protierozní meze, hrázky, průlehy, příkopy, ochranné nádrže nebo polní cesty. Níže jsou uvedeny vybraná biotechnická protierozní opatření.

Protierozní příkop

Jedná se o liniový prvek, jehož podstatou je přerušení svahu. Protierozní příkop rovněž odvádí vodu, čímž chrání zastavěné území. Příkop je na pozemku orientován vrstevnicově s mírným podélným sklonem. Protierozní příkop má lichoběžníkový tvar se šířkou ve dně od 0,3 do 0,6 m. Hloubka příkopu se pohybuje od 0,6 do 1,2 m. Sklon svahu je 1:1,5 až 1:2. Protierozní příkop je nezbytné čistit a udržívat a z tohoto je vhodné nad příkopem založit pás trvalého drnu o minimální šířce 6 m, který by zajistil zachycení splavenin z polí. Sečením tohoto pásu lze zajistit jeho vyšší drsnost a tím i vyšší účinnost zachycení splavenin. Pro jednodušší údržbu se často volí realizace příkopu z betonu. Protierozní příkopy se dají rozlišit na příkopy záchytné, sběrné a svodné.

Záchytný a sběrný příkop

Jsou situovány nad pozemkem v zájmové lokalitě a jejich podstatou je zabránění vstupu vnějších vod na pozemek, který má ochránit. Následně odvádí povrchový odtok do potoka.

Svodný příkop

Slouží pro svod vod ze záchytného a sběrného příkopu do recipientu. Kvůli tomu, že se v jeho korytě očekává větší povrchový odtok, bývá opevněn kamenem.[14]

Průlehy

Podstata a funkce protierozního průlehu je stejná jako u protierozního příkopu. Odlišnost spočívá v hloubce a sklonu svahů. Sklony jsou v poměru 1:10 až 1:5. Hloubka průlehu je maximálně 1 m. Protierozní průleh bývá obvykle zatravněný a oproti protieroznímu příkopu je i přejezdový. Opět je nezbytné osadit nad průlehem pás travního krytu o minimální šířce 6 m za účelem zachycení smyté zeminy.

Stabilizace drah soustředěného odtoku

Ve svahu zájmové lokality se nachází místo, kde se stéká povrchový odtok. Jedná se o srážky, které nebyly vsáknuty do terénu. Takovému místu se říká údolnice. Údolnici je potřeba adekvátně zabezpečit, aby nedošlo k její erozi. Údolnice spolu s potoky slouží jako recipient pro odtok z protierozních průlehmů a příkopů. Je nezbytné, aby celé dno údolnice bylo trvale zatravněno kvalitním travním krytem. Z kapacitních a kvalitních důvodů se doporučuje pravidelné sekání travního porostu v místech údolnice.

Ze zkušeností z již provedených opáření, které měly za úkol pomoci krajině čelit suchu je ideálně vhodné výše uvedené způsoby kombinovat ve vhodné míře, a to v závislosti ke vztahu na danou zájmovou lokalitu, protože nelze jednoznačně vybrat jediný univerzální návrh na adaptační opáření krajiny za účelem eliminace klimatického sucha. Všeobecně ale lze vše shrnout do jednoho poznatku: nejúčinnějším opáření jsou ta opáření, mezi která lze počítat vybudování nových vodních zdrží, zasakování, zvýšení kapacit domovních nádrží pro domácnosti, zalesňování a úprava krajiny, která zajistí maximální vsak a sníží erozi na minimum.

11.4.4. Výpočet eroze

Ztráta půdy eroze se počítá podle níže uvedeného rovnice. Jedná se o empirický vztah, jenž byl získán na základě měření a pozorování na pozemku o délce 22,13 m a sklonu 9%.[14]

$$G = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P \text{ [t.ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}\text{]} [14]$$

Kde:

- G je průměrná dlouhodobá ztráta půdy t.ha⁻¹. rok⁻¹
- R je faktor erozní účinnosti dešťů vyjádřený v závislosti na kinetické energii, úhrnu a intenzitě erozně nebezpečných dešťů MJ. ha⁻¹.cm.h⁻¹
- K je faktor erodovatelnosti půdy, vyjádřený v závislosti na textuře a struktuře ornice, obsahu organické hmoty v ornici a propustnosti půdního profilu
- L je faktor délky svahu, vyjadřující vliv nepřerušené délky svahu, na velikost ztráty půdy erozí
- S je faktor sklonu svahu, vyjadřující vliv sklonu svahu na velikost ztráty půdy erozí
- C je faktor ochranného vlivu vegetačního pokryvu, vyjádřený v závislosti na vývoji vegetace a použité agrotechnice
- P je faktor účinnosti protierozních opáření

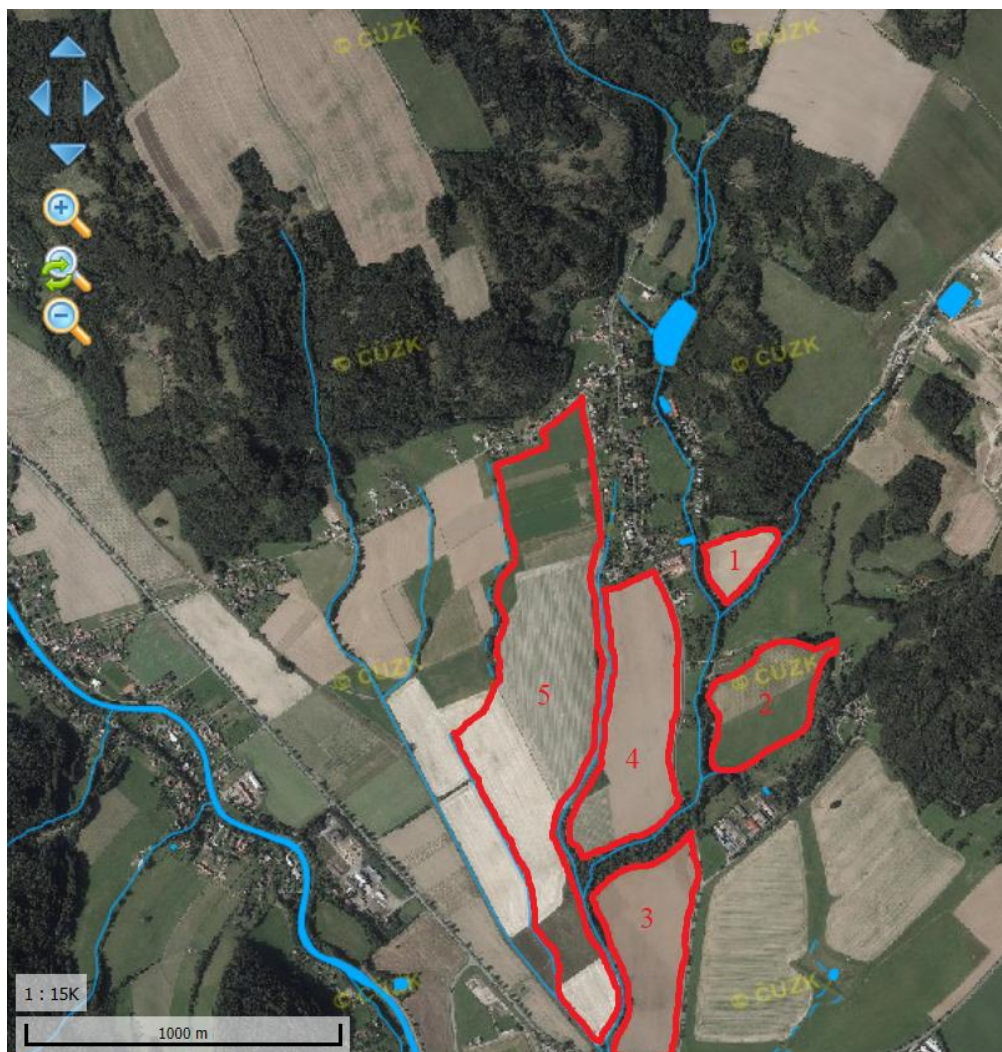
Smyslem navržených změn by tak měla být větší schopnost zájmové lokality čelit suchu, protože po návrhu bude zájmová lokalita schopna zdržet více dešťové vody.

11.5. Návrh adaptačních opatření k eliminaci klimatického sucha

Způsob jak vyřešit adaptační opatření k eliminaci klimatického sucha tak nemůže spočívat jen ve vybudování jedné velké nádrže, která by sice zamezila povodním a zadržela část srážek, ale nezabránila by erozi. Proto je potřeba adaptační opatření vyřešit plošně pomocí agrotechnických, biotechnických a organizačních změn.

Můj návrh je ideálním návrhem, který není omezen žádnou okolností uvedenou v kapitole č. 9. Jako podklad pro navržení eliminačních opatření sloužily informace získané v databázi LPISu a teoretické znalosti uvedené ve skriptech: Metodika – Ochrana zemědělské půdy před erozí, jejichž autorem je Miroslav Janeček a kol. LPIS je geografický informační systém vytvořený za účelem evidence využití zemědělské půdy. Protože jsem na základě získaných informací během mého místního šetření a z informací poskytnutých od Odboru životního prostředí MÚ v Odrách zjistil, že geologické podloží je na mnoha místech zájmové lokality tvořeno především jílem, tak jsem se rozhodl zcela opustit návrh na zasakování do zasakovacích boxů.

Při návrhu jsem při volbě opatření postupoval tak, že jsem se snažil navrhnout úpravu krajiny tak, abych co nejvíce zmenšil povrchový odtok. Toho lze docílit terénními úpravami, které jsou číselně vyjádřeny faktory v rovnici sloužící pro výpočet eroze.



Obr. 7: Mapa dílčích území.[12]

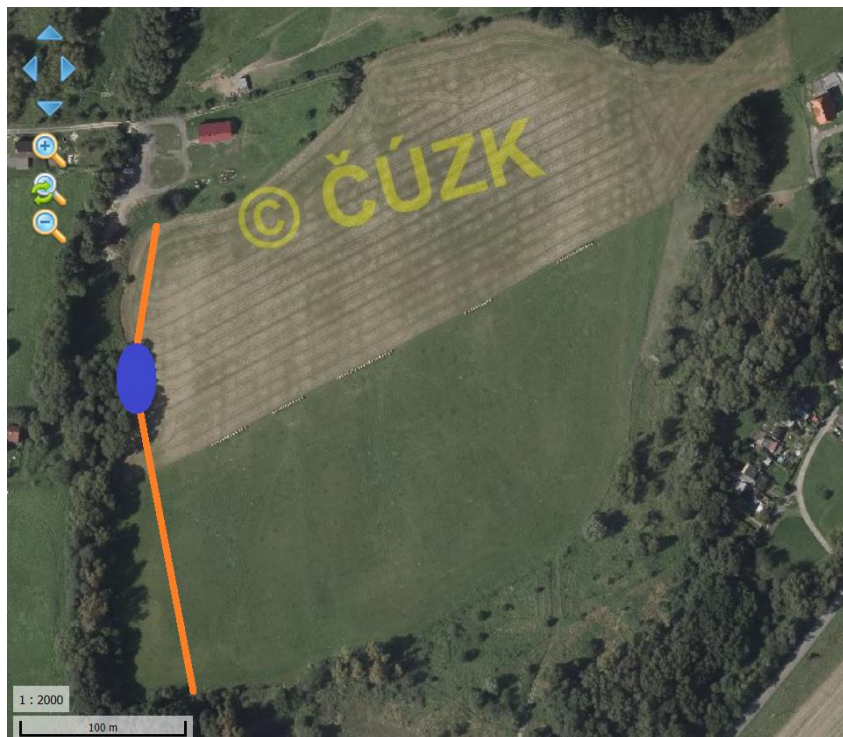
Zájmovou lokalitu jsem si v přehledné situaci rozdělil do 5 dílčích území. Přehledná situace je v měřítku 1:15 000 a jsou v ní zakreslena všechna dílčí území. Každé dílčí území bude posouzeno na změnu eroze zvlášť. V každém z těchto dílčích území jsou navržena adaptační opatření za účelem snížení následků eroze.

Dílčí území č. 1

Dílčí území označeného číslem 1, které se nachází na levém břehu potoka Vítovka, aktuálně slouží jako orná půda, na níž se pěstují obilniny. Obilniny se sejí do strniště. Toto území se podle LPISu řadí mezi půdy ohrožené erozí a má plochu 3,63 ha. Vzhledem k menšímu území (na délku 250 m) jsem vybral jako možnost snížení eroze území jeho zatravnění a využití jako plocha pro pasení dobytka.

Dílčí území č. 2

Dílčí území označeného číslem 2, které se nachází na levém břehu potoka Vítovka, aktuálně slouží jako místo pro pasení dobytka. Jeho rozloha je 9,38 ha. Délka svahu je 390 m. Dobytek nemá v létě přístup k vodě proudící v potoku Vítovka, protože svahy jsou velmi strmé a nestabilní. Zemědělci jsou tak nuceni vodu pro dobytek čerpat do koryt. Svahy potoka Vítovka jsou v mnoha částech vymlety od silného proudu vody, který nastává při intenzivních srážkách. Ze svahu do potoka proudí velké množství povrchového odtoku. Proto jsem se v tomto dílčím území rozhodl navrhnout svodný příkop a tůň, do které bude povrchový odtok z dílčího území č. 2 sveden. Část svahu tůně v místech směrem k potoku bude snížena. Přes tento bezpečnostní přepad bude voda v případě větších povrchových odtoků, proudit do potoka Vítovka. Koryto příkopu vedoucího vodu z tůně do potoka bude pro zachování stability osazeno ručně položenými kameny. Toto opatření nemá za účel zmenšit erozi, ale zmenšit povrchový odtok do potoka. Svodný příkop bude umístěn od kmenů stromů rostoucích na břehu potoka směrem k louce. Navržený svodný příkop má hloubku 0,5 m. Jeho příčný profil bude lichoběžníkového tvaru se sklonem svahu 1:5. Svodný příkop bude pro stabilizaci chráněn ručně položenými kameny. Svodný příkop je v obrázku schematicky zakreslen oranžovou barvou, tůň modrou.



Obr. 8: Zákres navržených úprav v dílčím území č.2.[12]

Tůň bude mít oválný tvar 10 na 30 m. Svahy tůně budou ve sklonu 1:10. Sklon svahů tůně zajistí dobrou dostupnost pro dobytek, který může využívat tůň během parných dnů léta jako zdroj vody. Tůň zároveň zajistí eliminaci nárazových povrchových odtoků do potoka, čímž se zmenší následky přívalových dešťů a zajistí se tak rovněž zdržení vody v lokalitě na delší dobu. Nevýhodou návrhu je zábor plochy pro tůň a svodný příkop. Navrhované změny částečně omezí možnost využití pozemku na pěstování plodin.

Dílčí území č. 3

Dílčí území označeného číslem 3, které se nachází na levém břehu potoka Vítovka, aktuálně slouží jako orná půda, na níž se pěstují obilniny. Její rozloha je 15,2 ha. Sazení zde probíhá do strniště s přibližně 90° odchylkou od vrstevnic. Eroze se dá na tomto území eliminovat obděláváním zemědělské půdy po vrstevnicích. Délka svahu je 630 m.

Dílčí území č. 4 a č. 5

Protože dílčí území č. 4 a č. 5 jsou vedle sebe a mají podobný charakter, tak protierozní opatření na těchto pozemcích bude stejné.

Dílčí území označeného číslem 4, které se nachází na pravém břehu potoka Vítovka, aktuálně slouží jako orná půda, na níž se pěstují obilniny. Sazení a orání zde probíhá s přibližně 90° odchylkou od vrstevnic. Plocha pozemku je 19,85 ha a jeho délka je 780 m. Erozi jsem se rozhodl na tomto území eliminovat oráním po vrstevnicích a výrazným snížením faktoru L, tím že pozemek v polovině svahu bude rozdělen na 2 poloviny protierozním průlehem. Protierozní průleh bude odvádět vodu do potoka, který je pravým přítokem potoku Vítovka.

Dílčí území označeného číslem 5, které se nachází na pravém břehu potoka Vítovka, aktuálně slouží jako orná půda, na níž se pěstují obilniny. Sazení a orání zde probíhá s přibližně 90° odchylkou od vrstevnic. Plocha pozemku je 49,19 ha a jeho délka je 1830 m. Erozi jsem se rozhodl na tomto území eliminovat oráním po vrstevnicích a výrazným snížením faktoru L, tím že pozemek bude rozdělen na 2 části protierozním průlehem. Protierozní průleh bude odvádět vodu do potoka, který je pravým přítokem potoku Vítovka.

Navržený protierozní průleh bude mít lichoběžníkový tvar se šířkou ve dně od 0,5 m. Hloubka průlehu bude 0,6 m. Sklon protierozního svahu bude 1:5. Nad protierozním průlehem bude založený travnatý pás trvalého drnu o šířce 6 m, který by zajistil zachycení splavenin z polí. Na tomto pásu budou vysazeny listnaté stromy sloužící jako větrolamy, které za několik let pomohou snížit větrnou erozi. Travnatý pás bude pravidelně sečen, čímž se zajistí jeho vyšší drsnost a tím i vyšší účinnost zachycení splavenin z dílčích pozemků č. 4 a č. 5. Protierozní průleh bude mít zatravněnou údolnici. Protierozní opatření na těchto pozemcích na sebe bude navazovat tak, aby navrženou změnou obnovila mez, jejíž část stále existuje. Travnatý pás protierozního průlehu spolu se stávající mezí tak může v budoucnu sloužit jako cyklostezka pro horská kola nebo jako trasa pro pěší. Je nutné zmínit, že by se předtím ještě musela stávající mez prosekat a upravit, aby byla průchozí. Navržené umístění protierozního průlehu je v obrázku zakresleno zeleně.



Obr. 9: Zákres navržených úprav v dílčím území č.4 a 5.[12]

Potok Vítovka

Samotný potok Vítovka je v místech vtoku do potrubí podcházející pod průmyslovým areálem zaházen větvemi. Opevnění svahu potoka tvořené kameny je ve zmíněných místech rozbité. Tyto vlivy jsou příčinou nižší kapacity koryta potoku Vítovka, které pak pomáhá k povodním. Koryto potoku Vítovka je téměř po celé své délce zpevněno kořeny stromů, které pomáhají držet svah potoka.

11.6. Diskuse, odůvodnění a zhodnocení adaptačních opatření

V této kapitole dojde ke zhodnocení adaptačních opatření a porovnání změn erozního smyvu – před a po úpravě. Výpočet bude vycházet ze vzorce uvedeného v kapitole 11.4.3 Výpočet eroze. Pro přehlednost nejprve uvedu všechny faktory ovlivňující erozní smyv.

R faktor vyjadřuje erozní účinnosti deště. R faktor byl získán na základě velkého množství dat o srážkách. Pro Českou republiku byla průměrná hodnota R faktoru stanovena na $40 \text{ MJ} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$. Z tohoto důvodu je R faktor ve všech dílčích území stejný.

K faktor vyjadřuje vlastnost půdy (její infiltrační schopnost a odolnost proti rozrušujícímu účinku dopadajících kapek deště). K faktor vyjadřuje náchylnost půdy k erozi. Na základě geologie terénu patří půda podle klasifikace hlavních půdních jednotek do 3. skupiny (hlavní půdní jednotky jsou středně náchylné k erozi). Pro tuto skupinu platí hodnota K-faktoru 0,3 až 0,4. Já jsem volil pro všechny území střední hodnotu 0,35.

L faktor vyjadřuje nepřerušovanou délku svahu na velikost ztráty půdy erozí. Hodnoty byly vybrány z níže uvedené tabulky.

Tab. 5: L faktor.[14]

l_d /m/	5	10	15	20	30	40	50	60	80	100	150
L	0,48	0,68	0,82	0,95	1,17	1,35	1,52	1,66	1,91	2,13	2,61
l_d /m/	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800	900
L	3,02	3,38	3,69	3,99	4,27	4,52	4,77	5,22	5,62	6,04	6,39
l_d /m/	1000	1000	1200	1300	1400	1500					
L	6,75	7,07	7,39	7,69	7,98	8,26					

S faktor vyjadřuje vliv sklonu svahu na erozi. Čím je svah strmější, tím je S faktor vyšší.

Hodnota faktoru S se určuje pomocí těchto vztahů:

$$S = 10,8 \cdot \sin \varphi + 0,03 \quad \text{pro sklon} < 9\%$$

$$S = 16,8 \cdot \sin \varphi - 0,5 \quad \text{pro sklon} > 9\%$$

Kde φ je úhel sklonu svahu (rad nebo m/m) a výpočet goniometrické funkce musí být proveden v systému rad.

C faktor vyjadřuje ochranný vlivu vegetačního pokryvu, vyjádřený v závislosti na vývoji vegetace a použité agrotechnice. Faktor C byl volen podle níže uvedené tabulky.

Tab. 6: C faktor.[14]

Plodina	Zařazení v osevním postupu	Použitá agrotechnika	Hodnoty faktoru vegetačního krytu a agrotechniky podle pěstebních období					
			1	2	3	4	5a	5b
Obilniny	po 1. roce po jetelovinách	OP	0,50	0,55	0,30	0,05	0,20	0,04
		St	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
	po obilninách	OP	0,65	0,70	0,45	0,08	0,25	0,04
		St	0,25	0,25	0,20	0,08	0,25	0,04
	po okopaninách a kukuřici	OP	0,70	0,75	0,50	0,08	0,25	0,04
		St	0,70	0,70	0,45	0,08	0,25	0,04
Kukuřice	Sláma předplodiny sklizena	OP	0,70	0,90	0,70	0,35	0,70	0,40
			O K	O K	O K			
		St	0,25	0,25	0,25			
	sláma předplodiny nesklizena	OP	0,60	0,75	0,55	0,25	0,60	0,30
			O K	O K	O K	O K	O K	O K
		St	0,04	0,04	0,04	0,05	0,25	0,15
do herbicidem umrtveného drnu	víceletých pícnin	0,02	0,02	0,03	0,03	0,05	0,03	
	jílku jako ozimé meziploidy	0,05	0,05	0,05	0,05	0,15	0,10	
Brambory, Cukrovka		v přímých řádcích libovolného směru	0,65	0,80	0,65	0,30	0,70	
Vojtěška		0,02						
Jetel červený dvousečný		0,015						
Víceletá tráva, louky		0,005						

Poznámky: 5a - sláma sklizena, 5b - sláma ponechána, O - po obilovině, K - po kukuřici, OP - setí do zorané půdy, St - setí do strniště. Hodnoty uvedené pod OK znamenají rozpětí (0,25-0,70 a pod.)

P faktor vyjadřuje účinnost protierozních opatření. Faktor P byl volen podle níže uvedené tabulky.

Tab. 7: P faktor.[14]

Protierozní opatření	Sklon svahu (%)			
	2-7	7-12	12-18	18-24
Maximální délka pozemku po spádnicí při konturovém obdělávání	120 m	60 m	40 m	-
	0,6	0,7	0,9	1,0
Maximální šířka a počet pásů při pásovém střídání	40 m	30 m	20 m	20 m
	6 pásů	4 pásy	4 pásy	2 pásy
- okopanin s víceletými pícninami	0,30	0,35	0,40	0,45
-okopanin s ozimými obilovinami	0,50	0,60	0,75	0,90
Hrázkování, resp. přerušované brázdování podél vrstevnic	0,25	0,30	0,40	0,45

Zemědělské půdy lze podle tabulky tříd ohroženosti erozí přiřazovat do jednotlivých kategorií.

Tab. 8: Kategorie ohroženosti půd erozí.[14]

G [t/ha/rok]	Kategorie
< 1,0	Velmi slabě ohrožená
1,0 – 2,0	Slabě ohrožená
2,0 – 4,0	Středně ohrožená
4,0 – 8,0	Silně ohrožená
8,0 – 10,0	Velmi silně ohrožená
> 10,0	Extrémně ohrožená

Dílčí území č. 1

Tab. 9: Výpočet eroze před úpravou terénu.

PŘED ÚPRAVOU TERÉNU	
R =	40.00
K =	0.35
L =	3.38
S =	0.93
C =	0.25
P =	1.00
G =	10.99 t.ha ⁻¹ . rok ⁻¹

Tab. 10: Výpočet eroze po úpravě terénu.

PO ÚPRAVĚ TERÉNU	
R =	40.00
K =	0.35
L =	3.38
S =	0.93
C =	0.02
P =	1.00
G =	0.88 t.ha ⁻¹ . rok ⁻¹

Navržená změna (místo pěstování obilnin bude naseta vojtěška) se projevila jako protierozní opatření dobře, protože dlouhodobá ztráta půdy klesla z 10,99 na 0,88 t.ha⁻¹ . rok⁻¹.

Dílčí území č. 2

Navržená změna (svodný příkop a tůň) nemají žádný vliv na změnu eroze na dílčím území č. 2. Jejich význam spočívá v delším zdržení povrchového odtoku na území, které zajistí snížení průtoku.

Dílčí území č. 3**Tab. 11:** Výpočet eroze před úpravou terénu.

PŘED ÚPRAVOU TERÉNU		
R =	40.00	
K =	0.35	
L =	5.34	
S =	0.39	
C =	0.25	
P =	1.00	
G =	7.29	t.ha ⁻¹ . rok ⁻¹

Tab. 12: Výpočet eroze po úpravě terénu.

PO ÚPRAVĚ TERÉNU		
R =	40.00	
K =	0.35	
L =	5.34	
S =	0.39	
C =	0.25	
P =	0.25	
G =	1.82	t.ha ⁻¹ . rok ⁻¹

Navržená změna (obdělávání zemědělské půdy po vrstevnicích) se projevila jako vhodné protierozní opatření, protože dlouhodobá ztráta půdy klesla z 7,29 na 1,82 t.ha⁻¹ . rok⁻¹.

Dílčí území č. 4

Navržený protierozní průleh rozdělil pozemek do 2 částí. Horní část pozemku po úpravě je dlouhá 300 m a spodní část pozemku 480 m.

Tab. 13: Výpočet eroze před úpravou terénu.

PŘED ÚPRAVOU TERÉNU		
R =	40.00	
K =	0.35	
L =	5.96	
S =	0.39	
C =	0.25	
P =	0.60	
G =	4.88	t.ha ⁻¹ . rok ⁻¹

Tab. 14: Výpočet eroze po úpravě terénu.

PO ÚPRAVĚ TERÉNU HORNÍ ČÁST		
R =	40.00	
K =	0.35	
L =	3.69	
S =	0.39	
C =	0.25	
P =	0.25	
G =	1.26	t.ha ⁻¹ . rok ⁻¹

Tab. 15: Výpočet eroze po úpravě terénu.

PO ÚPRAVĚ TERÉNU DOLNÍ ČÁST		
R =	40.00	
K =	0.35	
L =	4.67	
S =	0.39	
C =	0.25	
P =	0.25	
G =	1.59	t.ha ⁻¹ . rok ⁻¹

Navržená změna (obdělávání zemědělské půdy po vrstevnicích a protierozní průleh) se projevila jako vhodné protierozní opatření, protože dlouhodobá ztráta půdy klesla z $4,88 \text{ t.ha}^{-1}.\text{rok}^{-1}$ na $1,26 \text{ t.ha}^{-1}.\text{rok}^{-1}$ u horní části svahu a na $1,59 \text{ t.ha}^{-1}.\text{rok}^{-1}$ u dolní části svahu.

Dílčí území č. 5

Navržený protierozní průleh rozdělil pozemek do 2 částí. Horní část pozemku po úpravě je dlouhá 600 m a spodní část pozemku 1230 m.

Tab. 16: Výpočet eroze před úpravou terénu.

PŘED ÚPRAVOU TERÉNU		
R =	40.00	
K =	0.35	
L =	8.20	
S =	0.39	
C =	0.25	
P =	0.60	
G =	6.72	$\text{t.ha}^{-1} . \text{rok}^{-1}$

Tab. 17: Výpočet eroze po úpravě terénu.

PO ÚPRAVĚ TERÉNU HORNÍ ČÁST		
R =	40.00	
K =	0.35	
L =	7.48	
S =	0.39	
C =	0.25	
P =	0.25	
G =	2.55	$\text{t.ha}^{-1} . \text{rok}^{-1}$

Tab. 18: Výpočet eroze po úpravě terénu.

PO ÚPRAVĚ TERÉNU DOLNÍ ČÁST		
R =	40.00	
K =	0.35	
L =	5.22	
S =	0.39	
C =	0.25	
P =	0.25	
G =	1.78	$\text{t.ha}^{-1} . \text{rok}^{-1}$

Navržená změna (obdělávání zemědělské půdy po vrstevnicích a protierozní průleh) se projevila jako vhodné protierozní opatření, protože dlouhodobá ztráta půdy klesla z $6,72 \text{ t.ha}^{-1}.\text{rok}^{-1}$ na $2,55 \text{ t.ha}^{-1}.\text{rok}^{-1}$ u horní části svahu a na $1,78 \text{ t.ha}^{-1}.\text{rok}^{-1}$ u dolní části svahu.

Celkové shrnutí protierozních opatření je následující: navržené změny pomohou zmenšit povrchový odtok a výrazně snížit následky přívalových dešťů. Adaptační opatření zároveň zajistí zvýšení retenční schopnosti krajiny, čímž pomůžou eliminovat klimatické sucho.

Výše uvedená protierozní opatření jsem zapracoval do programu ArcGis, který na základě těchto změn upravil vstupní veličiny pro zájmovou lokalitu povodí potoku Vítovka. Lze si v tabulce č. 19 všimnout, že se navrhovanými změnami snížila hodnota CN odtokové křivky, která u levého svahu klesla z původních 75,6 na 68,7 a u pravého břehu z původních 78,9 na 65,3.

Tab. 19: Vstupní veličiny – charakteristika území po navržených změnách.

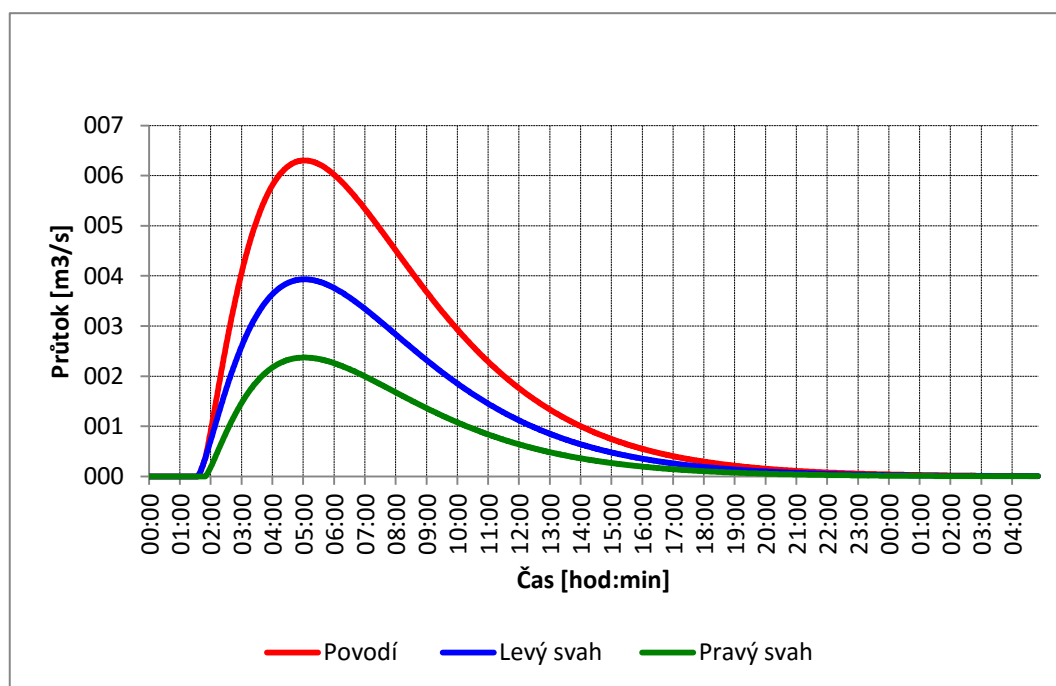
VSTUPNÍ VELIČINY		Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky
F	plocha povodí	9.3			[km ²]
F _s	plocha svahu		5.4	3.9	[km ²]
I _s	průměrný sklon svahu		7.3	7	[%]
γ	drsnostní charakteristika		6	6	[sec]
L _u	délka údolnice	4			[km]
I _u	průměrný sklon údolnice	3			[%]
CN _{typ}	typ odtokové křivky(1,2,3)		2	2	[...]
CN	číslo odtokové křivky		68.7	65.3	[...]
N	doba opakování	5,10,20,50,100			[roky]
H _{1d5}	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=5	51.2			[mm]
H _{1d10}	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=10	58.6			[mm]
H _{1d20}	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=20	66.3			[mm]
H _{1d50}	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=50	75.8			[mm]
H _{1d100}	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=100	83.2			[mm]

Charakteristiky zájmového území po změnách byly vloženy do výpočtové metody DesQ, jejímž výstupem je tabulka č. 20. Z ní je patrné snížení povrchových odtoků. Například před navrhovanými změnami byl průtok $Q_{20} = 7,88 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, zatímco nyní (po navržených změnách) je $Q_{20} = 4,51 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Podle informací získaných od MÚ v Odrách je kapacita koryta potoku Vítovka rovna $6,33 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, což je hodnota relativně blízká pro Q_{20} před navrhovanými změnami. Podle výpočtového modelu DesQ pak koryto potoka vyhoví po krajinných změnách i průtokům Q_{100} . Výsledkem těchto navržených změn pak bude menší transport splavenin, méně častý výskyt povodní v povodí potoku Vítovka.

Povodí potoku Vítovka patří mezi povodí s rozlohou do 10 km^2 . Podobných povodí je v ČR přes 80%. Pokud by každá krajina tvořící podobné povodí byla schopna zadržet více dešťových srážek, pak by to mělo velký vliv na větší povodí. Možnou příčinou povodní jsou tak patrně nedostatečná krajinná opatření v menších povodí.

Tab. 20: Odtoky ze svahů a povodí po navržených změnách.

N-leté maximální průtoky a objemy PV			Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky
N	doba opakování					[roky]
5	$Q_{\max}$	maximální průtok	2.48	1.41	1.07	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	W_{PVT}	objem povodňové vlny PV	86.7	53	33.7	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný H_{1d5}	134	81.4	52.3	$[10^3 \cdot m^3]$
10	$Q_{\max}$	maximální průtok	3.57	2.06	1.51	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	W_{PVT}	objem povodňové vlny PV	104	64	40.1	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný H_{1d10}	154	94.2	59.8	$[10^3 \cdot m^3]$
20	$Q_{\max}$	maximální průtok	4.51	2.67	1.85	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	W_{PVT}	objem povodňové vlny PV	117	72.9	44.4	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný H_{1d20}	164	101	62.8	$[10^3 \cdot m^3]$
50	$Q_{\max}$	maximální průtok	5.44	3.33	2.11	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	W_{PVT}	objem povodňové vlny PV	129	81.4	47.4	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný H_{1d50}	168	106	62.9	$[10^3 \cdot m^3]$
100	$Q_{\max}$	maximální průtok	6.3	3.93	2.37	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	W_{PVT}	objem povodňové vlny PV	139	88.5	50.3	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný H_{1d100}	175	111	64.4	$[10^3 \cdot m^3]$

**Graf. 5:** Hydrogram odtoků po navržených změnách

11.7. Závěr

Zadáním této práce bylo navrhnout adaptační opatření za účelem eliminace klimatického sucha v zájmové lokalitě - povodí potoku Vítovka nacházejícího se v okrese Nový Jičín, v Moravskoslezském kraji. Tato opatření byla navržena, popsána a vyhodnocena jako užitečná pro zmenšení erozního smyvu a delšího zdržení dešťových srážek v zájmové lokalitě. Větší zdržení srážek v zájmové lokalitě zajistí více vláhy pro zemědělské plodiny a menší maximální průtoky.

Navržené změny by v případě realizace byly zcela jistě přínosné pro majitele průmyslového areálu Semperflex Optimit a.s. Areál byl pravidelně při častějších a intenzivnějších dešťových srážkách vyplavován. Společnost Semperflex Optimit a.s. je největším zaměstnavatelem v regionu. Každé vyplavení znamenalo mnohamilionové škody, atak se město Odry rozhodlo nechat zpracovat studii na vybudování nového koryta, které by odvedlo vodu z potoku Vítovka kolem průmyslového areálu do řeky Odry. Lze tedy říci, že mnou navržená opatření mohou sloužit jako alternativní řešení.

Přínos práce rovněž spočívá v navržení jiného uspořádání krajiny, která by byla po navržených změnách méně ochuzována o ornou půdu, která je následkem eroze splavována do potoka Vítovka. Zanášení koryta potoka pak úzce souvisí se zmíněným vyplavováním průmyslového areálu. Navržené změny na zemědělských půdách by ocenili i obyvatelé, kteří by mohli nově navržený protierozní průleh využít jako pěší komunikaci.

Práce rovněž upozorňuje na nebezpečí klimatického sucha, které je projevem klimatických změn. Negativním projevem klimatických změn je častější výskyt období, během kterých velmi intenzivně prší, nebo je sucho. Oba tyto situace nejsou pro obyvatele ideální, protože znamenají pro obyvatelstvo komplikace. Při deštivém období může dojít k povodním, nebo k erozi. Při období sucha se naopak výrazně zmenšují vodní zásoby povrchových a podzemních zdrojů a je nedostatek vláhy pro zemědělské plodiny.

Závěr z již uvedených poznatků uvedených v práci, jak eliminovat následky klimatického sucha, je následující: je nezbytné maximálně se snažit o zadržování vody na každém místě naší planety během období, kdy je výskyt intenzivních dešťů a připravit si tak zásoby vody o dostatečném objemu, na období, kdy úhrny srážek klesnou na minimum. Tím se předejde povodním a omezí se tak následky klimatických změn.

12. PŘÍLOHY

12.1. Tabulky DesQ

Tab. 21: Tabulka průtoků Q_{N100} pro stávající stav.

VÝSTUPNÍ VELIČINY $N = 100$ let		Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky
CN_{pr}	přepočtené číslo CN - typ		75.6	78.9	[...]
R_p	potenciální retence povodí		82	67.9	[mm]
L_s	průměrná délka svahu		1.35	0.97	[km]
L_{so}	průměrná délka dráhy svahového odtoku		1.44	1.05	[km]
Kritický déšť					
t_{dk}	doba trvání deště		448	284	[min]
i_{dk}	intenzita deště		0.173	0.265	[mm.min ⁻¹]
H_{dk}	výška deště		77.5	75.4	[mm]
t_{ldk}	doba bezodtokové fáze		95	51	[min]
t_{spk}	doba trvání přítoku		353	233	[min]
i_{spk}	intenzita přítoku		0.074	0.126	[mm.min ⁻¹]
H_{spk}	výška přítoku		26.1	29.4	[mm]
Výpočtový déšť					
t_d	doba trvání deště	284			[min]
i_d	intenzita deště	0.265			[mm.min ⁻¹]
H_d	výška deště	75.4			[mm]
t_1	doba trvání bezodtokové fáze	51	62	51	[min]
t_{sp}	doba trvání přítoku		222	233	[min]
i_{sp}	intenzita přítoku		0.111	0.126	[mm.min ⁻¹]
H_{sp}	výška přítoku		24.7	29.4	[mm]
t_{sk}	doba koncentrace		288	232	[min]
i_{sk}	intenzita odtoku v době t_{sk}		0.111	0.127	[mm.min ⁻¹]
H_{so}	výška odtoku		24.7	29.4	[mm]
i_{so}	max. intenzita odtoku ze svahu		0.066	0.126	[mm.min ⁻¹]
Q_{max}	maximální průtok	14.2	5.95	8.22	[m ³ .s ⁻¹]
Charakteristiky teoretické povodňové vlny vyvolané výpočtovým deštěm					
W_{PVT}	objem povodňové vlny	248	133	115	[10 ³ .m ³]
t_{vh}	doba vzestupu hydrogramu	232	222	232	[min]
t_{ph}	doba poklesu hydrogramu	1048	1048	548	[min]
t_{kh}	doba trvání kulminace hydrogramu	0	0	1	[min]
t_{ch}	celková doba trvání odtoku	1280	1270	781	[min]
Charakteristiky teoretické povodňové vlny vyvolané H_{1d100}					
W_{PVT}	objem povodňové vlny	299	162	137	[10 ³ .m ³]
t_{vh}	doba vzestupu hydrogramu	232	222	232	[min]
t_{ph}	doba poklesu hydrogramu	1386	1386	701	[min]
t_{kh}	doba trvání kulminace hydrogramu	0	0	1	[min]
t_{ch}	celková doba trvání odtoku	1618	1608	934	[min]

Tab. 22: Tabulka průtoků Q_{N100} po návrhu adaptačních opatření.

VÝSTUPNÍ VELIČINY N = 100 let		Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky
CN_{pr}	přepočtené číslo CN - typ		68.7	65.3	[...]
R_p	potenciální retence povodí		115.7	135	[mm]
L_s	průměrná délka svahu		1.35	0.97	[km]
L_{so}	průměrná délka dráhy svahového odtoku		1.44	1.05	[km]
Kritický déšť					
t_{dk}	doba trvání deště		496	498	[min]
i_{dk}	intenzita deště		0.157	0.157	[mm.min ⁻¹]
H_{dk}	výška deště		78	78	[mm]
t_{1dk}	doba bezodtokové fáze		147	172	[min]
t_{spk}	doba trvání přítoku		349	326	[min]
i_{spk}	intenzita přítoku		0.051	0.043	[mm.min ⁻¹]
H_{spk}	výška přítoku		17.6	14	[mm]
Výpočtový déšť					
t_d	doba trvání deště	300			[min]
i_d	intenzita deště	0.252			[mm.min ⁻¹]
H_d	výška deště	75.6			[mm]
t_1	doba trvání bezodtokové fáze	92	92	107	[min]
t_{sp}	doba trvání přítoku		208	193	[min]
i_{sp}	intenzita přítoku		0.079	0.067	[mm.min ⁻¹]
H_{sp}	výška přítoku		16.4	12.9	[mm]
t_{sk}	doba koncentrace		279	261	[min]
i_{sk}	intenzita odtoku v době t_{sk}		0.079	0.067	[mm.min ⁻¹]
H_{so}	výška odtoku		16.4	12.9	[mm]
i_{so}	max. intenzita odtoku ze svahu		0.044	0.036	[mm.min ⁻¹]
Q_{max}	maximální průtok	6.3	3.93	2.37	[m³.s⁻¹]
Charakteristiky teoretické povodňové vlny vyvolané výpočtovým deštěm					
W_{pVT}	objem povodňové vlny	139	88.5	50.3	[10 ³ .m ³]
t_{vh}	doba vzestupu hydrogramu	208	208	193	[min]
t_{ph}	doba poklesu hydrogramu	1036	1036	924	[min]
t_{kh}	doba trvání kulminace hydrogramu	0	0	0	[min]
t_{ch}	celková doba trvání odtoku	1244	1244	1117	[min]
Charakteristiky teoretické povodňové vlny vyvolané H_{1d100}					
W_{pVT}	objem povodňové vlny	175	111	64.4	[10 ³ .m ³]
t_{vh}	doba vzestupu hydrogramu	208	208	193	[min]
t_{ph}	doba poklesu hydrogramu	1430	1430	1317	[min]
t_{kh}	doba trvání kulminace hydrogramu	0	0	0	[min]
t_{ch}	celková doba trvání odtoku	1638	1638	1510	[min]

12.2. Fotodokumentace



Obr.10: Potok Vítovka v dolní části toku.



Obr.11: Potok Vítovka protékající v místech zalesněného území.



Obr.12: Potok Vítovka v místech, kde protéká chatovou osadou.



Obr.13: Zemědělsky využívané plocha nacházející se vedle potoka (vpravo).



Obr.14: Zemědělsky využitá plocha pro pastvu dobytka. Potok Vítovka je v místech vzrostlých stromů.



Obr.15: Místo vstupu potoka Vítovka do průmyslového areálu.



Obr.16: Zemědělská plocha v okolí dolního toku potoka.



Obr.17: První z tůní vybudovaná z dotací MŽP ČR. V pozadí je most přes potok.

13. Použitá literatura

- [1] ZMĚNA KLIMATU [online], 2017[cit. 2017-05-23] Dostupné z:
<http://www.zmenaklimatu.cz/cz/fakta>
- [2] GRALLA, Preston. *Jak pracuje životní prostředí: klíčové problémy v souvislosti s životním prostředím*. Ilustroval Cherie PLUMLEE. Brno: UNIS Publishing, 1995.
- [3] METEO AKTUALITY [online], 2017[cit. 2017-05-23] Dostupné z:
<http://meteo-aktuality.blog.cz/1601/vznik-a-klasifikace-srazek>
- [4] DISKUSE.IN POČASÍ [online], 2017[cit. 2017-05-23] Dostupné z:
http://diskuse.in-pocasi.cz/image_uploads/448184-1621.jpg
- [5] Globální problémy lidstva [online], 2017[cit. 2017-05-23] Dostupné z:
http://9zdar.wz.cz/W_GPL/Patkova/patkova3.htm
- [6] poznámky z přednášek pana prof. Hlavínka
- [7] Svět kolem nás, říjen 2012, str. 78
- [8] INSTEKO [online], 2017[cit. 2017-05-23] Dostupné z:
<http://www.insteke.cz/wp-content/uploads/2016/09/vyuziti-graf.png>
- [9] [online], 2017[cit. 2017-05-23] Dostupné z:
http://www.vodovod.info/index.php/tema/211-ochranna-pasma-vodnich-zdroju#.WK3nWPk1_IU
- [10] [online], 2017[cit. 2017-05-23] Dostupné z:
<http://www.statistikaamy.cz/2015/06/cim-vice-lide-s-vodou-setri-tim-je-voda-drazsi/>
- [11] podklady ze sympozia Ing. Jiří Groda
- [12] EAGRI: Portál farmáře. [online]. 2017[cit. 2017-05-23] Dostupné z:
http://geoportal.vumop.cz/wms_vumop/zchbpej.asp?
- [13] Aquatis, Studie technické proveditelnosti Odlehčovací rameno VT Vítovka, Technická zpráva
- [14] JANEČEK, Miloslav. *Ochrana zemědělské půdy před erozí: metodika*. Praha: Powerprint, 2012. ISBN 978-80-87415-42-9.

14. Seznam tabulek

Tab. 1: Hydrologické údaje potoku Vítovka (hydrologické povodí č. 2-01-01-0430).....	24
Tab. 2: Složení zemin v zájmové lokalitě.....	25
Tab. 3: Vstupní veličiny – charakteristika zájmového území.....	27
Tab. 4: Odtoky ze svahů a povodí.....	29
Tab. 5: L faktor.....	39
Tab. 6: C faktor.....	40
Tab. 7: P faktor.....	41

Tab. 8: Kategorie ohroženosti půd erozí.....	41
Tab. 9: Výpočet eroze před úpravou terénu.....	41
Tab. 10: Výpočet eroze po úpravě terénu.....	41
Tab. 11: Výpočet eroze před úpravou terénu.....	42
Tab. 12: Výpočet eroze po úpravě terénu.....	42
Tab. 13: Výpočet eroze před úpravou terénu.....	42
Tab. 14: Výpočet eroze po úpravě terénu.....	42
Tab. 15: Výpočet eroze po úpravě terénu.....	42
Tab. 16: Výpočet eroze před úpravou terénu.....	43
Tab. 17: Výpočet eroze po úpravě terénu.....	43
Tab. 18: Výpočet eroze po úpravě terénu.....	43
Tab. 19: Vstupní veličiny – charakteristika území po navržených změnách.....	44
Tab. 20: Odtoky ze svahů a povodí po navržených změnách.....	45
Tab. 21: Tabulka průtoků Q_{N100} pro stávající stav.....	47
Tab. 22: Tabulka průtoků Q_{N100} po návrhu adaptačních opatření.....	48

15. Seznam obrázků

Obr. 1: Průměrný roční úhrn srážek v ČR v letech 1961 – 1990.....	12
Obr. 2: Dostupnost pitné vody v roce 1950.....	14
Obr. 3: Dostupnost pitné vody v roce 1990.....	14
Obr. 4: Odhadovaná dostupnost pitné vody v roce 2025.....	14
Obr. 5: Ortofotomapa zájmového území.....	23
Obr. 6: Mapa vodního toku Vítovka.....	24
Obr. 7: Mapa dílčích území.....	35
Obr. 8: Zákres navržených úprav v dílčím území č.2.....	36
Obr. 9: Zákres navržených úprav v dílčím území č.4 a 5.....	38
Obr.10: Potok Vítovka v dolní části toku.....	49
Obr.11: Potok Vítovka protékající v místech zalesněného území.....	49
Obr.12: Potok Vítovka v místech, kde protéká chatovou osadou.....	50
Obr.13: Zemědělsky využívaná plocha nacházející se vedle potoka (vpravo).....	50
Obr.14: Zemědělsky využitá plocha pro pastvu dobytka. Potok Vítovka je v místech vzrostlých stromů.....	51
Obr.15: Místo vtoku potoka Vítovka do průmyslového areálu.....	51
Obr.16: Zemědělská plocha v okolí dolního toku potoka.....	52
Obr.17: První z tůní vybudovaná z dotací MŽP ČR. V pozadí je most přes potok.....	52

16. Seznam grafů

Graf. 1: Světová populace.....	13
Graf 2: Denní spotřeba vody na obyvatele.....	16
Graf 3: Množství fakturované vody v 100 000 000 m ³	18
Graf. 4: Hydrogram odtoků.....	30
Graf. 5: Hydrogram odtoků po navržených změnách.....	45

17. Seznam příloh (přílohy na DVD)

- 17.1. Odtoky – stávající stav
- 17.2. Hydrogramy – stávající stav
- 17.3. Odtoky po navržených změnách
- 17.4. Hydrogramy po navržených změnách
- 17.5. Fotodokumentace zájmové lokality