

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

**Fakulta životního prostředí**  
**Katedra aplikované ekologie**



## **VÝZNAM ZADRŽOVÁNÍ DEŠŤOVÝCH VOD V MĚSTSKÉ ZÁSTAVBĚ A NÁVRH OPATŘENÍ VE STATUTÁRNÍM MĚSTĚ MOST**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**Vedoucí práce:** doc. RNDr. Jan Pokorný, CSc.

**Diplomant:** Bc. Barbora Markaczová

2015

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra aplikované ekologie

Fakulta životního prostředí

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Barbora Markaczová

Regionální environmentální správa

Název práce

**Význam zadržování dešťových vod v městské zástavbě a návrh opatření ve statutárním městě Most**

Název anglicky

**Relevance of accumulation and deposition of rainwater in urban build-up area and suggestion of an arrangement in statutory town Most**

---

### Cíle práce

Navrhnout funkční řešení hospodaření s dešťovými vodami, zejména s ohledem na stávající stav městské kanalizace a hydrogeologickou charakteristiku území statutárního města Mostu.

Návrh opatření řeší především:

- a) zlepšení mikroklimatických podmínek pomocí sídelní zeleně a zadržením dešťových vod
- b) odlehčení současného zatížení stávající stokové sítě;
- c) zpětné využití dešťových vod (recyklaci).

### Metodika

Území bude popsáno z hlediska geomorfologického, geologického, hydrologického, klimatického a pedologického. Budou zpracovány analýzy současného stavu hospodaření s dešťovými vodami ve městě, stav stávající kanalizace s ohledem na současné zatížení ČOV, stav recipientu, stav stávající zeleně. Stav městského mikroklimatu v letním období se zřetelem na teplotu. Na základě analýzy budou navržena opatření pro lepší hospodaření s dešťovými vodami ve městě. Součástí diplomové práce je i demonstrace funkčních opatření pro nakládání s dešťovými vodami v jiných městech a v zahraničí.

**Doporučený rozsah práce**

60 str.

**Klíčová slova**

dešťové vody, mikroklima, sídelní zeleň, kanalizace

---

**Doporučené zdroje informací**

- ČSN 75 9010 Vsakovací zařízení srážkových vod  
HLAVÍNEK P., Hospodaření s dešťovými vodami v urbanizovaném území. Ardec, Brno, 164 s.  
KRAVČÍK M., POKORNÝ J., KOHUTIAR J., KOVÁČ M., TÓTH E., 2007: Voda pre ozdravenie klímy – Nová vodná paradigma. ISBN: 978-80-969766-5-2, 93 s.  
KREJČÍ V. a kol. (2002): Odvodnění urbanizovaných území koncepční přístup. Brno, NOEL 2000, 562 s  
MIKKELSEN P. S., 2004: Retrofitting urban drainage systems using best stormwater management practises some Scandinavian experiences. In: Enhancing urban environment by environmental upgrading and restoration. Kluwer academic publishers, Netherlands  
NADEZHDINA, N.; REJŠKOVÁ, A., 2010: Solar energy dissipation and temperature control by water and plants. International Journal of Water.  
POKORNÝ, J.; BROM, J.; ČERMÁK, J.; HESSLEROVÁ, P.; HURYNA, H.;  
STRÁNSKÝ D., KABELKOVÁ I. et BAREŠ V., 2012: Nové normy v oboru hospodaření se srážkovými vodami. In: Městské vody 2012, Sborník přednášek konference s mezinárodní účastí. ARDEC s.r.o., Brno  
VÍTEK J., 2008: Odvodňování urbanizovaných území podle principů udržitelného rozvoje. Praha, Urbanismus a územní rozvoj, 26 s.  
Vyhláška č. 501/2006 Sb. o obecných požadavcích na využívání území, v platném znění  
Zákon 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon), v platném znění  
Zákon 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), v platném znění  
Zákon 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích), v platném znění

---

**Předběžný termín obhajoby**

2015/01 (leden)

**Vedoucí práce**

doc. RNDr. Jan Pokorný, CSc.

Elektronicky schváleno dne 29. 4. 2014

**prof. Ing. Jan Vymazal, CSc.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 6. 11. 2014

**prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.**

Děkan

V Praze dne 02. 04. 2015

## **PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně pod vedením doc. RNDr. Jana Pokorného, CSc. Prohlašuji, že jsem v seznamu literatury uvedla veškeré literární prameny, ze kterých jsem čerpala.

V Praze dne 15. 4. 2015

.....

Barbora Markaczová

## **PODĚKOVÁNÍ**

Tímto bych chtěla poděkovat vedoucímu diplomové práce doc. RNDr. Janu Pokornému, CSc. za podnětné rady, připomínky a trpělivost při vypracování této diplomové práce. Také bych ráda poděkovala pracovníkům Severočeských vodovodů a kanalizací a.s., referentkám stavebního úřadu v Mostě a všem, kteří mi poskytli rady a materiály k mé práci.

## **ABSTRAKT**

Diplomová práce se zabývá hospodařením s dešťovými vodami v urbanizovaných územích, s ohledem na mikroklimatické podmínky ve městech. Teoretická část práce objasňuje způsob toku energie, koloběhu látek a vody, funkce zeleně a vliv člověka na oběh vody v krajině. Součástí práce je shrnutí aktuálních legislativních požadavků a omezení, i způsobů hospodaření s dešťovými vodami.

Vybrané zájmové území o rozloze 20 ha se nachází v centrální části severočeského města Most. Pro toto území jsou navržena nápravná opatření v souladu s nejmodernějšími trendy. Zmíněná opatření se zabývají problematikou jak šetrněji nakládat s dešťovými vodami a jak zajistit příznivější mikroklimatické podmínky ve městě.

Nejzajímavější částí práce je terénní průzkum a analytická část. Náplní této části byla charakteristika zájmového území a tvorba analýz s důrazem na stav recipientu, mikroklimatu, stokové sítě, městské zeleně a současného způsobu nakládání s dešťovou vodou. Významným zdrojem informací při tvorbě analýz byly Generel kanalizace města Mostu, územně analytické podklady města Most a data z webových stránek Českého hydrometeorologického ústavu.

Na základě literární rešerše, znalosti území a analýz byl vytvořen návrh konkrétních opatření, spočívajících v realizaci extenzivních a intenzivních střešních zahrad, retenčních a akumulčních nádrží, „Rain gardens“, „Bioswales“ a výsadbě vysoké zeleně. Byl vytvořen situační výkres s popisem jednotlivých navržených prvků.

Výsledkem práce je zhodnocení navržených opatření, podložených poznatky získaných z teoretické části, a vyhodnocení příkladů účinné recyklace dešťových vod.

Na uvedeném příkladu statutárního města Most diplomová práce ukazuje směr, kterým se mohou i ostatní města ubírat v cestě za udržitelným hospodařením s vodou a zlepšením kvality života obyvatel.

### **Klíčová slova**

dešťové vody, mikroklima, zeleň, stoková síť

## **ABSTRACT**

Master thesis deals with economizing of rainwater in urban areas regarding to micro climatic conditions in towns. The theoretical part of the thesis clarifies the way of energy flow, circulation of substances and water, function of greenery and impact of man to circulation of water in the landscape. Actual legislative requirements and restrictions are described and makes part of the thesis. System of economizing rainwater is described as well.

Chosen landscape which has 20 ha is situated in the central part of Most, town on the North of the Czech Republic. Designed countermeasures are in accordance with present-day trends. They handle considerably loading with rainwater and they focus how to secure better microclimatic conditions in the town.

Ground investigation and created analysis make analytical part of the thesis which is most interesting. The analytical part deals with characteristic of the chosen landscape and creating analysis with emphasis to water recipient, microclimate, system of sewers, town greenery and contemporary treatment with rainwater. Development plan of sewerage system of Most, territorial analytical basis of Most (UAP) and data from the webpage of the Czech hydro meteorological institute (ČHMÚ) were significant sources of information for processing the analysis.

A plan of corrective actions was created. It is based on theoretical review, knowledge of the area and the analysis. The plan consists of realization of extensive and intensive roof gardens, retention and storage reservoir, „Rain gardens“, „Bioswales" and planting of high green. A sketch map and a description of particular designed elements also created.

The result of the thesis is evaluation of advantages of designed countermeasures based on knowledge gained from theoretical part and evaluation of the concrete examples of effective recycling of rainwater.

This paper shows a direction of how towns and cities can move towards the way of sustainable economizing of water and improving the quality of life of citizens on the concrete example of the town Most.

### **Key words**

rainwater, microclimate, greenery, system of sewers

## Obsah

1	Úvod.....	10
2	Cíle práce .....	11
3	Metodika .....	12
4	Literární rešerše.....	14
4.1	Základní pojmy.....	14
4.2	Význam vody .....	14
4.3	Tok energie, koloběh látek a vody .....	15
4.3.1	Vodní cyklus .....	15
4.3.2	Sluneční energie .....	17
4.3.3	Distribuce slunečního záření na zemském povrchu .....	17
4.3.4	Úloha vody a rostlin při přeměně sluneční energie.....	19
4.4	Mikroklima v městské zástavbě .....	21
4.5	Funkce zeleně .....	22
4.6	Vliv člověka na oběh vody v krajině.....	24
4.7	Extrémní hydrologické jevy v urbanizované krajině.....	25
4.8	Hospodaření s dešťovou vodou .....	27
4.8.1	Využití dešťových vod .....	28
4.8.2	Vegetační úpravy s vodohospodářskou funkcí .....	30
4.8.3	Retence dešťových vod .....	31
4.8.4	Vsakování dešťových vod.....	32
4.9	Současná legislativa .....	35
5	Zájmové území.....	37
5.1	Vymezení řešeného území.....	37
5.2	Geomorfologická charakteristika .....	37
5.3	Geologická charakteristika .....	38
5.4	Hydrologická charakteristika .....	38
5.5	Klimatická charakteristika.....	39
5.6	Pedologická charakteristika.....	40
6	Analýza .....	41
6.1	Analýza stavu hospodaření s dešťovou vodou .....	41
6.2	Analýza stavu recipientu (řeka Bílina) .....	44
6.3	Analýza stavu městské zeleně .....	45
6.4	Analýza mikroklimatu .....	47
7	Návrh konkrétních opatření.....	54



7.1	Návrh hospodaření s dešťovou vodou .....	54
7.1.1	Příprava návrhu .....	55
7.1.2	Návrh střešní zeleně .....	57
7.1.3	Povrchové retenční nádrže .....	61
7.1.4	Recyklace dešťových vod .....	62
7.1.5	„Rain gardens“ a „bioswales“ .....	63
7.1.6	Plochy vysoké zeleně .....	63
7.2	Zhodnocení navržených opatření .....	64
7.2.1	SWOD analýza.....	67
7.3	Konkrétní případy účinné recyklace dešťových vod ve městech.....	68
8	Diskuze.....	70
8.1	Vyhodnocení stávajícího stavu.....	70
8.2	Teoretická část.....	71
8.3	Návrhová část .....	72
9	Závěr .....	74
10	Přehled literatury a použitých zdrojů .....	75
11	Seznam příloh.....	80
12	Datový nosič – CD .....	80

# 1 Úvod

V současné době se čím dál více setkáváme s následky neuváženého hospodaření člověka v krajině. V minulosti ne vždy a zcela respektovalo ekologické zákonitosti, souvislosti a principy. Lidé si postupem času začali uvědomovat, že výsledky a výhody, kterých docílili v souboji s přírodou se pomalu začínají obracet proti jim samým. Začínáme zjišťovat, že jediná cesta vedoucí k uplatnění a k rozvoji lidské existence spočívá v nalezení souladu mezi možnostmi, které jsou nám přírodou poskytovány a reálnými potřebami lidstva ( Kender, 2000).

Voda plní v krajině nenahraditelnou funkci. Je téměř výlučným médiem, ve kterém se uskutečňují transportní a chemické reakce. Celkové prostředí, biodiverzita i funkčnost a charakter jednotlivých ekosystémů, jsou velmi silně ovlivňovány strukturou okolní krajiny, způsobem jejího využívání, složením a kvalitou vegetačního krytu a půdního horizontu. Efektivně uzavřené látkové cykly, vyrovnané odtokové poměry a minimalizované transportní ztráty látek jsou charakteristickými rysy setrvale fungujících krajinných celků. Člověk však neustále krajinné ekosystémy destabilizuje, především svými náhodnými zásahy do vegetačního krytu. Tím se mění rozdělení dopadající sluneční energie v prostoru i v čase, což vede ke snížení efektivity krajinného systému a k nárůstu nevratných ztrát látek (Ripl et al, 1996).

Značný vliv na klimatické podmínky v lokálním i v globálním měřítku, má udržitelné hospodaření s vodou, do kterého bezesporu patří dlouho opomíjený význam zadržování dešťových vod v krajině. Trend posledních let o prosazení trvale udržitelného rozvoje na úrovni životního prostředí, vede ke snaze přizpůsobit krajinu co nejvíce přírodě přirozeným podmínkám.

Problémem měst je úbytek zelených ploch na úkor ploch zastavěných a zpevněných, růst automobilové dopravy a průmyslu, což působí nepříznivě na životní podmínky obyvatel. Dešťové vody ze zpevněných ploch jsou co nejrychleji odváděny systémem stokových sítí z měst a tím je způsobena celá řada negativních faktorů v podobě zatížení stokových sítí, znečištění vodních toků, záplav aj. Vše vede ke snížení vlhkosti vzduchu ve městech, růstu teploty, a dochází ke tvorbě tepelných ostrovů. Nedostatek zeleně působí negativně nejen na mikroklimatické podmínky prostředí, ale i na člověka, jeho zdraví a v neposlední řadě jeho i psychiku.

Výjimkou není ani Severočeské město Most, které je navíc negativně ovlivněno činností blízkých povrchových uhelných dolů. Město se sice v posledních letech postupně očišťuje od ekologických zátěží z minulosti, je však na čase zapracovat na přirozených přírodně blízkých podmínkách v samotném centru města a ne pouze v jeho širokém okolí. V současnosti je znám způsob, jak efektivně hospodařit s dešťovými vodami v urbanizovaném prostředí. Z toho důvodu byl na části města navržen systém efektivnějšího nakládání s dešťovými vodami na základě moderních technických opatření a zeleně.

## 2 Cíle práce

Cílem diplomové práce je na základě poznatků z literární rešerše, terénního průzkumu a analýzy zájmového území navrhnout funkční řešení hospodaření s dešťovými vodami, zejména s ohledem na stávající stav městské kanalizace a hydrogeologickou charakteristiku území statutárního města Mostu.

Návrh opatření řeší především:

- a) zlepšení mikroklimatických podmínek pomocí využití sídelní zeleně a zadržením dešťových vod ve městě;
- b) odlehčení současného zatížení stávající stokové sítě;
- c) zpětné využití dešťových vod (recyklace).

Nedílnou součástí diplomové práce je vyhodnocení navržených opatření na základě demonstrace současných moderních trendů a konkrétních fungujících řešení případů zadržování dešťových vod v urbanizovaném území.

### 3 Metodika

Na podkladech literární rešerše je v diplomové práci popsán koloběh vody v přírodě a úloha rostlin v oběhu vody i při přeměně sluneční energie. Jsou uvedeny funkce zeleně v závislosti na mikroklimatických podmínkách v urbanizovaném území. K této části byla použita odborná literatura, odborné články a publikace včetně internetových zdrojů. Prvkem literární části je popis současných legislativních omezení v dané problematice dle platných zákonů, vyhlášek a norem.

Z hlediska geomorfologického, geologického, hydrologického, klimatického a pedologického je popsáno zájmové území. Využita byla zejména textová část Územního plánu města Mostu, Územně analytické podklady a odborná literatura.

Byla provedena sekundární analýza dat získaných z webových stránek příslušných organizací. Analýza byla aplikována na zájmové území, pro něž jsou navržena opatření, jak šetrněji nakládat s dešťovými vodami v souladu s aktuálními trendy a s ohledem na zajištění příznivějších mikroklimatických podmínek ve městě Most. Zájmové území o rozloze 20 ha se nachází v centrální části správního obvodu města Most, v katastrálním území Most II.

Analýza současného stavu hospodaření s dešťovou vodou byla provedena na základě terénního průzkumu území a Generelu kanalizace města Mostu, který byl pro účely zpracování diplomové práce zapůjčen organizací Severočeské vodovody a kanalizace a.s. Údaje v generelu kanalizace byly využity k získání informací o současném stavu stokové sítě, způsobu odvádění srážkových vod z území, stavu čistírny odpadních vod a ostatních objektů na stokové síti. Popsán je využívaný způsob nakládání s dešťovými vodami na území města. Pro popis byl také významným zdrojem informací rozhovor s referentkami stavebního úřadu v Mostě, které jsou s touto problematikou velmi blízké seznámené.

Analýza stavu recipientu, analýza mikroklimatu a analýza stávajícího stavu zeleně proběhla převážně na základě dat získaných z webových stránek Českého hydrometeorologického ústavu, informací z textové části Územního plánu města Mostu, Vyhodnocení imisní situace v Mostě za rok 2013 Ekologického centra pro Krušnohoří a Územně analytických podkladů města Mostu z roku 2014 dostupných na webových stránkách města. Velkým přínosem pro analýzu se stal terénní průzkum. Pomocí analýz je popsána kvalita vody v řece Bílině, teplotní podmínky v zájmovém území, čistota ovzduší s důrazem na časté inverzní situace, vlhkostní poměry, prašnost a průměrné srážkové úhrny v území.

Analýzy vytvořily podklad pro návrh nápravných opatření vycházejících z kapitoly „Hospodaření s dešťovými vodami“ literární rešerše, platných zákonů a norem Jejich následné zhodnocení vede k řadě výhod pro město samé a vede k příznivějším životním podmínkám v něm.

Pro lepší představu o současném stavu území, na nichž jsou opatření navržena, byla k návrhové části diplomové práce pořízena fotodokumentace, která zachycuje objekty a místa, jež jsou v návrhu řešena.

Na základě mapových podkladů Severočeských kanalizací a.s., Technických služeb města Mostu a.s. a map dostupných na webových stránkách města byla zpracována situace s návrhem jednotlivých opatření. Byl proveden výpočet množství dešťových vod v řešeném území na základě velikosti jednotlivých ploch a popisu konkrétních opatření.

Výsledkem návrhu konkrétních opatření je zhodnocení výhod těchto opatření a zároveň i možnosti jejich realizace. Vyhodnocení je provedeno na podkladě poznatků ze zpracovaných analýz a z konkrétních příkladů účinné recyklace dešťových vod. Je zde uvedeno kolik dešťových vod spotřebují navržená opatření a je graficky znázorněn nově vzniklý poměr jednotlivých druhů povrchů. Součástí výsledků je SWOD analýza, kde je kladen důraz na charakteristiku důležitých rysů řešeného území a charakteristiku předpokládaných rysů vzniklých realizací navržených opatření.

Součástí diplomové práce je demonstrace funkčních opatření pro nakládání s dešťovými vodami v jiných městech a v zahraničí.

## 4 Literární rešerše

### 4.1 Základní pojmy

#### Srážkové odpadní vody (dešťová voda)

Srážkové odpadní vody mají původ v dešťových srážkách a tání sněhu a ledu. Dostávají se do stokových sítí ze střech budov a zpevněných i nezpevněných ploch prostřednictvím domovních přípojek a uličních (dvorních) vpustí. Jejich množství a kvalita závisí na intenzitě deště a době jeho trvání, ale i na velikosti, sklonu a charakteru odvodňovaného území. Nejvíce znečištěné vody odtékají z povrchu území krátce po započítání deště a vyznačují se vysokým organickým a anorganickým znečištěním ve všech formách (Novák 2003).

#### Zeleň

Zeleň je živý, biologický systém, působící v každém prostředí přirozeně polyfunkčně, nezávisle na člověku (Bulíř et al. 1987).

Městská zeleň je soubor tvořený živými i neživými prvky zeleně, záměrně založenými člověkem nebo spontánně vzniklými, o které je zpravidla pečováno sadovnicko-krajinářskými metodami. Výjimečně jej může tvořit i jeden vegetační prvek. Množství a výskyt zeleně ovlivňuje nejen zdraví člověka a jeho psychiku, ale i život ostatních živých organismů (Hurych 2011).

#### Mikroklima

Všechna rostlinná společenstva si vytváří vlastní speciální mikroklima. Mikroklima je soubor meteorologických dějů, které jsou přímo ovlivňovány stejnorodým aktivním povrchem (Prošek, Rein, 1982).

#### Stoková síť

Účelem stokových sítí a kanalizačních přípojek je spolehlivé, hospodárné a zdraví nezávadné odvádění odpadních vod z určeného území nebo připojené nemovitosti do zařízení na čištění odpadních vod (čistírny odpadních vod, dešťové nádrže) a posléze do vodního recipientu. Tím stokové sítě a kanalizační přípojky zajišťují ochranu vodního recipientu před znečištěním odpadními vodami (tj. i znečištěnými dešťovými odpadními vodami) z urbanizovaných povodí (ČSN 75 6101).

### 4.2 Význam vody

Voda patří mezi nejdůležitější prvky na Zemi a tvoří základní prvek lidského života. Dle současných představ vznikl život právě v ní, rozšířil se na pevniny a bez její přítomnosti život zaniká (Kravčík et al. 2007).

Voda nás obklopuje, nachází se všude kolem nás a je základním fyziologickým prostředím všech živých organismů. Neopomenutelný je i obsah vody ve vegetaci

a v půdě. Vegetace na pevninách má nezastupitelnou funkci při regulaci výparů z půdy. Rozhodujícím způsobem ovlivňuje teplotní stabilitu prostředí (Pecharová et al. 2011).

Na naší Zemi je okolo 1 400 miliard  $\text{km}^3$  vody, nacházejících se ve všech skupenstvích. Voda v mořích a oceánech pokrývá 71% povrchu země a tvoří 97% objemu vody na Zemi. Voda v pevném skupenství (ledovce, sněh) tvoří 2 % objemu veškeré vody na Zemi, ukrývá však až 70 % světových zásob sladké vody. Viditelná povrchová voda v řekách představuje pouze 0,0001 % a voda v jezerech (včetně slaných) činí 0,01 % objemu veškeré vody na Zemi. Podzemní voda a voda tvořící půdní vlhkost (0,7 %) tvoří mimo ledovce největší bohatství vody na pevninách. V živých organismech tvoří voda pouze 0,00004 % objemu veškeré vody na planetě (Pecharová et al. 2011). Objem sladké vody na pevnině je velmi malý, tato voda je ovšem podmínkou životních pochodů a obíhá ve velkém a malém cyklu (Kleczek, 2011).

## 4.3 Tok energie, koloběh látek a vody

### 4.3.1 Vodní cyklus

#### Velký vodní cyklus

Velký vodní cyklus je výměna vody mezi oceánem a pevninou. Do atmosféry se každoročně vypaří okolo 550 tisíc  $\text{km}^3$  vody. Z celkového úhrnu atmosférických srážek, které z výparu vzniknou, spadne 74 % nad mořem a oceánem a 26 % nad pevninami. Z toho vyplývá, že moře a oceány, prostřednictvím výparu a srážek, dotují pevninu jistým objemem vody, která se atmosférickými termodynamickými proudy dostává na velké vzdálenosti nad kontinenty, kde se vyprší, případně spadne v podobě sněhu (Kravčík et al. 2007).

Část vody ze srážek se vsákne do půdy, a když dosáhne hladiny podzemní vody, přidá se k podzemnímu odtoku. Část vody využijí rostliny a část se opět vypaří. Zbytek vody odtече po zemském povrchu zpět do moří a oceánů. Tím se velký vodní cyklus uzavře a završí (Kravčík et al. 2007).

#### Malý vodní cyklus

Malý vodní cyklus je také uzavřený koloběh vody, při kterém voda, která se vypaří na pevnině, spadne v podobě srážek nad jistým pevninským prostředím. Na rozdíl od velkého vodního cyklu probíhá na menším území a je pro něj specifický horizontální pohyb. Voda, která se přes den odpaří, se opět v noci sráží ve formě mlhy a rosy nebo jako místní dešť. Rovněž jako nad pevninou, existuje malý vodní cyklus i nad mořem či oceánem. Mezi jednotlivými vodními cykly, které probíhají v prostoru a v čase nad velkými územími s různou morfologií a povrchy s různou vlhkostí, existují vzájemné interakce. Nad krajinou probíhá množství malých vodních cyklů, které jsou dotované vodou z velkého vodního cyklu (Kravčík et al. 2007).

Úkolem malých vodních cyklů je udržení vody na pevninách co nejdéle a pozdržení návratu vody do oceánů. Je-li ekosystém narušen například odlesněním, nešetrným zemědělstvím či urbanizací, malé vodní cykly zanikají, voda se odvádí do řek a moří rychleji než je doplňována srážkami a pevnina vysychá (Kravčík et al. 2008).

### Vodní bilance

Dle zákona č. 254/2001 Sb. o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), v platném znění, se vodní bilance sestává z hydrologické bilance a vodohospodářské bilance. Hydrologická bilance porovnává přírůstky a úbytky vody a změny vodních zásob povodí, území nebo vodního útvaru za daný časový interval. Vodohospodářská bilance porovnává požadavky na odběry povrchové a podzemní vody a vypouštění odpadních vod s využitelnou kapacitou vodních zdrojů z hlediska množství a jakosti vody a jejich ekologického stavu.

Zásadní význam ve vodní bilanci sehrává právě výpar, a to nejenom z vodní hladiny, ale i z půdy a rostlin. Tento průměrný výpar je třeba stále udržovat na příslušné úrovni, jinak postupně dojde k odvodnění krajiny (Pecharová et al. 2011). Významnou roli v udržení tohoto stavu hraje evapotranspirace, což je výpar vody samotnou rostlinou (transpirace) a povrchem rostlin i půdy. Evapotranspirace je nejmohutnějším procesem přeměny sluneční energie a dosahuje hodnot až několik set  $W \cdot m^{-2}$ . Z kilometru čtverečního (100ha) se vypařuje ve slunném letním dnu řádově 100 litrů vody za sekundu. Záleží na struktuře vegetace, zda se vypařená voda částečně vrací zpět v malém oběhu nebo zda stoupá vysoko do atmosféry a nevrací se. Je prokázáno, že rozsáhlé lesní porosty přitahují vodu z oceánů do vnitra kontinentů, což je princip biotické pumpy, kterou navrhli a rozpracovali Makarieva, Gorškov (Pokorný, 2014).

Hydrologickou bilanci v povodí vyjadřuje rovnice:

$$H_s + H_p - H_o - H_e = \Delta H_r$$

$H_s$ ... úhrn přirozených srážek

$H_p$ ... úhrn přítoků povrchové a podzemní vody

$H_o$ ... úhrn odtoku povrchové a podzemní vody

$H_e$ ... hodnota evapotranspirace

$H_r$ ... celková změna zásob povrchové vody na ploše povodí za daný interval (Slavík et al. 2007).

Časovým intervalem je nejčastěji hydrologický rok. To je období stanovené tak, aby srážky spadlé v tomto období, v tomto období také otekly. V našich podmínkách začíná hydrologický rok 1. listopadu a končí 31. října následujícího kalendářního roku. Velkou výhodou je, že srážky spadlé jako sníh začátkem zimy odtečou s jarním odtokem v jednom bilančním období (Šilar 1996).



V rámci hydrologie, meteorologie a klimatologie se na úrovni jednotlivých krajín sleduje vodní bilance státu a vodní bilance hlavních povodí v rámci státu (Kravčík et al. 2007).

Dle Kravčíka et al. (2007) je nevyhnutelnou, ale ne jedinou podmínkou stabilního klimatu v území ustálený vodní cyklus. Proto je podstatnou informací, která by měla být hlavním cílem sledování vodní bilance, rozdíl mezi množstvím vody vstupující do systému a množstvím vody vystupující ze systému. Tento rozdíl nám v kladném případě indikuje přibývání vody v systému (nasyčování), v záporném případě ubývání vody v systému (odvodňování).

### 4.3.2 Sluneční energie

Slunce je primárním zdrojem energie na Zemi už více než 5 miliard let. Teplota na povrchu Slunce činní přibližně 5 900 K. Uvnitř Slunce dochází k nukleární fúzi a tím k přeměně lehkého vodíku na helium, což je zdrojem energie dopadající k Zemi ve formě elektromagnetického záření. Ročně ze Slunce dopadne k Zemi 180 000 TW energie. Část toho záření tvoří viditelné spektrum o vlnové délce 400 - 700 nm, zbylou část záření tvoří složky v oblasti UV a IR spektra. Při průchodu atmosférou je část slunečního záření absorbována plyny a vodní párou, část záření absorbuje povrch Země a část záření se odrazí na prachových částicích a aerosolech. Z celkového množství slunečního záření se průměrně 30 % odrazí zpět do vesmíru ve formě krátkovlnného záření, 47 % se odrazí ve formě dlouhovlnného (tepelného) záření do atmosféry a cca 23 % se uplatní v koloběhu vody při výparu (Kravčík et al. 2007).

Zatímco spektrum záření se nemění, hustota zářivého toku se snižuje s rostoucí vzdáleností od Slunce. Závislost mezi energií dopadající ze Slunce a zemským povrchem vyjadřuje tzv. solární konstanta. Na každý metr atmosféry dopadá cca 1 400 W sluneční energie. Pro průměrnou vzdálenost mezi Zemí a Sluncem je unifikovaná hodnota solární konstanty  $1\,361\text{ W/m}^2$ . Jedná se o stabilní příkon energie dopadající kolmo na povrch atmosféry (Kopp et al. 2005).

Sluneční energie udržuje atmosféru v plynném stavu, ohřívá naši planetu na teplotu příznivou pro život, udržuje koloběh vody a poskytuje energii pro fotosyntézu a další životní procesy (Kravčík et al. 2007).

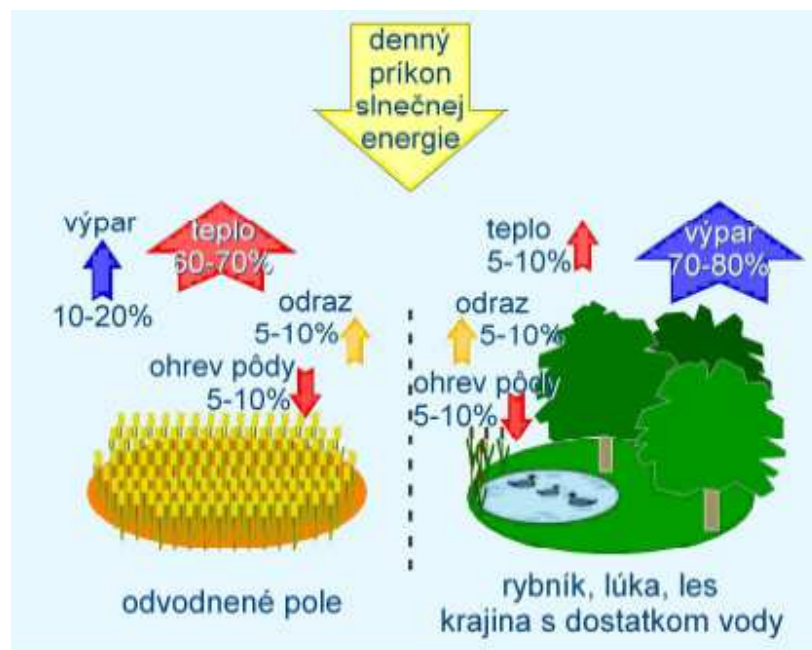
### 4.3.3 Distribuce slunečního záření na zemském povrchu

Množství slunečního záření, které dopadá na zemský povrch, je značně variabilní v čase a prostoru. Sluneční záření přichází na zemský povrch v denních a sezónních pulzech a je ovlivňováno počasím (Kravčík et al. 2007). V našich zeměpisných šířkách je průměrný denní příjem energie okolo  $3\text{ kWh/m}^2$ , což je  $1100\text{ kWh/m}^2$  za rok. Nejvyšší množství energie dopadá na rovník, ročně zhruba  $3000\text{ kWh/m}^2$  (NASA 2011).

Pokorný et al. (2010a) uvádí, že příchozí krátkovlnné záření dopadající na Zemi se mění v závislosti na oblačnosti a denní době.

Distribuce sluneční energie je podmíněna také charakterem zemského povrchu. Přicházející sluneční záření se od povrchu částečně odráží. Množství odraženého záření závisí od jeho vlnové délky, úhlu dopadu a od charakteru povrchu. Vegetace odráží 5 – 15% krátkovlnného záření, suchý povrch odráží řádově 35% a čerstvý sníh až 90% dopadajícího záření (Kravčík et al. 2007).

Obr. č. 1: Distribuce slunečního záření v odvodněné krajině a v krajině dostatečně zásobené vodou



(zdroj: Kravčík et al. 2007)

### Zjevné a latentní teplo

Pozemní ekosystémy můžou aktivní regulací toků vody výrazně ovlivnit distribuci sluneční energie do dvou hlavních složek, kterými jsou citelné (zjevné) a latentní teplo (Kravčík et al. 2007). Poměr zastoupení těchto tepel závisí především na tom, zda je v systému přítomna voda (Pokorný et al. 2010a).

V případě zjevného tepla se přijímaná energie spotřebovuje na zvýšení teploty ozářeného povrchu. Od něj se následně ohřeje vzduch a my to pocítíme jako zvýšení teploty (Hutjes et al. 1998).

Latentní (skryté) teplo je energie nutná k přeměně skupenství, například kapalného skupenství na plynné. Výpar vody není doprovázen vzrůstající teplotou, protože energie se spotřebovává na změnu skupenství, tedy na urychlení kinetického pohybu molekul, následkem kterého se kapalina přemění na vodní páru. Při kondenzaci vodní páry zpět na kapalinu se skupenské teplo uvolňuje (Pokorný, 2014). Dané teplo se nazývá latentní, protože se neprojevuje zvýšením teploty, přesto je ale jeho energie uchována v plynném skupenství vody a může být zpětnou kondenzací opět vrácena do prostředí. Tím se dostáváme k hlavní mikroklimatologické funkci

rostlinných ekosystémů. Ty díky regulaci transpirace vody podstatně ovlivňují poměr zmíněných tepelných forem, na kterých se energie přemění (Hutjes et al. 1998).

#### 4.3.4 Úloha vody a rostlin při přeměně sluneční energie

Povrch dobře zavodněné krajiny se v případě potřeby ochlazuje výparem. Vodní páry, které vystoupají do atmosféry, kondenzují vlivem chladu, přičemž uvolňují tepelnou energii. Mraky omezují vstup slunečního záření do atmosféry a na povrch Země. Omezené sluneční záření, které dopadá na zemský povrch, snižuje výpar, a tím i další tvorbu mraků. Díky svým vlastnostem voda zmírňuje tepelné rozdíly mezi oblastmi s rozdílnou nadmořskou výškou či zeměpisnou šířkou, mezi oceánem a pevninou, mezi dnem i nocí, mezi ročními obdobími a v souvislosti s táním ledovců i mezi dobami ledovými a meziledovými (Kravčík et al. 2007).

##### Evapotranspirace rostlin

V krajině zásobené vodou a pokryté vegetací se podstatná část slunečního záření spotřebuje na výpar vody. Rostliny vypařují vodu přes průduchy (transpirace), též přímo z orosených povrchů rostlin a z půdy (evaporace) (Pokorný, 2014). Proces odpařování vody z povrchu půdy a rostlin se s transpirací shrnuje pod pojem evapotranspirace (Hutjes et al. 1998).

Evapotranspirace je dynamický proces, který závisí primárně na příkonu energie a dostupnosti vody. Ve schopnosti vypařovat vodu se rostliny výrazně liší (Kravčík et al. 2007).

Evapotranspirace má dvojnásobný klimatizační efekt – okolní prostředí ochlazuje výparem a ohřívá kondenzací (obzvlášť v noci). Ochlazují se místa s nadbytkem energie a ohřívají se jen místa chladná, kde dochází ke kondenzaci (Pokorný, 2014).

Z plně zapojeného porostu, který je optimálně zásobený vodou, evapotranspirace dosahuje maximálních možných hodnot a nazývá se evapotranspirace potenciální. Hodnota potencionální evapotranspirace závisí na množství přicházející sluneční energie, na relativní vlhkosti vzduchu a rychlosti proudění vzduchu. Od potenciální evapotranspirace odlišujeme aktuální evapotranspiraci, která vyjadřuje evapotranspiraci konkrétního porostu při daném klimatickém stavu ovzduší a hydro-pedologickém stavu půdy. Hodnoty aktuální evapotranspirace porostů bývají i v našich podmínkách nižší než potenciální evapotranspirace hlavně proto, že porosty trpí po několika slunných dnech nedostatkem vody (Pokorný, 2014).

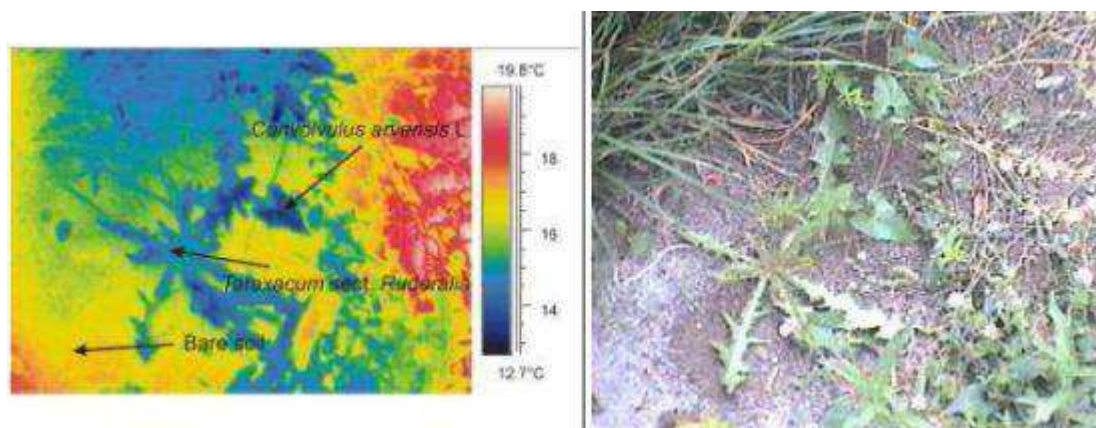
##### Vliv vody a vegetace na uvolňování tepla

Pro snazší úvahy se množství odpařené vody udává nikoli na jeden strom, ale na  $m^2$  průmětu jeho koruny. Duby s dostatečnou zásobou vody odpaří v průměru za vegetační sezónu 3 65 l vody na  $m^2$ . 900 MJ nutných na změnu skupenství takového množství vody odpovídá 250 kWh dodaných Sluncem. Tato energie se neprojeví jako zjevné teplo, ale přenesla se do chladných míst ve formě vodní páry, kde se při kondenzaci vodní páry uvolnila (Pokorný et al. 2010a).

Teoretický strom s průměrem koruny 10 m má průmět 80 m<sup>2</sup>. Denně na jeho povrch dopadne například 240 kWh sluneční energie. Část sluneční energie se odrazí, část se spotřebuje na ohřev půdy a část se přemění na teplo. Když je takový strom dobře zásobený vodou vypaří za den až 400 l vody. (Kravčík et al. 2007).

Evapotranspirace má dvojí klimatizační efekt. Snižuje teplotu při výparu a naopak brání snížení teploty při zpětné kondenzaci na chladnějším místě (Pokorný et al. 2010b). Chladicí vliv rostlin ilustruje obrázek č. 2 v infračerveném spektru. Díky transpiraci jsou listy rostlin zřetelně chladnější než okolní půda (Kravčík et al. 2007).

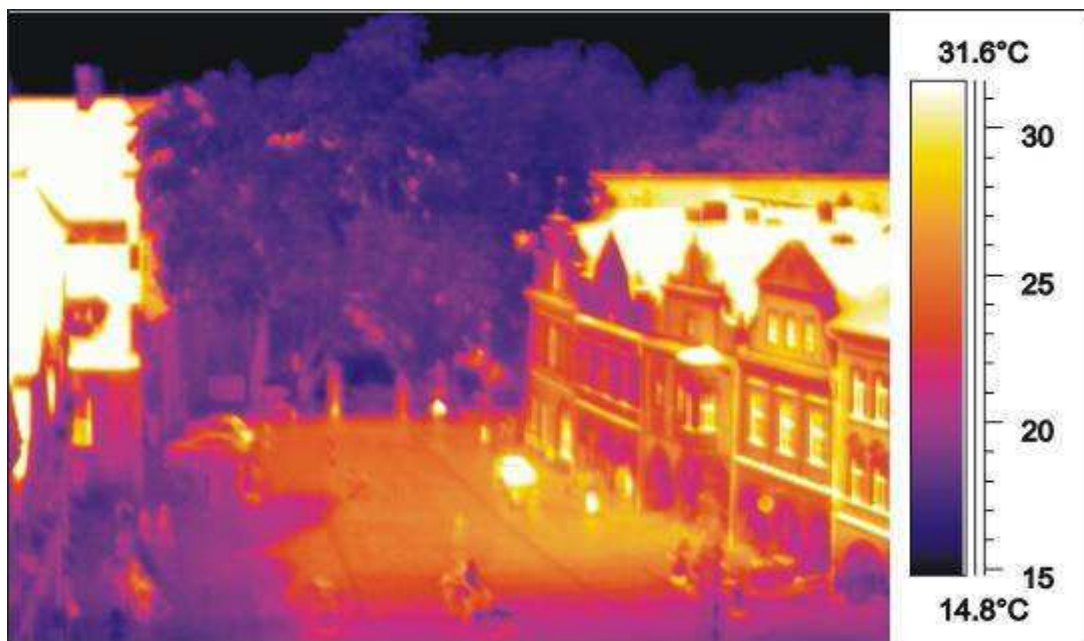
Obr. č. 2: Fotografie řídké vegetace v infračerveném a ve viditelném spektru



(zdroj: Kravčík et al. 2007)

Chladicí efekt vegetace je zřetelný z obrázku č. 3 z infračervené fotografie náměstí a parku v Třeboni. Teplota střech a fasád domů přesahuje 30°C, kdežto teplota stromů v parku je kolo 17 °C. Vegetace tedy aktivně ochlazuje okolní prostředí výparem vody.

Obr. č. 3: Fotografie náměstí a přilehlého parku v Třeboni zhotovená termovizní kamerou



(zdroj: Kravčík et al. 2007)

## 4.4 Mikroklima v městské zástavbě

Ve městech každým dnem dochází k odstranění vegetace, zpevnění povrchů a hromadění stavebních materiálů, které mají velmi odlišné fyzikální vlastnosti od živé rostlinné biomasy. Města jsou budována s primárním posláním umožnit přežívání lidí, nikoliv stromů či jiné kategorie rostlin a vegetace. Potřeba rostlin v městském prostředí je zdůvodněna estetickými účinky zeleně a mírnějším zhoršováním kvality složek prostředí způsobené velkoplošnou urbanizací krajiny (Suchara, 2012).

Gartland (2008) ve své knize vysvětluje pojem „heat islands“, neboli tepelné ostrovy, čímž jsou myšlena města, z nichž sálá horký vzduch. Okolní krajina je oproti městům přirozeně ochlazována vegetací.

Tepelné ostrovy jsou nepříjemné pro člověka zejména tím, že způsobují zdravotní problémy, způsobují znečištění, navyšují účty za energie aj. Zadržované teplo v městském prostředí se umocní znečištěným ovzduším a malou rychlostí větru. Často zde dochází k teplotním inverzím (Gartland, 2008).

Mikroklima ulice se utváří podobně jako mikroklima údolí. Nejvíce jsou vystaveny slunečnímu záření široké ulice s nižší zástavbou. Hlavní funkcí uličních stromů je snižování radiční teploty (poskytování stínu) během slunných dní (Suchara, 2012).

Suchara (2012) uvádí, že teplo z dopadajícího slunečního záření, se hromadí v mase stavebního materiálu. Vyzařované tepelné záření se odráží zpět od protějších budov a již ohřátý vzduch zůstává ve městě. Navíc vzduch ohřívají také domácí a průmyslová topeniště, motory automobilů, a dokonce i samotní obyvatelé města.

Rozhodujícím faktorem teplotního režimu je tepelná kapacita budov a silnic, která souvisí se změnami v evaporaci. Velké množství zpevněných povrchů spolu s městskou kanalizační sítí, vede k zrychlení povrchového odtoku a snížení hladiny podzemní vody (Hengeveld, 1982).

Uliční povrch je zpevněn, takže zasakování dešťové vody do půdy nebo výpary vody z půdy jsou znemožněny. Zhutnění půdy snižuje nekapilární pórovitost půdy a nedostatek vzduchu v půdě vyvolává poškození a odumírání kořenů stromů. V zimě se k odstranění sněhu v ulicích používá chlorid sodný. Uliční půdy jsou znečištěny toxickými kovy, ropnými deriváty a jinými látkami, uvolňovanými z automobilové dopravy a z dalších emisních zdrojů (Suchara, 2012). Všechny tyto faktory působí negativně i na stromy.

## 4.5 Funkce zeleně

### Mikroklimatická

Klimatická funkce zeleně ve městě je velice důležitá – poskytuje stín, tlumí vítr, mírní teplo vyzařované z města a zlepšuje kvalitu vzduchu (Kaliszuk et al. 2005).

Mikroklimatická funkce zeleně ovlivňuje teplotu, radiační režim a pohyb. Vlhkost a chemické složení vzduchu snižuje prašnost (Šubrt, 2000).

### Hygienická

Rostliny částečně zbavují ovzduší škodlivých plynů, pachů, mikroorganismů a prachu ulpívajícího na listech. Zeleň snižuje radioaktivitu a hlučnost (Hurych, 2011).

Mareček (2004) uvádí, že zeleň se uplatňuje zejména v uličním prostoru, kde se koncentruje celá řada negativních vlivů. Podle něj mají mimořádný význam protiprašné a protihlukové formy vegetace a respektování světelných a teplotních hledisek ve vztahu k uliční zástavbě. Kompaktně srostlé koruny širokokorunných stromů nad vozovkou zajišťují vhodné provětrávání frekventovaných ulic.

### Estetická

Zeleň dokresluje městské obrazy a panoramata, vytváří harmoničnost prostředí (Jebavý, 2008).

Studie popisuje pozitivní vliv zeleně na člověka. Na jeho psychiku působí estetické hledisko, vůně, doteky atd. Spojují se zde dohromady funkce psychologická a estetická (Bulř et al. 1987).

Estetický, kulturní a reprezentační význam zeleně je uplatňován především v doplnění a zdůraznění architektonických staveb, jejich začlenění do krajiny, spoluvytváření prostoru a členění ploch. Upravené plochy zeleně mají výchovný vliv a vytváří kulturní prostředí (Hurych, 2011).

### Psychologická

Přírodní elementy, jako jsou například stromy, mají pozitivní vliv na psychickou i fyzickou stránku člověka. Vizualní vnímání zeleně potlačuje stres a úzkost (Ulrich, 1986).

Ve městech je psychika lidí hodně zatěžována, proto je zeleň nezbytnou součástí městského života. Zeleň ovlivňuje psychiku, neurohormonální pochody v organismu, srdeční činnost, krevní oběh, a to terpenoidy a dalšími látkami, které stromy vylučují. (Šubrt, 2000).

### Ekologická

Ekologická funkčnost spočívá zejména ve vytvoření vegetační infrastruktury, která napojuje na větší vegetační útvary sídelní, případně i přilehlé krajinné zeleně (Mareček, 2004).

### Hospodářská

Hurych (2011) do této funkce zahrnuje plochy zeleně, kde se pěstuje produkční zeleň (sady, zahrádkářská kolonie, vinice atd.).

### Rekreační

Zeleň vytváří prostředí pro fyzickou a psychickou regeneraci sil a pobytovou pohodu (Šubrt, 2000).

U zeleně působí barva, světlo, stín, proměnlivost, šumění listů a zpěv ptactva – to vše uklidňuje nervovou soustavu a zmírňuje vnímání narušeného prostředí, čímž poskytuje příležitost pro aktivní i pasivní odpočinek a setkávání lidí (Hurych, 2011).

Zeleň vytváří prostředí pro fyzickou a psychickou regeneraci sil a pobytovou pohodu (ŠUBR, 2000).

### Půdoochranná

Zeleň chrání půdu před větrnou a vodní erozí, v lesích zadržuje vláhu a hromadí humus (Jebavý, 2008).

Zeleň jako dominantní složka biocenter a biokoridorů plní ekostabilizační funkci. Navíc má nezastupitelné místo při optimalizaci vodního režimu. Zelené plochy zabezpečují vsakování a akumulaci dešťové vody (Súpuka et al. 2008).

### Architektonická

Zeleň vytváří a formuje prostor, člení ho, maskuje, izoluje, působí jako zábrana vertikální a horizontální přehlednosti (Šubrt, 2000).

Zeleň otevírá a uzavírá prostory, rámuje výhledy, zakrývá nežádoucí pohledy, nenásilně zapojuje zástavby do krajiny apod. (Jebavý, 2008).

### Dopravní

Dopravní funkce zeleně musí plně podporovat provozní bezpečnost, zejména v rizikových úsecích (pěší přechody, křižovatky, zatačky aj.). Použitá vegetace musí umožňovat optickou přehlednost celého uličního prostoru a svou výrazovou nápadností nesmí rozptylovat pozornost řidičů (Mareček, 2004).

### Sakrální a rituální

Dle Skleničky (2003) se jedná o zeleň, zejména stromy, doprovázející sakrální stavby (boží muka, kostely či kláštery apod.).

### Historická

Jde o zeleň, která má spojitost s významnou historickou událostí nebo osobností (Sklenička, 2003).

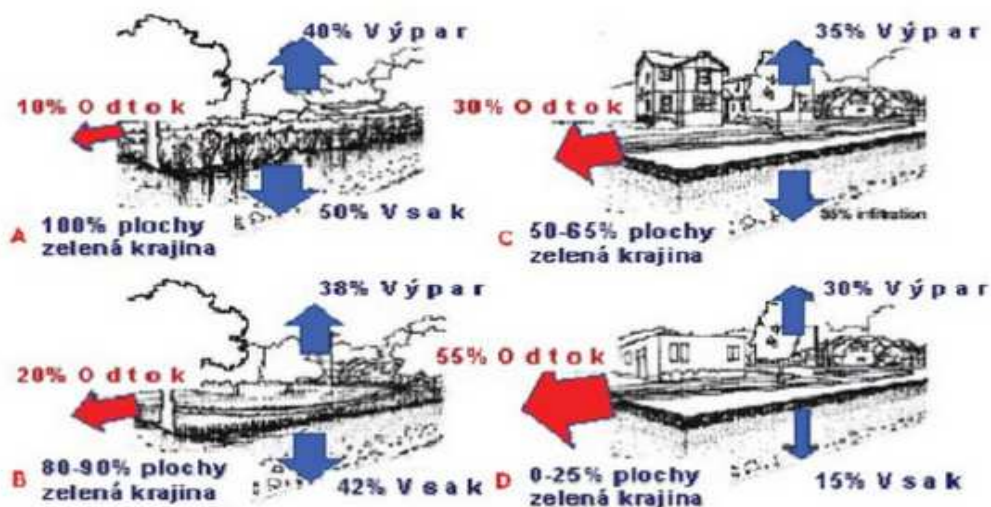
## 4.6 Vliv člověka na oběh vody v krajině

Nárůst zemědělského, lesnického a městského využití krajiny vede k rozsáhlým změnám v životním prostředí. Tím je změna klimatu, znečištění atmosféry, kontaminace povrchové a podzemní vody (eutrofizace, nebezpečné substance, acidifikace), vzrůstající odtok a vodní eroze (povodně, nedostatek vody), redukce retenční schopnosti povodí, změny v půdě (strukturní změny, eroze, kontaminace) či ztráta biodiverzity (Schanze, 2003).

Lidstvo v celé své historii přetvářelo krajinné prostředí, ve kterém žilo. Děje se tak i dnes. Změna krajiny není bez důsledků na udržitelnost vody v prostředí. Odlesnění velkých území a jejich přeměna na polnohospodářskou půdu měly za následek snížení vsaku i výparu vody a zvýšený odtok z těchto území. Při přeměně polnohospodářské půdy na urbanizované území se tyto efekty dále umocňují. I malá změna množství vody v půdě, v rostlinách a v ovzduší může znamenat velkou změnu místního klimatu a postupně může vyústit v přeměnu původní úrodné krajiny na polopoušť nebo poušť (Kravčík et al. 2007).

Vodohospodářská situace je po odstranění lesa spojena s celou řadou faktorů. Odlesňování území a snižování kvality lesního porostu provází zvyšování rychlosti odtoku dešťové vody, případně vody z tajícího sněhu v daném území, tak i urychlenou erozi půdy, snížení organického materiálu v půdě, a tím snížení její schopnosti zadržet vodu. Snížením nasycenosti povrchu půdy vodou se snižuje schopnost odpařovat vodu a zvyšuje se podíl sluneční energie, která se mění na citelné teplo. Víc vysušená a zároveň i ztvrdlá půda při dalších srážkách hůře přijme novou dešťovou vodu a povrchový odtok se zvyšuje (Kravčík et al. 2007). Jsou známy příklady podobné brazilskému povodí Tocantis, kde se v době od roku 1960 až 1995 paralelně s odstraněním lesa a rozvojem polnohospodářství zvýšili průtoky v tocích o 25% přesto, že se srážky v tomto období nezvýšily (J.A.Foley et al., 2005).

Obr. č. 4: Znárodnění poměru vlivu nepropustných ploch na změnu oběhu vody



(zdroj: Kravčík et al. 2010).



Velká města jsou svým povrchem daleko od přirozeného stavu krajiny. Hlavní rozdíl je malý výskyt povrchů s vegetací. Více než 90 % povrchů je pokryto nepropustnými materiály (Perkins, 2004). Nedostatek prostoru a potřeba pohodlí zařadila dešťovou činnost nad městem či urbanizovaným prostředím do polohy určité zátěže. Dešťová voda se začala vnímat skoro jako voda odpadní, která je odváděna veřejnou kanalizací, ve většině případů spolu se splaškovými vodami (Kravčík et al. 2007).

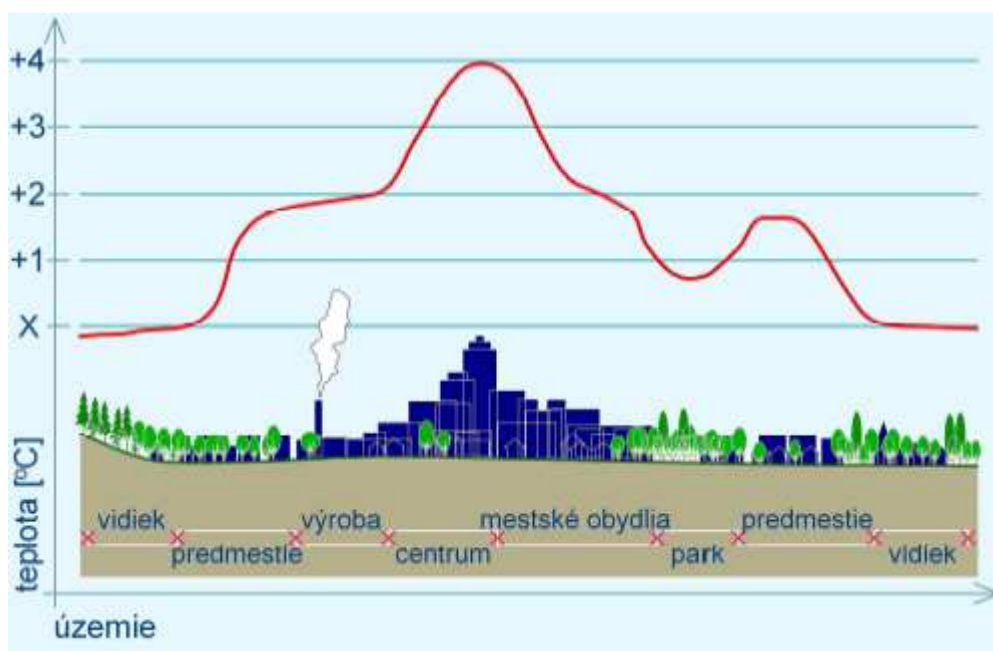
Téměř všechna voda je odváděna z vydlážděných a zastřešených ploch měst Evropy dešťovou kanalizací do řek a do moře. Podle odhadů je z Evropského kontinentu každoročně zkanalizováno víc jak 20 mld.m<sup>3</sup> dešťových vod. Za posledních 50 let tak bylo z Evropy zkanalizováno víc jak 1 000 mld.m<sup>3</sup> dešťové vody, která v minulosti nasycovala půdu a vegetaci, doplňovala zásoby podzemních vod, posilňovala prameny a svým výparem zvlhčovala klima (Kravčík et al. 2007).

## 4.7 Extrémní hydrologické jevy v urbanizované krajině

### Přívalové srážky

Odvodňování a odlesňování způsobuje, že města při svém růstu postupně mění mikroklimatické podmínky původního území. Stávají se horkými ostrovy, nad kterými roste horký klimatický deštník. Tyto „ostrovy“ pomalu, ale jistě, mění proudění oblačnosti a pohyby větrů nad svým územím i v jeho okolí. Především v létě vytlačují srážky do chladnějších horských oblastí, což následně zvyšuje riziko vzniku extrémních přívalových dešťů v horských oblastech a povodněmi ohrožující horská údolí, ale i sídla v nížinách podél řek (Kravčík et al. 2007).

Obr. č. 5: „klimatický deštník“ urbanizovaného prostoru. Teplota zhruba závisí na poměru mezi zastavěnou plochou a plochou pokrytou vegetací



(zdroj: Kravčík et al. 2007)

## Povodně

Nejčastější příčinnou povodní na našem území jsou srážky a náhlé tání sněhu při zvýšených teplotách vzduchu. Povodeň je třeba chápat jako neoddelitelnou součást hydrologického cyklu v krajině. V důsledku vysokého úhrnu srážek, vlivem rychlého tání sněhu, při kterém se uvolňují srážky spadlé v předchozím časovém období, převyšují příjmové složky hydrologické bilance složky ztrátové – odtoky, infiltraci a evapotranspiraci. Projevy extrémních podmínek ve vodních tocích odjakživa působily lidstvu obtíže, ztráty na životech a na majetku (Slavík, 2007).

Průběh povodně se nevyvíjí v časech povodí stejně. Nerovnoměrné rozložení srážkových úhrnů, intenzit deště, rozdílů v průběhu odtoků z ploch, velikost retenčních prostorů na ploše povodí, průtočné kapacity dílčích úseků koryt vodních toků a průběh tvorby povodňových vln, to vše ovlivňuje jednotlivé části povodí různou mírou intenzity. Rozlivy vody nejsou škodlivé. Na území bez staveb, v oblasti lužních lesů, nivních luk i méně úrodné půdy mohou záplavy užitečně zadržet část objemu povodňové vlny. Při zátopě luk a orné půdy v záplavovém území, splaveniny ve vodě připlavují erozí uvolnění živiny, hlinitou až jílovitou půdu. Tato tvz. okálová voda má příznivý efekt na půdní vlastnosti (Slavík, 2007).

Z ekologických přístupů k ochraně před povodněmi platí konkrétní zásada: umožnit v krajině co největší prostor říčním rozlivům. Základem je zvýšení retenčních prostorů na celé ploše povodí. Teprve po využití těchto přirozených způsobů lze zavádět technická protipovodňová opatření (Slavík, 2007).

Půda částečně nasycená vodou je schopná absorbovat další vodu lépe jak vysušená půda. Když spadnou srážky na ztuhlou a vysušenou půdu, vsakování do hlubších vrstev nastane až za několik desítek minut. V prvních minutách se půda chová jako nepropustný povrch. Při extrémních srážkách, tak nastává rychlý odtok vody a koncentrace vody v korytech toků. Ta jistá srážka, kterou by krajina zdravě nasycená vodou lehko absorbovala, mění ve vyprahlé krajině potoky a bystřiny na dravé říčky, a tím vznikají extrémní průtoky a povodňové situace. To znamená, že povrch bez možnosti odpařovat vodu vytváří nejen podmínky na vznik extrémních projevů počasí, ale i stupňuje jejich následky (Kravčík et al. 2007).

## Sucho

Stav sucha je vyjádřen pasivní hydrologickou bilancí. Zásoba vody ve vodních útvarech se v bilancovaném období snižuje. K poklesu zásob povrchových a podzemních vod, dochází za podmínek, kdy je nedostatek příjmových složek bilance (na našem území přirozených srážek), které nekryjí ztrátové složky, zejména výpar z povrchu půdy a evapotranspiraci rostlin, z vodních ploch i ze zastavěných pozemků (Slavík, 2007).

Dlouhodobé sucho spouští spirálu desertifikace, tj. přeměny na polopoušť nebo poušť. Polopoušť nebo poušť může vzniknout i v klasické přírodní krajině s vegetací a dostatkem vody, a to destrukcí malého vodního cyklu nad územím s lidskou činností např. urbanizované území. Nebo také příliš intenzivním polním

hospodařením či neúměrným chovem dobytka s přílišným spásáním vegetace (Noorden, 2006).

## 4.8 Hospodaření s dešťovou vodou

V urbanizovaném prostředí je značná část plochy území tvořena zpevněnými povrchy, které brání průsaku vody zpět do půdy, a tím doplňování zásob podzemní vody. Většina dešťové vody tak odtéká stokou do nejbližšího recipientu, a protože cestou smývá nečistoty ze zpevněných ploch, vykazuje poměrně velké znečištění. Důsledkem je nižší hladina podzemní vody a snížení půdní vlhkosti, chybějící vegetace tak může změnit regionální klima (Hlavínek, 2007).

Výpočet množství zachycené srážkové vody:

Množství zachycené srážkové vody  $QD$  závisí na množství srážek v dané oblasti, velikosti plochy a koeficientu odtoku (Hlavínek, 2007).

$$QD = \psi \cdot A \cdot HN [m^3/rok-1]$$

$\psi$ ... odtokový součinitel jako poměrové číslo [-]

$A$ ... půdorysná plocha (horizontální projekce) [ $m^2$ ]

$HN$ ... roční srážky [ $mm.rok^{-1} = l.m^{-2}.rok^{-1}$ ]

Perkins (2004) uvádí, že s výjimkou parků trpí většina měst nedostatkem vody. Zacházení se srážkovou vodou jako s vodou odpadní, je přirozeným důsledkem zpevnění ploch. Srážková voda se nemá kam vsáknout a její velké množství je odvedeno do kanalizace. V sušším období pak na daném místě voda chybí a klesá hladina podzemní vody.

Zrychlený odtok vody ze zpevněných ploch do kanalizace vyvolává hydraulický ráz, díky kterému se přes odlehčovací zařízení nepřečištěná odpadní voda dostane do povrchových vod. Děje se tak za prudkých dešťů a toto podstatné znečištění uniká pozornosti (ústní sdělení Pokorný).

Hlavním principem přírodě blízkého hospodaření s dešťovými vodami v urbanizovaném povodí je v maximální možné míře napodobit přirozené odtokové charakteristiky lokality před urbanizací. Základem je tzv. decentralizovaný způsob odvodnění, jehož podstatou je zabývat se srážkovým odtokem v místě jeho vzniku a vracet ho do přirozeného koloběhu vody. V nejužším slova smyslu jsou to přírodě blízká opatření a zařízení taková, která podporují výpar, vsakování a pomalý odtok do lokálního koloběhu vody. V širším slova smyslu sem patří i zařízení, která alespoň určitým způsobem přispívají k zachování přirozeného koloběhu vody a k ochraně vodních toků, např. akumulací a užíváním dešťové vody nebo retencí a regulovaným (opožděným) odtokem do stokové sítě (Asociace, 2007). Okamžité vypouštění městských dešťových vod do recipientů může způsobit celou řadu negativních následků - záplavy, hydrogeologické změny, znečištění toků, degradace ekosystémů a porušení přirozeného koloběhu vody. Ve snaze zabránit nebo zmírnit

tyto následky jsou zaváděna systémová opatření při nakládání s dešťovými vodami (Mikkelsen, 2004).

Nejčastější způsoby likvidace dešťové vody:

1. Odvedení dešťovou (jednotnou) kanalizací
2. Akumulace a regulovaný odtok
3. Akumulace pro další využití
4. Vsakování
5. Odpařování z volné hladiny
6. Odpařování z vegetace

(Heisigová et al. 2014)

#### **4.8.1 Využití dešťových vod**

##### Zelené střechy

###### a) extenzivní střešní zeleň

Zakládá se na malých vrstvách substrátu. K výsadbám se používají rostliny odolné, nenáročné, snášející extrémní podmínky, se schopností rozrůstat se do plochy. Plní funkce – ekonomické, estetické, ekologické a psychohygienické. Chrání střešní konstrukci před slunečním zářením a před výkyvy teplot, které jsou na nechráněné střeše značné. Zadržují vodní srážky a pozvolným odpařováním zvlhčují ovzduší ve svém okolí. Také chrání podstřešní prostory a omezují možnost vzniku a šíření požárů. Stávají se žádoucím prvkem ekologizace obytného prostředí (VŠÚOZ Průhonice, 1990).

U extenzivních střešních zahrad není přesně definované druhové složení rostlin. Principem je přirozená sukcese roslin. Mohou spontánně vzniknout nebo být cíleně založené. Udržovací péče je minimální a ekonomicky šetrná (Šimečková et al. 2010).

Porost musí být na absorpce schopném půdním substrátu. Maximální odtokové množství je redukováno díky výparu. Podle systému výstavby zelené střechy může být veškerá spadlá dešťová voda zadržena v půdním tělese (Hlavínek, 2007).

Obr. č. 6: Extenzivní střešní zahrada



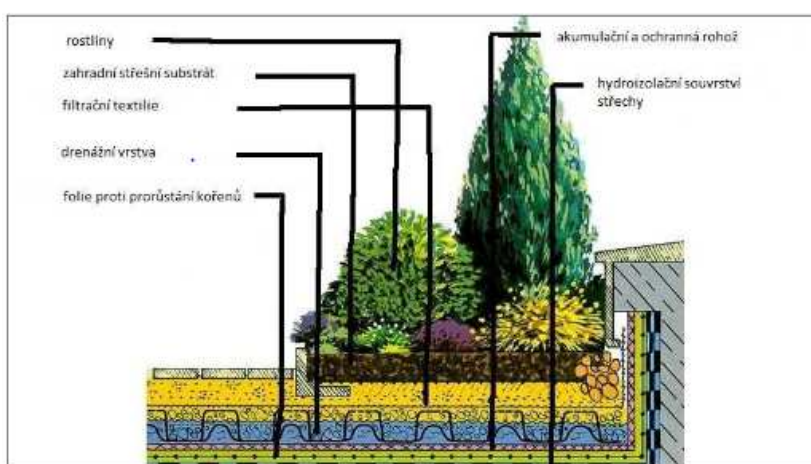
(zdroj: [www.optigreen.cz](http://www.optigreen.cz))

## b) intenzivní střešní zeleň

Představují zpravidla soubor skladebných technických a vegetačních prvků. Dále se dělí na jednoduché intenzivní střešní zahrady a náročně intenzivní střešní zahrady. Jednoduché tvoří zpravidla travníky, trvalky a dřeviny. Pořizovací náklady jsou nižší a následná péče je méně náročná než u náročných intenzivních zahrad. Náročně intenzivní střešní zahrady mají vysoké nároky na konstrukci půdního profilu a pravidelné zásobování vodou a živinami (Šimečková et al. 2010).

Intenzivní vegetační střechy výrazně zvyšují zatížení střešní konstrukce, jsou obvykle pochůzná a vyžadují pravidelnou údržbu včetně přídatné závlahy a hnojení (TNV 759011).

Obr. č. 7: Řez intenzivní střešní zahradou

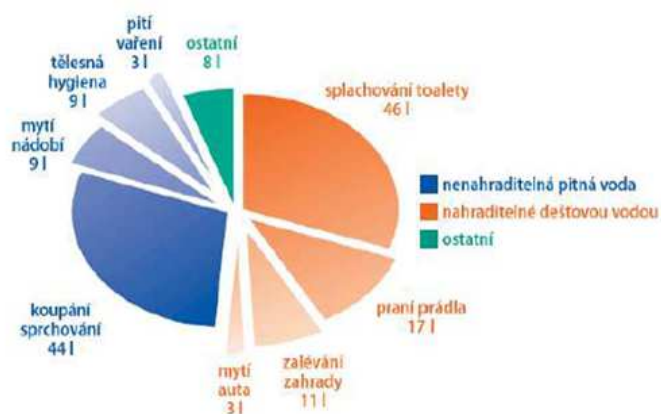


(zdroj: [www.novinky.cz/bydleni/zahrada.html](http://www.novinky.cz/bydleni/zahrada.html))

## Akumulace a následné využití dešťových vod v domácnostech a podnicích

Dešťovou vodu můžeme použít na mytí aut, úklid a čištění tam, kde není zapotřebí hygienicky nezávadná pitná voda. Ve všech těchto případech je zapotřebí velké množství vody a je ekonomicky i ekologicky výhodné použít dešťovou vodu namísto pitné (Hlavínek, 2007).

Obr. č. 8: Možnosti využití dešťové vody v domácnosti



(zdroj: Glynwed, 2009)

### Využití dešťové vody na závlahu městské zeleně

Vhodným řešením je likvidovat srážkovou vodu ze sídlišť pro závlahu městské zeleně. Sníží se tak odtok dešťových vod do městského odtokového systému a také dojde k úspoře pitné vody (Uher et al. 2009).

Srážková voda se zachycuje a odvádí z neznečištěných ploch (střechy domů, pravidelně udržované a čištěné chodníky apod.). Nevhodný je odtok například z veřejných komunikací, střech s asfaltovou lepenkou, měděnou krytinou (Uher et al. 2009).

### **4.8.2 Vegetační úpravy s vodohospodářskou funkcí**

Zlepšují mikroklima městského prostředí tím, že využívají nebo odvádějí zachycenou dešťovou vodu. Jde o kombinaci technických prvků a zeleně. Podporují správné nakládání s vodou „best management practice“, zvyšují kvalitu, ale i kvantitu vody. Snižují množství tepelných ostrovů (Brabec, 2013).

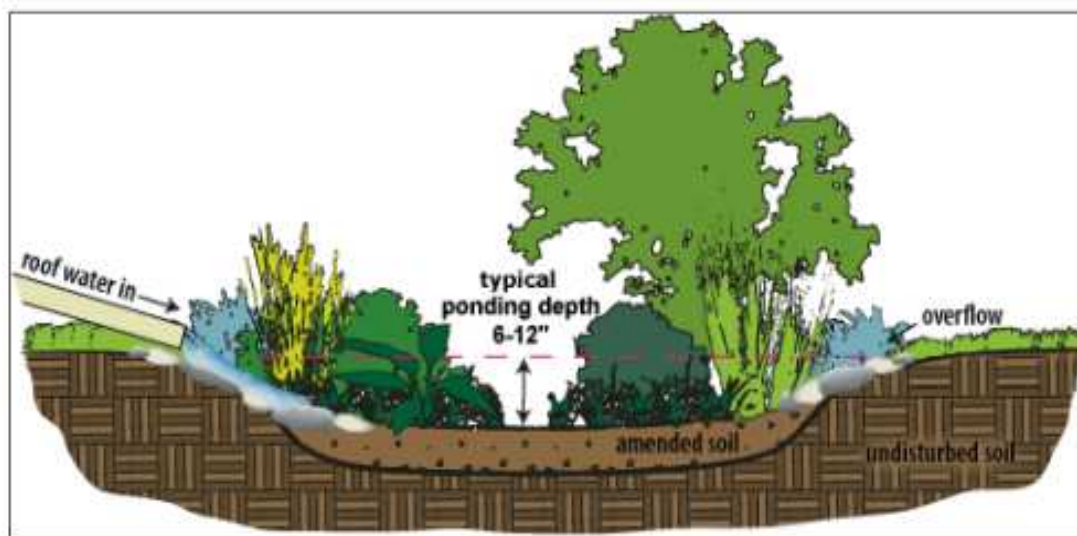
#### Vegetated swales“ („bioswales“) – vegetační příkopy:

Hlavní funkcí těchto příkopů je vsakování, čištění a odvádění dešťové vody. Vysazují se zde odolné trvalky, kterým nevadí zamokření a trávník (Brabec, 2013).

#### „Rain garden“ – dešťová zahrádka:

Je tvořena terénní depresí jako vegetační příkop, ale dešťová voda se zde pouze zachycuje (není odváděna). Realizace se provádějí u větších zpevněných ploch, silnic apod. Mimo vodohospodářské funkce může mít také vysoký estetický účinek. (Brabec, 2013).

Obr. č. 9: „Rain gardens“



(zdroj: extension.oregonstate.edu)

### Stormwater curb extension– vegetační pásy navazující na chodník:

Obrubníky jsou místně sníženy, aby mohla dešťová voda přitékat z vozovky (Brabec, 2013).

Obr. č. 10: „curb extension“



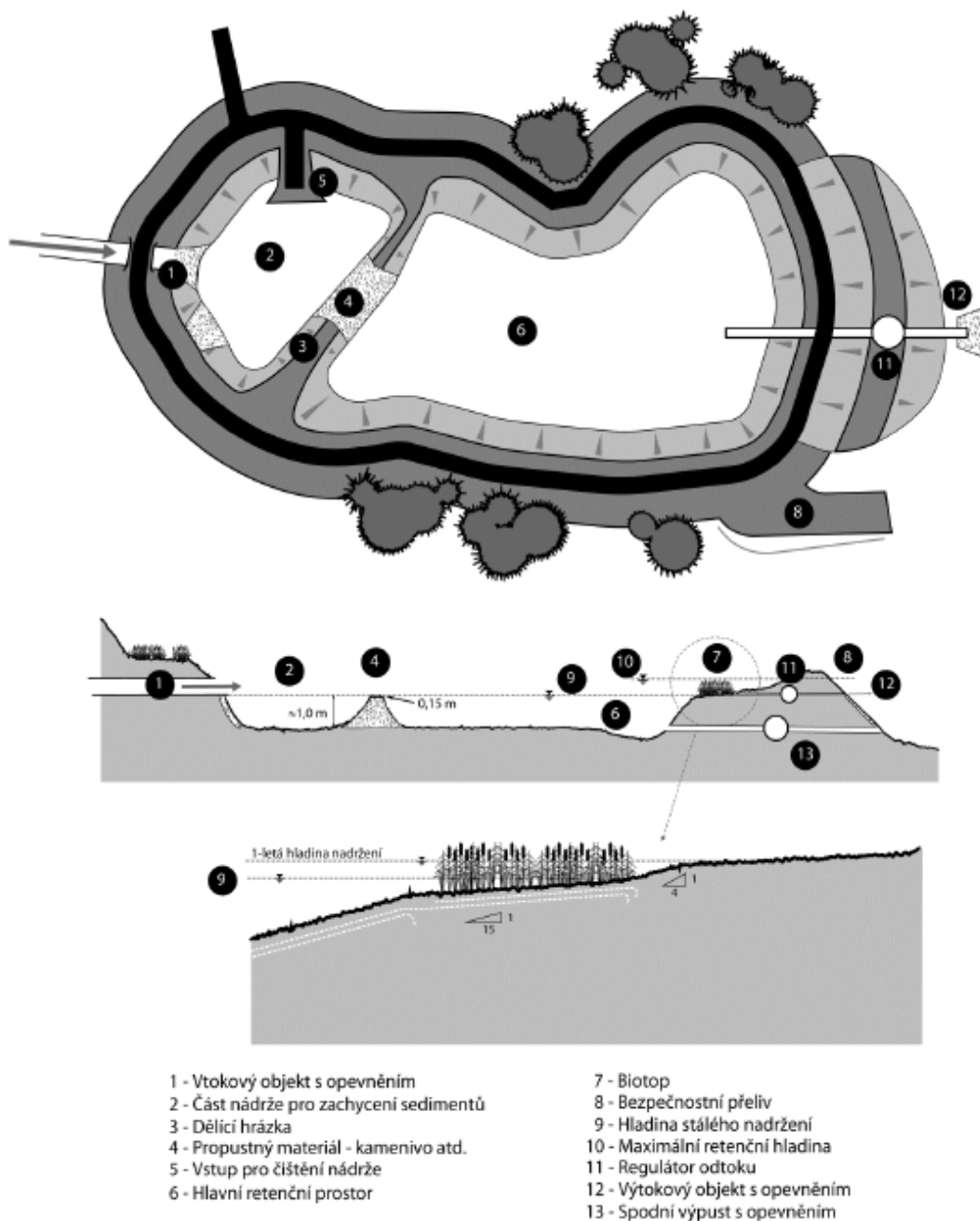
(zdroj: [www.wilkeseastna.org](http://www.wilkeseastna.org))

### **4.8.3 Retence dešťových vod**

Problémy velkých odvodňovacích ploch lze řešit retencí – akumulací objemu vody a jejím regulovaným vypouštěním do recipientu. Retenční nádrže mají převážně funkci ochrannou (před velkými vodami, dešťovými odtoky), ale zachycují i smyvy ze zpevněných ploch (Hlavínek, 2007).

Dešťové nádrže slouží k zachycení, krátkodobé akumulaci vody, její úpravě a využití vod z dešťových srážek. Nevyužité dešťové srážky se převádějí vsakem do podzemních vod. Hlavním cílem je ochrana životního prostředí před negativním účinkem povrchově odtékajících a dešťových vod. Nutností k retenci dešťových vod je potřebná plocha a pravidelná údržba. Pokud je nádrž esteticky dobře vyřešena, stane se nepostradatelným architektonickým prvkem zahrady. Výhodou jsou nízké pořizovací náklady (Hlavínek, 2007).

Obr. č. 11: Retenční nádrž dešťová se zásobním prostorem dle TNV 759011



(zdroj: TNV 759011)

#### 4.8.4 Vsakování dešťových vod

##### Povrchové vsakování

Je vhodné pro vsakování přípustných a podmíněčně přípustných srážkových povrchových vod. Povrchové vsakování se nejvíce přibližuje přirozenému vsakování. Na travnatých plochách probíhá přirozeně přes vegetační pokryv půdy. Přítok do zařízení nesmí způsobit erozi povrchu vegetačního pokryvu. Výhodou je snadná obnova filtrační vrstvy a snadné odstranění splavenin (ČSN 75 9010).



### a) Povrchové vsakování plošné

Výhodou plošného vsakování je to, že v krycí vrstvě porostlé vegetací s vysokým obsahem humusu dochází k čištění prosakující dešťové vody. Také zde dochází k odbourání některých znečišťujících látek. Povrchy mohou být travnaté, zatravněné štěrkové plochy, zatravnovací tvárnice, propustné dláždění nebo propustný asfalt (Hlavínek, 2007).

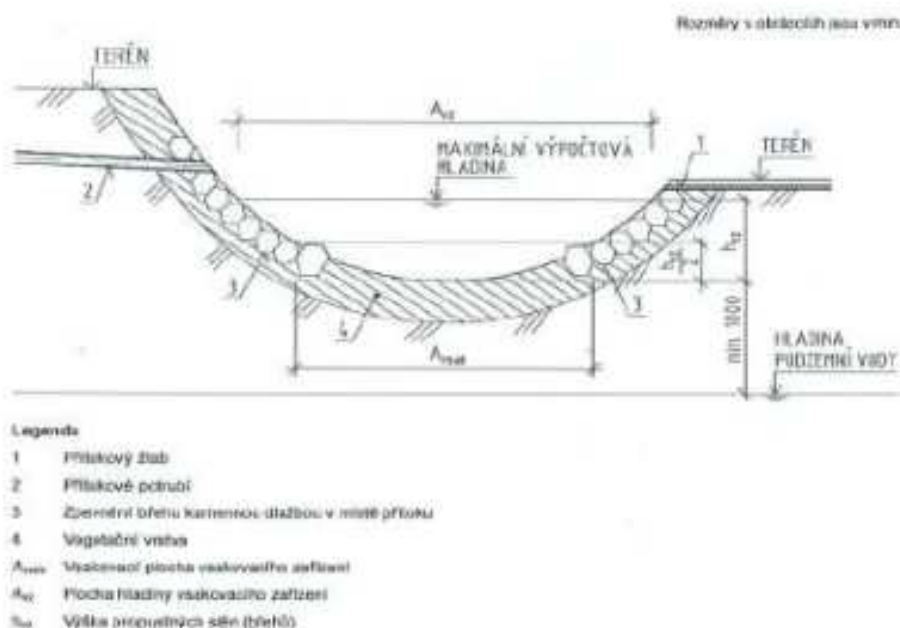
Především trávníky mají vysokou retenční a odpařovací kapacitu s vysokým biologickým čistícím výkonem. Výhodou je jednoduchá údržba, kontrola a nízké technické náklady. Povrch je vhodné kypřit z důvodu zvýšení propustnosti (Hlavínek, 2007).

Zatravnovací tvárnice dosahují dobrého čistícího účinku. Mohou sloužit jako plochy určené k parkování nebo jako zpevněné přístupové komunikace ke garážím a obytným budovám (Hlavínek, 2007).

Propustná dlažba předává drenážními spárami srážkovou vodu do podloží. Betonová dlažba z mezerovitěho betonu přijímá srážkovou vodu dutinami a odvádí ji dále do podloží (póry mezi zrný betonu). Vhodné použití je pro chodníky, cyklostezky, parkoviště, pěší zóny, přístupové cesty (Hlavínek, 2007).

Propustný asfaltbeton je tvořen směsí, do které se přidává mnohem méně jemných částic než u klasického betonu nebo asfaltu. Objem pórů tvoří 15 – 22 % z celkového objemu, na rozdíl od klasického betonu, kde objem pórů tvoří 3 - 5 %. Pokládá se na pískový podsyp, kde je dešťová voda zadržena, dokud se nevsákne do zeminy. Nedoporučuje se použití na pojezdových cestách – směsi nemají takovou pevnost jako klasický beton nebo asfalt (Hlavínek, 2007).

Obr. č. 12: Povrchová vsakovací nádrž nebo příkop dle ČSN 75 9010



(zdroj: ČSN 75 9010)

Velmi časté je použití kombinace různých typů vsakování. Nejlepší použití je na místech, kde se nutné zpevněné plochy mohou prostřídát s nezpevněnými. Jedná se o parky, sportovní areály, parkoviště apod. (Hlavínek, 2007).

#### b) Povrchové vsakovací nádrže, průlehy a příkopy

Povrchová voda ze zpevněných ploch a komunikací se odvádí svodnicemi, zasakovacími pásy nebo příkopy a rigoly podél cestního tělesa. Voda se dále odvádí do okolních porostů, vodních toků nebo do zasakovacích jam (Svoboda, 2011).

#### Podzemní vsakování

Podzemní vsakovací zařízení jsou vhodná pro vsakování přípustných a podmíněčně přípustných srážkových povrchových vod, u kterých je vsakování možné po jejich předčištění. Jsou to uměle vytvořené prostory pod úrovní terénu nad vsakovací plochou a jsou vždy kombinované s retencí srážkové vody (ČSN 75 9010).

#### a) Vsakovací rýha

Vsakovací rýha je hloubené liniové vsakovací zařízení vyplněné propustným štěrkovým materiálem zrnitosti 16/32 mm, s retencí a vsakováním do propustnějších půdních a horninových vrstev. Přívod vody je zajištěn po povrchu nebo pod povrchem. Povrchový přívod vody se doporučuje provést přes zatravněný pás, což zlepšuje předčištění srážkové vody vtékající do vsakovacího zařízení. Při vsakování v rýze s podpovrchovým přívodem musí být na vtoku umístěna kalová jímka a revizní šachta, popřípadě proplachovací šachta na opačném konci drenáže (TNV 75 9011).

#### b) Vsakovací zařízení

Jde o podzemní vsakovací prostory vyplněné propustným štěrkovým materiálem nebo prefabrikovanými bloky. Voda se přivádí do podzemního prostoru přes vstupní šachtu nebo vstupním otvorem. Před objekt podzemního vsakovacího zařízení se doporučuje předřadit prvek pro předčištění srážkových vod, např. kalovou jímku s nepropustným dnem a stěnami, filtrační šachtu či jiný objekt dle povahy znečištění srážkových vod (TNV 75 9011).

#### b) Vsakovací šachta

Vsakovací šachty slouží k bodovému vsakování a jejich využití je možné pouze u vymezených typů odvodňovaných ploch. Navrhují se na základě posouzení vhodnosti vsakování z hlediska ochrany jímacích zdrojů a obecné ochrany podzemních vod na základě provedeného geologického průzkumu. Šachty by neměly prostupovat vrstvami s malou propustností, které účinně neochránají podzemní vody (TNV 75 9011).

## 4.9 Současná legislativa

Vodní právo má v českých zemích dlouhou historii. Již v 18. století platili tzv. mlynářské řády. Prvním soustavným zpracováním vodního práva byly zemské vodní zákony č. 71/1884, o neškodném svádění horských vod (Slavík, 2007).

Základním předpisem ve vodním právu je zákon č. 254/2001 Sb. o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon). Účelem tohoto zákona je chránit povrchové a podzemní vody, stanovit podmínky pro hospodárné využívání vodních zdrojů a pro zachování i zlepšení jakosti povrchových a podzemních vod, vytvořit podmínky pro snižování nepříznivých účinků povodní a sucha a zajistit bezpečnost vodních děl v souladu s právem Evropských společenství. Účelem tohoto zákona je též přispívat k zajištění zásobování obyvatelstva pitnou vodou a k ochraně vodních ekosystémů a na nich přímo závislých suchozemských ekosystémů.

V § 5 odst. 3 vodního zákona jsou stanoveny podmínky pro hospodaření se srážkovými vodami:

Při provádění staveb nebo jejich změn, či změně jejich užívání jsou stavebníci povinni podle charakteru a účelu užívání těchto staveb, zabezpečit je zásobením vody a odváděním, čištěním, popřípadě jiným zneškodněním odpadních vod ze stavby v souladu s tímto zákonem. Dále jsou povinni zajistit vsakování nebo zadržování a odvádění povrchových vod vzniklých dopadem atmosférických srážek na tyto stavby (dále jen „srážkové vody“) v souladu se stavebním zákonem. Bez splnění těchto podmínek nesmí být povolena stavba, změna stavby před jejím dokončením, užívání stavby ani vydáno rozhodnutí o dodatečném povolení stavby nebo rozhodnutí o změně v užívání stavby.

Zákon č. 274/2001 Sb. o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu, v platném znění, mimo jiné ukládá povinnost, že kanalizace musí být navrženy a provedeny tak, aby neovlivnily negativně životní prostředí, aby byla zabezpečena dostatečná kapacita pro odvádění a čištění odpadních vod z odkanalizovaného území, a aby byla zabezpečena nepřetržitost odvádění odpadních vod od odběratelů této služby. Současně musí být zajištěno omezení znečištění recipientů způsobené dešťovými přívaly.

Prováděcí vyhláška č. 501/2006 Sb. o obecných požadavcích na využívání území, v platném znění, k zákonu č. 183/2006 Sb. o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon) řeší problematiku hospodaření s dešťovými vodami v § 20 odst. 5 a § 21 odst. 3:

Stavební pozemek se vždy vymezuje tak, aby na něm bylo vyřešeno:

a) umístění odstavných a parkovacích stání pro účel využití pozemku a užívání staveb na něm umístěných v rozsahu požadavků příslušné české technické normy pro navrhování místních komunikací, což zaručuje splnění požadavků této vyhlášky,

b) nakládání s odpady a odpadními vodami podle zvláštních předpisů, které na pozemku vznikají jeho užíváním nebo užíváním staveb na něm umístěných,

c) vsakování nebo odvádění srážkových vod ze zastavěných ploch nebo zpevněných ploch, pokud se neplánuje jejich jiné využití; přitom musí být řešeno:

1. přednostně jejich vsakování, v případě jejich možného smísení se závadnými látkami umístění zařízení k jejich zachycení, není-li možné vsakování,

2. jejich zadržování a regulované odvádění oddílnou kanalizací k odvádění srážkových vod do vod povrchových, v případě jejich možného smísení se závadnými látkami umístění zařízení k jejich zachycení, nebo

3. není-li možné oddělené odvádění do vod povrchových, pak jejich regulované vypouštění do jednotné kanalizace.

Vsakování dešťových vod na pozemcích staveb pro bydlení je splněno, jestliže poměr výměry části pozemku schopné vsakování dešťové vody k celkové výměře pozemku činí v případě

a) samostatně stojícího rodinného domu a stavby pro rodinnou rekreaci nejméně 0,4,

b) řadového rodinného domu a bytového domu 0,3.

Pro moderní přírodě blízké hospodaření se srážkovými vodami chyběly dlouhou dobu normativní dokumenty. V dobách, kdy naše normy nepředepisovaly návrhové parametry pro návrh vsakovacích zařízení, se projektanti s touto problematikou vypořádávali rozdílně a i vodoprávní orgány měly odlišné požadavky. Jedinou pomůckou projektantů pro návrhy vsakovacích zařízení byla německá norma ATV-DVWK-A138 (Synáčková, 2004).

V současnosti řeší problematiku hospodaření s dešťovými vodami dvě normy:

ČSN 75 9010 Vsakovací zařízení srážkových vod

Tato norma vyšla v únoru 2012 a historicky vznikala jako samostatná norma, jejíž zpracování bylo zahájeno ještě před legislativní úpravou hospodaření s dešťovými vodami ve vodním zákoně. Řeší pouze část diskutované problematiky. Je orientována výhradně na vsakovací zařízení bez regulovaného odtoku, tj. na podmínky, ve kterých je vsakovací výkon dostatečný. Norma zavádí nutnost geologického průzkumu, jehož rozsah se řídí náročností stavby a přírodními poměry v zájmovém území stavby, dále zavádí kvalitativní principy návrhu vsakovacích zařízení, uvádí přehled typů vsakovacích zařízení a základní úkony údržby zařízení. Důležitým doplňkem normy je tabulka srážkových dat využitelných pro návrh vsakovacího zařízení (Stránský et al. 2012).

TNV 75 9011 Hospodaření se srážkovými vodami

Tato norma je platná od dubna 2013 a zahrnuje celý rámec hospodaření s dešťovými vodami. Jejím předmětem je hospodaření s dešťovými vodami především na pozemku stavby (decentrální odvodnění), centrální opatření řazená za opatření

decentrální, opatření pro snížení srážkového odtoku, návod ke správnému technickému řešení, přehled požadavků na údržbu zařízení a objektů hospodaření s dešťovými vodami. Dále jsou uvedena schémata základních objektů, výpočetní příklady a zásady realizace objektů (Stránský et al. 2012).

## 5 Zájmové území

### 5.1 Vymezení řešeného území

Město Most leží v severozápadních Čechách, ve střední části Ústeckého kraje. Území města Most zaujímá celkovou rozlohou téměř 86,9 km<sup>2</sup> a má 67 030 obyvatel. Administrativně je město tvořeno ze sedmi částí obce a územně-technicky z 18ti katastrálních území (z nichž 13 katastrálních území je v současné době bez jakékoliv obytné zástavby, z důvodu vlivu těžební minulosti) (Olžbut, 2002).

Obr. č. 13: Základní mapa ČR se zvýrazněnou polohou města Most



(zdroj: autor)

### 5.2 Geomorfologická charakteristika

Jen málo okresů má tak pestré a členité prostředí jako okres mostecký. Kontrast zdejšího kraje, zjizveného hlubokými brázdami povrchových dolů a pozvolna mizejícími krabatými povrchy výsypek na jedné straně, s jeho přírodními krásami na straně druhé. To je se vším všudy důsledkem pestré geologické stavby území a na ni vázaného nerostného bohatství. Na poměrné ploše okresu o rozloze 467 km<sup>2</sup> dnes vystupuje pásemné pohoří, pod nímž leží nížinná rovina, která na jihu přechází v divokou kopcovinu. Zatímco vrcholové partie Krušných hor se pohybují v nadmořských výškách okolo 900 m, klesá terén prudce do pánevní kotliny

300 m.n.m. Na jihu je krajina poseta kopci a plošinami západních výběžků Českého Středoohoří, vypínajících se do výšky okolo 400 a 500 m.n.m. Mezi středohorskými kopci je v údolí Bíliny zároveň nejnižší místo okresu 204 m.n.m (Hurník, 2001).

Geomorfologicky je Mostecká pánev součástí Krušnohorské soustavy, bezprostřední část pod Krušnými horami je Chomutovsko-Teplická pánev, která se řadí k pánvím na nezpevněných třetihorních strukturách, podmíněna tektonicky a litologicky. Ve druhé etapě neotektonického vývoje dostala Mostecká pánev svůj dnešní ráz. Vedle eroze a denudace se na utváření reliéfu podílela i akumulární činnost. Jsou zde území, kde byl původní přírodní reliéf zcela přeměněn hospodářskou činností (těžba uhlí, výsypky, odkaliště elektráren) v reliéf antropogenní. V závislosti na změnách reliéfu dochází i ke změnám ostatních složek krajiny (Olžbut, 2002).

### 5.3 Geologická charakteristika

Geologickou stavbu území tvoří Krušnohorské krystalikum, patřící ke krystaliku Českého masívu. Metamorfované horniny Krušnohorského krystalika se dělí na šedé a červené ruly. Další geologickou vrstvou je Severočeská pánev, dělí se podle sedimentární výplně na tři hlavní skupiny: splachové sedimenty (zvětraliny vulkanitů, jíly, tufy), jezerní uloženiny (jíly, jílovce, písky) a sedimenty náplavových kuželů. Nejvýznamnějším sedimentem jsou sedimentace uhelné (Olžbut, 2002).

Pestrý geologický vývoj území zde předurčil četná ložiska nerostných surovin. Toto nerostné bohatství bylo nejen požehnáním, ale i zhoubou zdejší krajiny. Ostatně tot nejlépe ilustruje rozkvět a zkáza historické části města (Hurník, 2001).

K devastaci půdy zde dochází především rozrušením a transportem půdních částic (vodní a větrnou erozí, sesuvy a dalšími destruktivními procesy) nebo vyřazením půdy z biologického látkového koloběhu likvidací rostlinstva, odstraněním vrchní vrstvy půdy nebo celého profilu v důsledku těžební činnosti, lokalizace skládek, zástavbou apod. (Anděl et al. 2000).

### 5.4 Hydrologická charakteristika

Hydrologická síť toků na území Mostecka byla zejména v oblasti Mostecké pánve výrazně ovlivněna těžební činností, což mělo za následek mimo jiné pokles spodních vod i zánik mnoha drobných vodních toků. Vodní toky jsou zde nejen regulovány, ale i zcela překládány do nových koryt, je měněn jejich směr a raritou je zatrubnění řeky Bíliny v prostoru Ervěnického koridoru za účelem zabezpečení a uvolnění lomových prostorů (Divišová, 2014).

Řeka Bílina se podle čisté a bílé vody nazývala také Bělá. Dnes je však jednou z nejvíce znečištěných řek nejenom v Ústeckém kraji. Pramení nad Jirkovem (785 m.n.m.) a vlévá se do Labe v Ústí nad Labem (132 m.n.m.). Plocha povodí představuje 1 072 km<sup>2</sup>, délka toku je 84 km a průměrný průtok u ústí dosahuje 5,5 m<sup>3</sup>/s (Anděl et al. 2000).

Průměrné srážky v povodí Bíliny překračují 627 mm ročně, spád toku je 653 m, sklon na horním a dolním toku se výrazně liší (4,1 % resp. 0,2 %). Bílina odvodňuje jižní svahy Krušných hor a severní svahy Českého středohoří. Maximální průtok v Trmicích dosahuje 122 m<sup>3</sup>/s a minimální 0,5 m<sup>3</sup>/s. Specifický odtok z povodí je asi 4,8 l/s na km<sup>2</sup> s podstatnými rozdíly v horním a dolním toku. Přirozené odtokové poměry jsou dnes velmi narušeny antropogenní činností. Mezi Chomutovem a Mostem je řeka vedena v potrubí po uměle vytvořeném koridoru a průtok je ovládán z nádrže u Kyjic. Další úpravy jsou provedeny spojovacími koryty, která převádějí vodu z potoků stékajících ze svahů Krušných hor směrem do lomů. Hnědouhelné lomy drénují podzemní vodu a soustřeďují vodu srážkovou. Přítoky Bíliny jsou vesměs malé jak plochou povodí, tak délkou a vodností. Početnější a delší jsou přítoky Krušnohorské (Anděl et al. 2000).

Vody ovlivněné uhelným průmyslem se vyznačují především svou kyselostí, vysokou koncentrací rozpuštěných látek a zvýšenými koncentracemi některých kovů. Důsledkem jsou extrémně nepříznivé ekologické poměry – vegetace podél toků je minimální, druhové složení vodních ekosystémů velmi chudé (Divišová, 2014).

Ohrožení záplavami vzhledem ke stavu, hustotě toků a reliéfových parametrů není v území města Most významné. Přesto je záplavové území stanoveno na celém toku Bíliny, kde je stanovena rovněž aktivní zóna záplavového území (Divišová, 2014).

Území je celkově suché díky srážkovému stínu Krušných hor a má nízkou retenční schopnost. Pro zlepšení hydrologického a hydrogeologického režimu je nezbytné zvýšit retenční schopnost krajiny. Kromě malých retenčních nádrží na vodních tocích je žádoucí realizovat pásy travních porostů, remízky a další plochy zeleně v krajině (Divišová, 2014).

Dle Nerudy (2008) se disparita vodního režimu nejenom severních Čech projevuje nevyhovujícím stavem vodotečí. Ten byl zapříčiněn zejména nevhodnými technickými úpravami v minulosti tj. napřímením a opevněním koryt. Dále jejich nadměrným zahloubením, často spojeným s vykácením břehového porostu. Negativní důsledky tohoto stavu pozorujeme v urychleném odtoku vody z krajiny a nedostatečné retenci vod.

## 5.5 Klimatická charakteristika

Mostecko leží v klimatické oblasti T2, pro kterou je typické dlouhé, teplé a suché léto a krátká, mírně teplá a až velmi suchá zima. Průměrná roční teplota sledovaného území je 8,2°C. Roční úhrn srážek činí 599 mm a průměrný úhrn srážek ve vegetační době je 299 mm. Časté zhoršení rozptylových podmínek v oblasti je způsobeno zejména její polohou v kotlině, uzavřené hradbou Krušných hor, jež vytvářejí tzv. srážkový stín. Dochází zde k inverznímu zvrstvení ovzduší, což omezuje možnost proudění vzduchu a dochází tak k hromadění škodlivin bez možnosti jejich rozptýlu. Obvykle jsou zde zhoršené rozptylové podmínky zejména na konci roku a v předjaří, přízemní ozón oblast ohrožuje zvláště v letním období (Divišová, 2014).

Široká škála škodlivin a nedostatečný rozptyl ve špatně provětraném území je podstatnou příčinou narušení vegetačního krytu, ovlivněna je voda, půda, stavby - jde o závažnou příčinu zdravotních potíží zde žijících obyvatel (Anděl, 2000).

Zákal ovzduší v pánevních okresech (od Chomutova po Ústí nad Labem) ovlivňuje dobu trvání slunečního svitu, globální záření, exhaláty působí jako kondenzační jádra a podporující tvorbu mlh. Časté jsou inverzní situace, jejichž průvodním jevem je soustředění škodlivin různého druhu při přechlazeném povrchu. V létě se v dýchací zóně negativně projevuje přehřívání přízemní vrstvy ovzduší zvýšeným výparem a snížením vzdušné vlhkosti (Anděl, 2000).

Celá oblast severočeské hnědouhelné pánve patřila v minulosti z hlediska znečištění ovzduší k nejvíce zatíženým. Od 90. let minulého století se však kvalita ovzduší rapidně zlepšila, poslední smogová událost se v Mostě vyskytla v roce 1997. Přesto však patří tento region i nadále mezi oblasti se zhoršenou kvalitou ovzduší v České republice. V rámci Ústeckého kraje patří Most mezi čtyři oblasti, ve kterých je zhoršená kvalita ovzduší na 100 % území (Divišová, 2014).

## 5.6 Pedologická charakteristika

Na nejteplejších místech území města Most, na tabulích a pahorkatinách dosud nepostižených těžbou, převládají půdní asociace s černozeměmi (zejména jih Mostecka), v nivě Srpiny se místy vyskytují zasolené černice. Zvláštností v republikovém měřítku je ostrůvkovitý výskyt smolnic. Na jihu až jihovýchodě území se nacházejí rendziny. Zbytek těžbou nepostiženého území tvoří převážně kambizemě v různých podobách. Jedná se většinou o půdy úrodné, což se projevuje i v zemědělském využívání, kdy je využita jako orná půda, s výjimkou strmějších svahů a vrcholů, podmáčených lokalit apod. (Divišová, 2014).

Pánevní část Mostecka se vyznačuje značnou devastací půd jako následek hnědouhelné těžby. Na poklesech terénu po hlubinné těžbě dochází k degradaci půdy silným podmáčením, zabahněním až zavodněním. Při těžbě povrchové, která zde převládá, je původní půda odděleně odtěžena a po ukončení těžby se využívá k zemědělské, popř. lesnické rekultivaci. Takto vzniklý horizont je před zapojením vegetace velmi náchylný k erozi (Divišová, 2014).



## 6 Analýza

### 6.1 Analýza stavu hospodaření s dešťovou vodou

#### Stoková síť

V Generelu odkanalizování lokality Most je uvedeno, že převážná část kanalizace byla vybudována po roce 1945. V průběhu budování města Most došlo několikrát ke změně koncepce výstavby např. ke změně rozmístění zpevněných ploch, což mělo významný dopad na systém odkanalizování celého města. Již v průběhu výstavby města tak opakovaně vyvstala potřeba revize koncepčního řešení systému kanalizace.

V Mostě se v současnosti nachází převážně jednotná kanalizační síť a pouze v několika lokalitách je síť oddílná. Na kanalizaci je napojeno 99 % (cca 66 360) obyvatel, 1 % (cca 6 730) obyvatel má septiky se vsakováním. Systém odkanalizování města se rozděluje na dvě základní části.

Gravitačně je na čistírnu odpadních vod Most napojena zejména větší – přibližně severovýchodní – část města, svažující se k řece Bílině, ale rovněž i ostatní městské části. Toto území je napojeno do štol pod třídou Budovatelů, která podchází geografické rozvodí. Zbývající části území města, se svažuje na opačnou stranu, tj. převážně do povodí Srpiny (resp. jejích přítoků Vtelenského a Lučního potoka), ale též část povodí Bíliny, skloněná k jezeru Matylda, jsou na čistírnu odpadních vod napojeny čerpáním (Generel odkanalizování lokality Most).

Specifikem města Most je poměrně rozsáhlá, ale nesouvislá dešťová kanalizace, vybudovaná v povodí jednotné kanalizace – většina jejích dílčích systémů je poté napojena do kanalizace jednotné.

Dle Generelu odkanalizování lokality Most je kanalizace města rozdělena na kmenové stoky A, B, C, D, E, F, G, H, CH, K, M.

Zajímavostí je, že v Hendrych (1967) Koncepci uvádí, že na nově zbudovanou kanalizaci bylo napojeno 100 % obyvatelstva Mostu, avšak paradoxně nebyla vybudována čistírna odpadních vod, takže v těchto letech odpadní vody odtékaly bez čištění do řeky Bíliny a způsobovaly značné znečištění řeky.

#### Dešťová kanalizace

Specifickým prvkem odvodnění města Most je existence paralelních systémů dešťové kanalizace, rozptýlených v řadě oblastí města. Většina stok je v majetku města a většina je nakonec napojena do systému jednotné kanalizace, což znehodnocuje funkci systému a v některých oblastech vnáší chaos do odvodnění jednotnou stokovou sítí (dešťové stoky odvádí dešťové vody jiným směrem než stoky jednotné).

Informace o systému dešťového odvodnění jsou velmi kusé a o správné funkci dešťových stok lze v řadě případů pochybovat. Pouze některé stoky, zejména

v okrajových částech města jsou zaústěny přímo do recipientu, jak tomu je v případě dešťového odvodnění žádoucí. Další dešťové stoky jsou napojeny přes odlehčovací komory na jednotné síti do jejich odlehčovacích stok – jimi odváděné srážkové vody se tak sice „vyhýbají“ jednotné síti, a tím i potenciálnímu odtoku na čistírnu odpadních vod, současně ale při jejich odtoku do recipientu dochází ke smísení s nařazenými splaškami z odlehčovacích komor, což opět do značné míry znehodnocuje princip oddílného dešťového odvodnění. V ostatních případech dešťová kanalizace prakticky nemá smysl. Může pouze částečně „ulevit“ jednotným stokám bezprostředně v dané lokalitě – zatížení navazujících stok vyššího řádu, do nichž oběma systémy odváděné srážkové vody odtékají, je ale stejné, jako při prostém systému jednotného odvodnění (Generel odkanalizování lokality Most).

### Čistírna odpadních vod

Převážně jednotný kanalizační systém je zakončen mechanicko-biologickou čistírnou odpadních vod. Čistírna odpadních vod se nachází na pravém břehu Bíliny mezi recipientem a silnicí Most – Chanov.

Na čistírnu jsou přiváděny odpadní vody z městských částí Mostu - Velebudice, Čepirohy, Rudolice nad Bílinou, Vtelno a Obrnice. Dešťové vody, přitékající na čistírnu městskou stokou jednotné kanalizace, jsou částečně odděleny v odlehčovací a vypínací komoře před čistírnou a částečně jsou čištěny v čistírně společně se splaškovými vodami. Jejich podíl na čistírnu je dán kapacitou čerpací stanice Qdešť = 800 l/s (Generel odkanalizování lokality Most).

Čistírna odpadních vod byla dostavěna v r. 1975. V 90. letech 20. století na ní byly provedeny některé dílčí úpravy (doplnění povrchových aerátorů, rozváděcí žlaby, odstředivka, výměna česlí a rekonstrukce lapáku písku). Porevoluční změny legislativních požadavků na kvalitu procesu čištění odpadních vod si následně vynutily rozsáhlou rekonstrukci čistírny, která byla zahájena v roce 2001. Čistírna byla uvedena do trvalého provozu v roce 2004. Kapacita čistírny po rekonstrukci byla navýšena na 75 000 EO. Rekonstrukce čistírny byla zaměřena na odstranění dusíkatého znečištění a fosforu v souladu s platnou legislativou oné doby. V roce 2011 bylo provedeno zkapacitnění biologického stupně čistírny na 95 000 EO (Generel odkanalizování lokality Most).

### Ostatní objekty na stokové síti

Na trase kanalizace se nachází řada odlehčovacích komor s přelivem do řeky Bíliny. Odlehčovací komory jsou v celkově dobrém technickém stavu (Generel odkanalizování lokality Most).

Dále se na trase kanalizace nacházejí revizní šachty. Problémem šachet jsou silně zkorodovaná stupadla, která někde zcela chybí. Na řadě šachet v extravilánu chybí poklopy, a to i přes jejich opakovanou instalaci. Řada šachet má zaasfaltované poklopy, které buď nelze otevřít, nebo ani nalézt (Generel odkanalizování lokality Most).

### Recyklace dešťových vod

V současné době nejsou dešťové vody na území města využívány. Jediné, a v porovnání s velikostí území města zanedbatelné, využívání dešťových vod je možné sledovat v rozsáhlých zahrádkářských koloniích na území Mostu. V těchto koloniích zahrádkáři pomocí okapů a různých sběrných nádob zachytávají vodu ze střech a následně ji využívají k závlivce rostlin.

### Vsakování dešťových vod

Na základě rozhovorů s referentkami stavebního úřadu v Mostě, ohledně jejich praxí se vsakováním dešťových vod na Mostecku bylo zjištěno:

V posledních letech se ve městě rozsáhle realizují nová parkoviště a parkovací stání, z důvodu nedostatečné kapacity stávajících parkovišť, zejména u bytových domů. To se děje pod slibem politického vedení města občanům. Parkovací plochy se staví především na stávajících zelených plochách, čímž přibývají další zpevněné plochy.

Tento trend před lety narušilo rozhodnutí zástupců Severočeských vodovodů a kanalizací a.s. nevypouštět dešťové vody z těchto zpevněných ploch do kanalizace. Při přívalových deštích totiž docházelo k přetížení kanalizačního systému a čistírny odpadních vod. To vedlo projektanty k řešení otázky, jak s dešťovými vodami naložit.

V současné době se z většiny nově budovaných parkovišť a zpevněných ploch pomocí vsakovacích systémů dešťová voda zasakuje do půdního profilu. Bohužel to nelze použít u všech zpevněných ploch, jelikož ve městě je velká část podloží jílového typu, což neumožňuje zasakování vod. V případě, že je lokalita hydrogeologicky posouzena jako nevhodná pro zasakování dešťových vod, povoluje se vpouštění vod do kanalizace pod podmínkou vybudování zpomalovacích zařízení v místě napojení na kanalizaci.

Obr. č. 14: Příklad nově vybudovaného parkoviště se zasakovacím pásem z vegetační dlažby



(zdroj: autor)

Také dešťové vody z nově povolovaných objektů ať už rodinných domů či budov občanské vybavenosti jsou likvidovány (zasakovány nebo využívány), a to dle stavebního zákona na pozemku stavebníka.

## 6.2 Analýza stavu recipientu (řeka Bílina)

Největším vodním tokem na území města Most je řeka Bílina. Řeka Bílina je nejvíce znečištěná řeka České republiky. Kvalitu vody nejvíce ovlivňuje chemický průmysl zejména Chemopetrol Litvínov a důlní činnost v oblasti. Nemalý vliv mají i čistírný odpadních vod.

Obr. č. 15: Hydrologické údaje o řece Bílině dle ČHMU a Základní vodohospodářské mapy

profil	říční kilometr	plocha povodí (km <sup>2</sup> )	průměrná dlouhodobá roční výška srážek na povodí	Q <sub>355</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>270</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q - průměrný roční dlouhodobý průtok (m <sup>3</sup> /s)
u ČOV Most	47,5	318,3	651	0,26	1,08	2,45
žel. a sil. Most na Litvínov	52,3	297,3	651	0,24	1	2,29

Zdroj: www.chmu.cz

Na řece Bílině jsou dva odběrné profily – Chanov a Most. Jakost vody na odběrném profilu Most je o něco lepší než na profilu Chanov. Z hlediska eutrofizace vod (znečištění dusíkem a fosforem) spadá řeka Bílina v profilu Chanov do II. třídy v ukazateli dusičnanový dusík, do III. třídy v ukazateli celkový fosfor a do V. třídy v ukazateli dusitanový dusík. Jedná se tedy o velmi silně znečištěnou vodu ovlivněnou lidskou činností tak, že ukazatele jakosti vody dosahují hodnot, které vytvářejí podmínky umožňující existenci pouze silně nevyváženého ekosystému. Na odběrném profilu Most spadá Bílina z hlediska ukazatele amoniakální dusík a celkový fosfor do III. třídy jakosti a z hlediska ukazatele dusičnanový dusík do IV. třídy jakosti (Divišová, 2014).

Chemická spotřeba kyslíku řadí řeku v obou odběrných profilech do III. třídy jakosti, tedy hodnotí vodu jako znečištěnou. Biochemická spotřeba kyslíku je v profilu Most také ve III. třídě jakosti, na profilu Chanov spadá do IV. třídy jakosti, tzn. silně znečištěná voda (Divišová, 2014).

Obr. č. 16: Umístění odlehčovacích komor na řece Bílině v Mostě dle Generelu splaškové kanalizace

označení odlehčovací komory	umístění	typ komory	označení stoky
OK 1CH	železniční stanice Most	čelní přeliv	A
OK 2Z	ulice Rudolická, parkoviště Tesco	oboustranný boční přeliv	A
OK 3C	třída Budovatelů, u zimního stadionu	čelní přeliv	C
OK 4A	ulice Chomutovská, u přemostění do starého Mostu	čelní přeliv	A

(zdroj: Generel odkanalizování lokality Most)

### 6.3 Analýza stavu městské zeleně

Původní vzhled údolní oblasti „krajiny jezer a močálů“ byl lidskými zásahy výrazně změněn. Místo lužních lesů a habrových doubrav nastoupily kulturní stepy s travinami a keři a zvláště pak velké plochy devastované krajiny, porostlé nanejvýš výsypkovou plevelnou vegetací. Lesní porosty v údolí se zmenšily jen na několik procent původní celkové rozlohy (Hendrych, 1967).

Dnes je vlivem těžby reliéf krajiny Mostecka zásadně přemodelován. V pozmeněném vegetačním krytu jsou výrazně zastoupeny ruderalní druhy (Divišová, 2014).

Jelikož Most je nově vybudované město, byly při jeho zakládání dodržovány urbanistické ukazatele, jako plochy veřejné a ostatní zeleně vzhledem k plánovanému počtu obyvatel. Tyto plochy zde byly zakomponovány v dostatečném množství. Problém však nastal s rozvojem automobilizace. Parkovací plochy, parkovací a odstavná stání při návrhu města byly poddimenzovány a zejména sídlištní zeleň se postupně zmenšovala na úkor nově vznikajících parkovišť. Tento trend je ve městě stále aktuální.

Stávající uliční zeleň ve městě je velmi cenná, tím že je již vzrostlá a příjemně doplňuje bydlení ve vícepodlažních bytových domech s velkou koncentrací obyvatel. Začátkem roku 2015 proběhly revitalizační úpravy sídlištní zeleně v části „Liščí vrch v Mostě“ viz obrázek č. 17. Revitalizace spočívala především ve výsadbě vysoké zeleně (ústní sdělení stavební úřad).

Obr. 17: Výsadba stromů v rámci revitalizace sídlištní zeleně



(zdroj: autor)

Další neméně podstatnou skupinou jsou městské parky, které jsou v současné době málo udržované a zdevastované. Na základě terénního průzkumu území bylo zjištěno, že na území města se nachází celkem 14 parků, z toho 4 jsou parky přírodního charakteru s minimem zásahů, jeden rekreační areál s vodní plochou a 9 městských parků viz obrázek č. 18.

Obr. č. 18: Ortofotomapa se zákresem parkových ploch ve městě



(zdroj: autor)

Zejména městské parky byly v minulých letech chlubou města pro velkou koncentraci zeleně a vodních ploch. V posledních letech je možné pozorovat zájem města k jejich postupné rekonstrukci a revitalizaci (ústní sdělení stavební úřad).

Obr. č. 19: Zrekonstruovaný park „U Mariánského sloupu“



(zdroj: autor)

Obr. č. 20: Zanedbaný park „U sportovní haly“ s velkým množstvím vzrostlé vysoké zeleně



(zdroj: autor)

Obr. č. 21: Přírodní park „Šibeník“



(zdroj: autor)

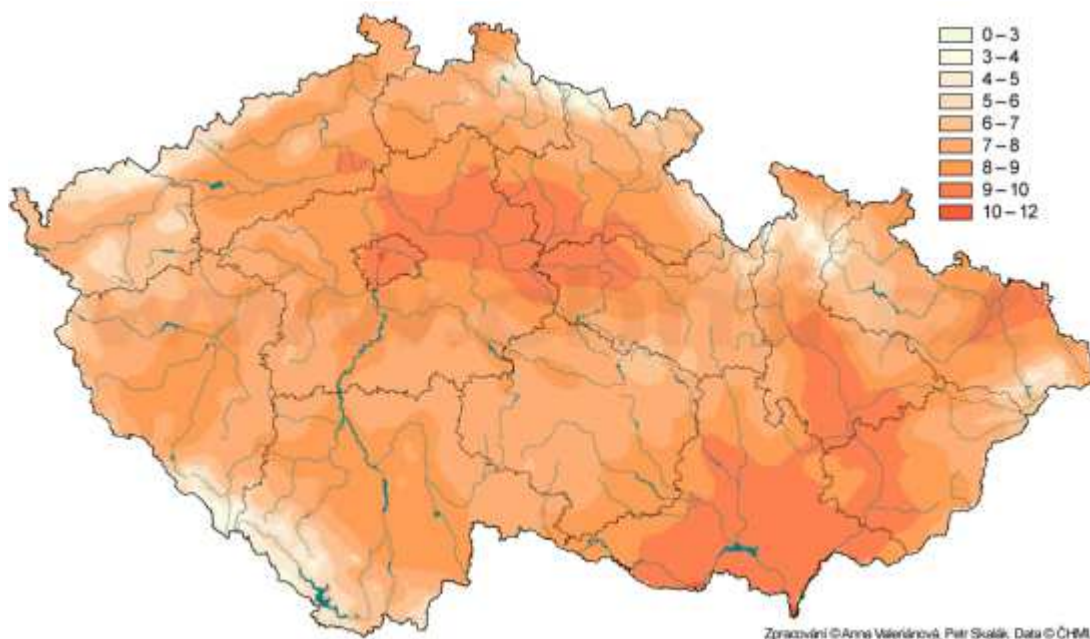
## 6.4 Analýza mikroklimatu

### Teplota

V Podkrušnohoří roste teplota od západu k východu, tak jak ubíhá vliv jihozápadních anticyklonů. Rozdíly jsou zajímavé a výrazné – Mostecko patří do nejteplejší části údolí s ročním průměrem mezi 8 – 9 °C. Nesporný je v severovýchodní části vliv „tepelného ostrova“ velkým soustředěním průmyslu a sídlišť, které zvyšují roční průměr teploty (Hendrych, 1967).

Dle mapy průměrné roční teploty v ČR v roce 2013 lze, konstatovat, že od roku 1967 se průměrná roční teplota nezvýšila, roční průměr je stále 8 – 9 °C.

Obr. č. 22: Průměrná roční teplota vzduchu v ČR v roce 2013 v °C



(zdroj: www.chmu.cz)

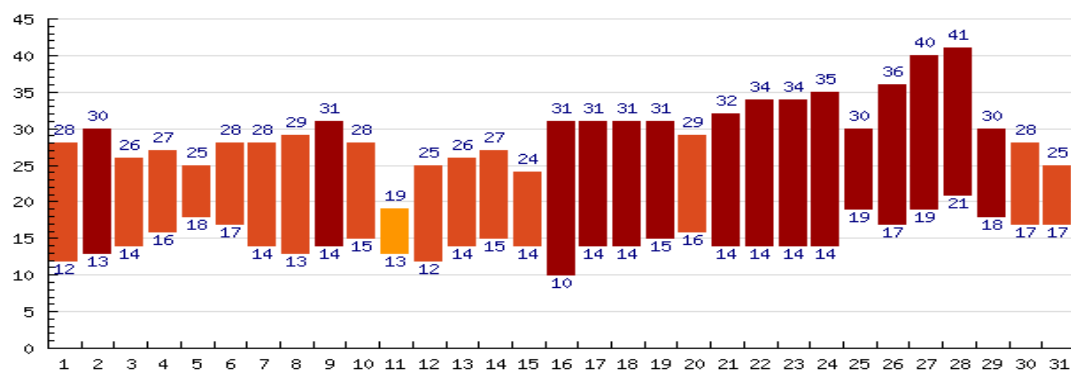
Obr. č. 23: Územní teplota vzduchu v roce 2013 pro Ústecký kraj

teplota vzduchu [°C]	Měsíc											
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
	-2,3	-1,8	-1,7	7,2	11,7	15,4	18,4	16,8	11,2	9,2	3,8	1,5

(zdroj: www.chmu.cz)

Pro představu rozsahu teplot v letních měsících ve městě jsou použita data z meteorostanice v Ústí nad Labem ve výšce 21 m.n.m. za měsíc červenec v roce 2013. Aneometr je umístěn ve výšce cca 4 m na ploše mezi budovami vzdálenými cca 200 m. Současně je místo obklopené stromy a keři. Čidlo teploty a tlaku je umístěné standardně v meteorologické budce. Stanici řídí PLC AMiNi-E od firmy AMiT (meteo.resslovaci.net).

Obr. č. 24: Teplota za měsíc červenec 2013 v Ústí nad Labem

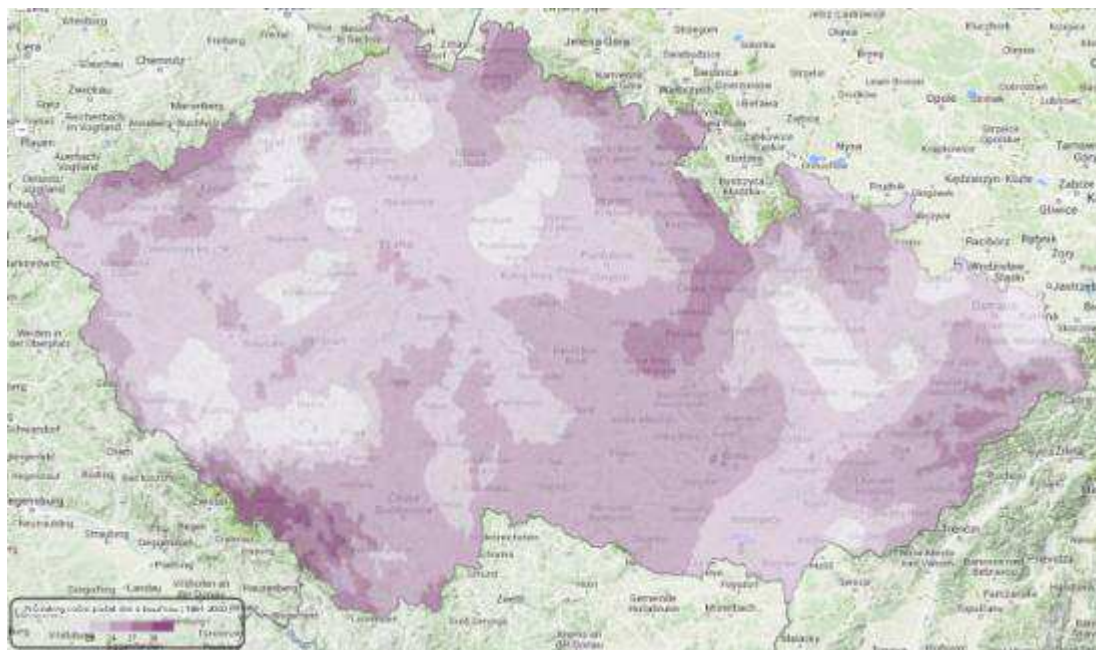


(zdroj: meteo.resslovaci.net)



Dle mapy průměrného počtu dní s bouřkou na Mostecku proběhne zhruba 24 – 27 bouřek ročně. Bouřka je nejznámějším projevem elektrické aktivity v ovzduší. Je to soubor elektrických, optických a akustických jevů vznikajících mezi oblaky druhu cumulonimbus navzájem nebo mezi oblakem a zemí. Na meteorologické stanici je bouřka zaznamenána jen tehdy, když jsou blesky doprovázeny hřměním – samotná blýskavice bez akustického doprovodu za bouřku považovaná není (gislib.upol.cz).

Obr. č. 25: Průměrný roční počet dní s bouřkou



(zdroj: gislib.upol.cz)

### Inverse a smogové situace

V celém Podkrušnohoří se velmi často vyskytují inverse, zvláště v zimním pololetí. V důlní oblasti je jejich výskyt nejčastější, a to především vinou rozsáhlých devastací. Nejběžnější je teplotní inverze s dolní hranicí u povrchu země a s horní hranicí 650 – 700 m nad zemí, kdy oblohu kryje denní stratus. V zimních měsících trvají nepříjemné mlhy, prosycené průmyslovými exhalacemi. Tyto inverze jsou na území města časté a trvají až 140 dní v roce (Hendrych, 1967).

Časté mlhy, které doprovázejí inverze, jsou velmi husté s dohledností jen několik metrů. Celá oblast má v ročním průměru dvojnásobný počet dní s mlhou (viditelnost menší než 1 km) než české vnitrozemí, pro příklad Mostecko 90 – 115 dní, Plzeň 60 dní, Praha 45-50 dní. Ještě na začátku 19. století nebyl v četnosti mlh výrazný rozdíl, ale za posledních 30 – 40 let se v důsledku rozsáhle průmyslové činnosti na Mostecku jejich výskyt zdvojnásobil (Hendrych, 1967).

Sluneční svit zmenšovaný mlhami a oblačností netrvá v průměru déle než 1500 - 1600 hodin ročně. Větší část Čech má hodnoty od 1 600 do 1 950 hodin, na Slovensku běžně přes 2 000 hodin ročně. Důlní oblast tedy má o pětinu až třetinu méně slunečního svitu a jeho účinky jsou tu navíc zeslabovány silně znečištěným ovzduším (Hendrych, 1967).

V souladu se zněním zákona o ochraně ovzduší č. 201/2012 Sb. byly pro Ústecký kraj v roce 2013 vyhlášeny následující smogové epizody:

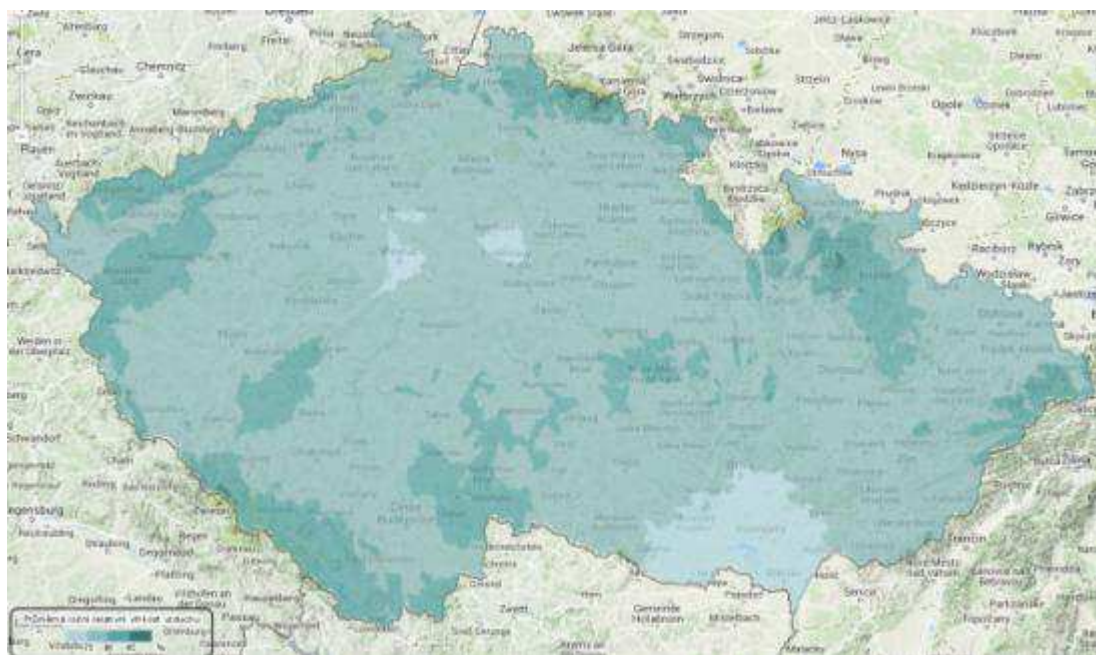
- epizoda 1 vyhlášení signálu upozornění pro prach PM10 - 23.01.2013 v 02:08 hod, zrušení signálu upozornění 29.01.2013 v 21:21 hod
- epizoda 2 vyhlášení signálu upozornění pro ozon O3 - 18.06.2013 v 15:50 hod, zrušení signálu upozornění 20.06.2013 22:15 hod
- epizoda 3 vyhlášení signálu upozornění pro ozon O3 - 27.07.2013 v 15:46 hod, zrušení signálu upozornění 29.07.2013 v 05:42 hod
- epizoda 4 vyhlášení signálu upozornění pro ozon O3 - 03.08.2013 v 13:49 hod, zrušení signálu upozornění 04.08.2013 v 08:45 hod

(Ekologické centrum pro Krušnohoří, 2014)

### Vlhkost

Průměrná relativní vlhkost vzduchu na Mostecku je 75 – 80 %. Relativní vlhkost vzduchu je v klimatologii používána jako základní charakteristika vlhkostních poměrů a udává se v procentech. Je dána poměrem aktuálního obsahu vodní páry ve vzduchu a maximálního možného obsahu vodní páry při dané teplotě (gislib.upol.cz).

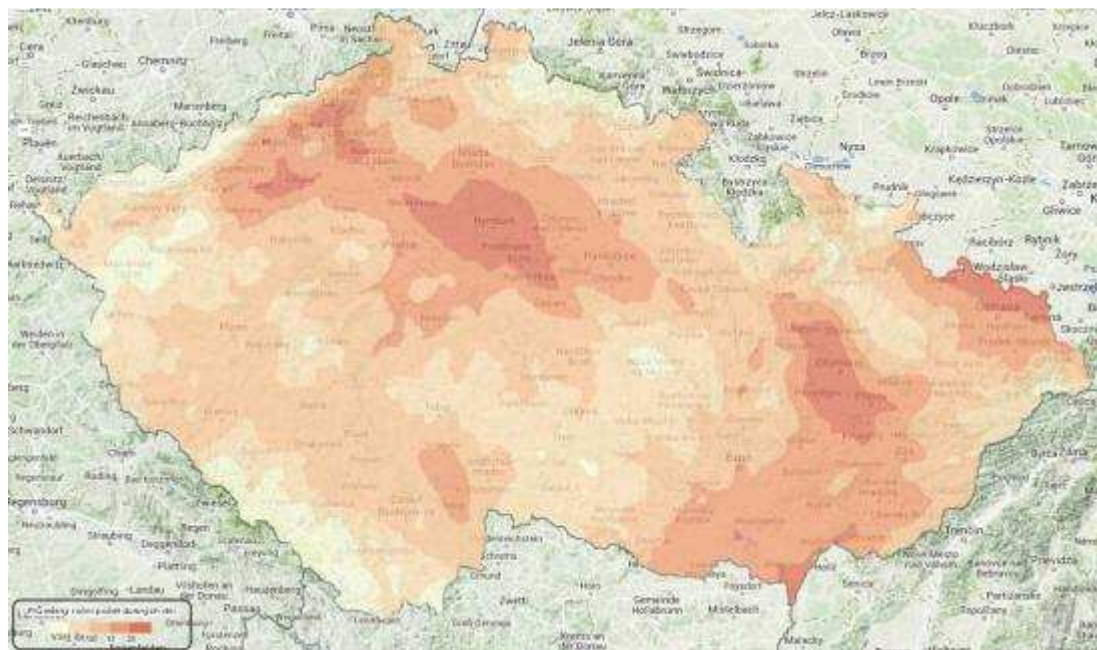
Obr. č. 26: Průměrná roční relativní vlhkost vzduchu



(zdroj: gislib.upol.cz)

Zajímavostí je průměrný počet vzdušných dní, který pro Mostecko činí 15 – 20 dní. Dusno je subjektivně nepříjemný pocit vyvolaný spolupůsobením vyšší teploty a vyšší relativní vlhkosti vzduchu při malé rychlosti větru (gislib.upol.cz).

Obr. č. 27: Průměrný počet dusných dní



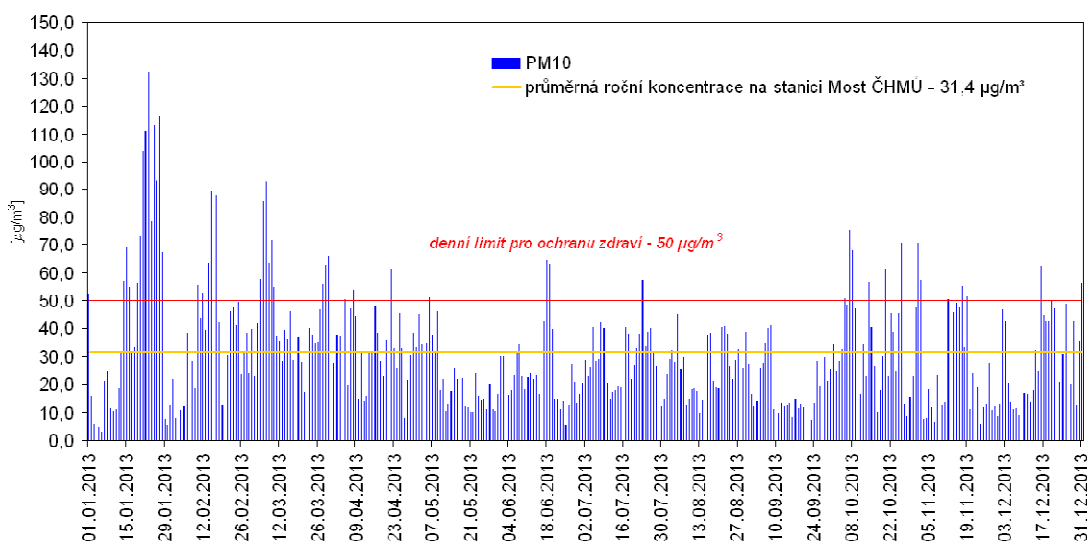
(zdroj: gislib.upol.cz)

### Prašnost

Poslední 3 roky je zaznamenáno zhoršování prašné situace a zvyšování ročního průměru koncentrací prachových částic PM<sub>10</sub>, jakož i četnost překročení 24hodinového imisního limitu za kalendářní rok. Hlavním zdrojem prachu je doprava, elektrárny, průmysl, těžba a také domácí topeniště. Úrovně znečištění ovzduší částicemi PM<sub>10</sub> překračují i nadále imisní limit. Pro PM<sub>10</sub> je imisní limit 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  za 24 hodin. Přičemž maximální počet překročení je 35/rok (Divišová, 2014).

K překročení 24hodinového imisního limitu došlo v průběhu roku 2013 v 50 případech (z toho 6x byla naměřená denní hodnota vyšší než 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), což bylo o 19 překročení méně než v roce předešlém. I přes mírné snížení průměrných denních koncentrací byl stanovený povolený limit (35 povolených překročení) přestoupen v 15 případech (Ekologické centrum pro Krušnohoří, 2014).

Obr. č. 28: Průměrná denní koncentrace PM10 na měřicí stanici Most ČHMÚ za rok 2013

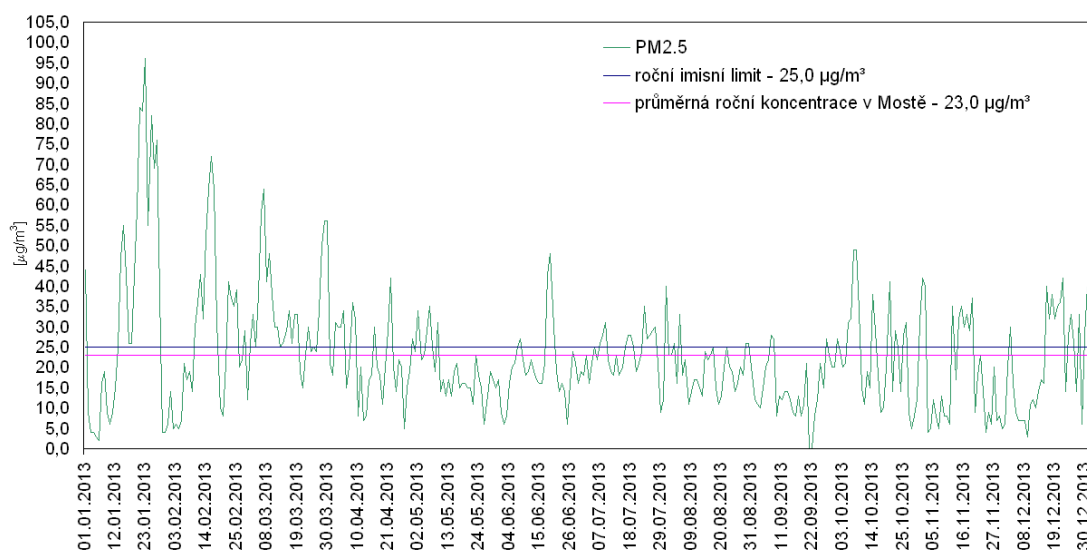


(zdroj: ekologické centrum pro Krušnohoří, 2014)

U prachových částí PM<sub>2,5</sub> není definována prahová koncentrace, pod kterou by částice neměly prokazatelné účinky na lidské zdraví. Denní ani hodinový imisní limit dle legislativy o ochraně ovzduší nebyl pro jemné částice PM<sub>2,5</sub> dosud stanoven. Hodnota ročního cílového imisního limitu pro PM<sub>2,5</sub> je 25 µg/m<sup>3</sup> a ta od roku 2007 překročena nebyla (Ekologické centrum pro Krušnohoří, 2014).

V grafu (obr. 29) jsou stanoveny denní koncentrace PM<sub>2,5</sub> na měřicí stanici ČHMÚ v Mostě za rok 2013. Stejně jako u PM<sub>10</sub>, i zde jsou patrné vyšší hodnoty v první polovině roku 2013 u denních hodnot, u hodinových záznamů lze období zvýšených hodnot specifikovat jako druhé čtvrtletí (Ekologické centrum pro Krušnohoří, 2014).

Obr. č. 29: Průměrná denní koncentrace PM 2,5 na měřicí stanici Most ČHMÚ za rok 2013

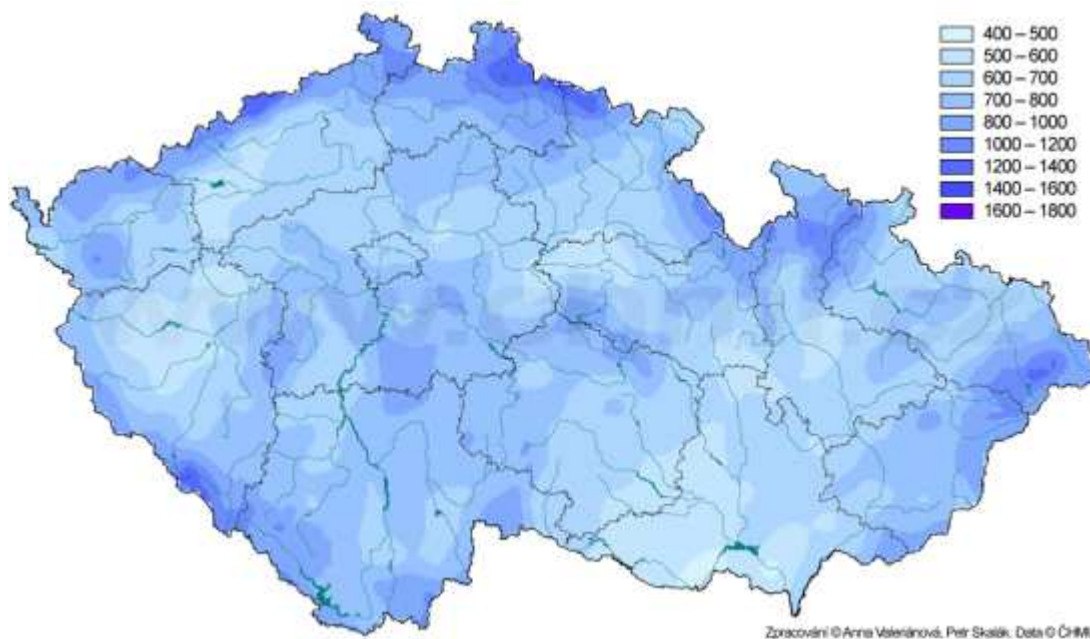


(zdroj: ekologické centrum pro Krušnohoří, 2014)

## Srážky

Srážky přichází většinou s větry od jihozápadu nebo severozápadu. Střední část Mostecka patří k nejsušším místům republiky – k velké oblasti dešťového prázdna mezi Podbořany, Louny, Mostem a Kadaní. Ve stínu Doupovských a Krušných hor tu naprší jen necelých 600 mm, místy i méně než 400 mm ročně. Je to necelá polovina srážek, které spadnou jen 15 km severněji na parovině Krušných hor (Hendrych, 1967).

Obr. č. 30: Roční úhrn srážek v ČR v roce 2013 v mm



(zdroj: www.chmu.cz)

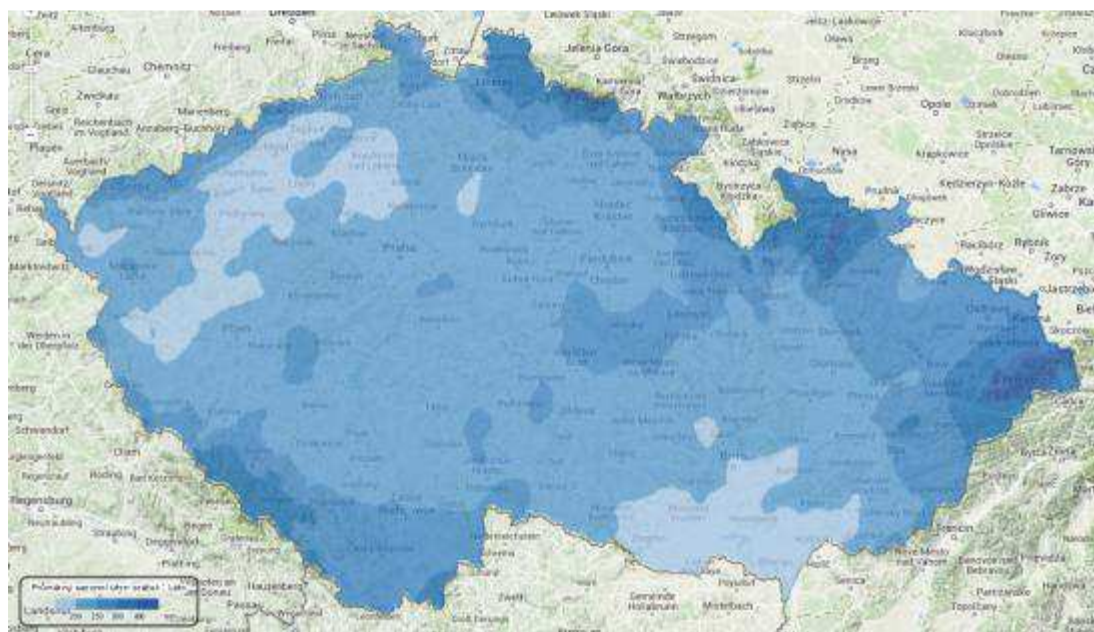
Průměrné měsíční srážkové úhrny jsou uvedeny v tabulce na obrázku č. 31 zpracované dle dat ČHMU. Nejvyšší úhrn srážek je zaznamenán v měsíci červenec z roku 2013. Lze předpokládat, že se jedná o úhrn způsobený bouřkami a přívalovými dešti. Tomu zhruba odpovídá i hodnota průměrného srážkového úhrnu za letní období dle mapy „průměrný roční úhrn srážek – léto“, kde hodnoty průměrného sezónního úhrnu srážek udávají průměrné množství srážek spadlých v období astronomického léta – 21.6. - 23.9. Mostecku je v této mapě přiřazeno 200 mm srážek.

Obr. č. 31: Územní srážky v roce 2013 pro Ústecký kraj

úhrn srážek [mm]	Měsíc											
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
	42	36	38	44	61	68	68	70	50	39	47	49

(zdroj: www.chmu.cz)

Obr. č. 32: Průměrný roční úhrn srážek – léto



(zdroj: gislib.upol.cz)

## 7 Návrh konkrétních opatření

### 7.1 Návrh hospodaření s dešťovou vodou

Nové Město Most vznikalo od roku 1979 na „zelené louce“. V té době se na dešťové vody nahlíželo jako na vody odpadní a dle toho s nimi bylo nakládáno. Pro návrh opatření byla vybrána centrální část města o ploše 20 ha. Centrum města je z velké míry zastavěno, přesto se zde nachází poměrně rozsáhlé zatravněné nezastavěné plochy.

Podle územního plánu města Mostu se centrum města nachází na ploše SM2 - území centrální městské, které je označeno jako smíšené území, soustřeďující ve zvýšené míře a četnosti vysoce různorodé a ve více úrovních uspořádané zařízení, činnosti a děje zejména celoměstského, popřípadě regionálního a nadregionálního dosahu, s pěším parterem u veřejných prostranství, s vysokým podílem veřejných ploch a s plochami veřejné zeleně. Území centrální zóny je charakteristické minimálně třípodlažními stavbami a zařízením veškeré občanské vybavenosti. Přípustné jsou stavby a zařízení veškeré občanské vybavenosti a služeb, vyjma velkých zdravotních zařízení a zařízení sociální péče, převážně ve specializovaných polyfunkčních objektech. Přípustné jsou dále kancelářské a správní budovy, obchodní zařízení, veřejné stravování, ubytování a zábavní podniky, nerušivé provozy drobné výroby a služeb, zařízení kulturní, církevní a školské, čerpací stanice jako součást parkingů nebo garáží, byty služební a majitelů zařízení, jiné byty nad podlažím určeným pro vybavenost, odstavná místa a garáže sloužící potřebě funkční vybavenosti, nezbytné

plochy technické vybavenosti, komunikace pěší, cyklistické a motorové, zeleň liniová a plošná. Podmínečně přípustné jsou stavby pro regionální a nadregionální komerční činnost, administrativu a veřejnou správu, vysokoškolské a nadstavbové vzdělání a nerušící vědeckou a výzkumnou činnost, nevyžadující enormní dopravní obsluhu, a stavby specializovaných nebo plno sortimentních obchodních domů.

### 7.1.1 Příprava návrhu

Podle zjištěných podkladů zejména z map Generel odkanalizování lokality Most a map inženýrských sítí na webových stránkách města vede centrem poměrně rozsáhlá síť dešťové kanalizace. Tuto dešťovou kanalizaci z části vlastní Severočeské vodovody a kanalizace a.s. a neméně rozsáhlou část vlastní samo město a spravují ji Technické služby města a.s. Z toho důvodu byla dešťová kanalizace obou společností zakreslena do jednoho situačního výkresu. Pro samotný návrh opatření je využita stávající síť dešťové kanalizace, kam budou odváděny přebytky vody z konkrétních navržených opatření.

Návrhová část konkrétních opatření byla zobrazena v situačních mapách, aby byl koncept lépe čitelný.

Byly vytvořeny tyto mapy:

1. Situace návrhu konkrétních řešení
2. Situace stávajícího stavu území a kanalizace
3. Situace širších vztahů

Mapy jsou součástí příloh diplomové práce.

V situaci širších vztahů je zobrazeno řešené území ve vztahu k ostatním částím města. Situace stávajícího stavu území a kanalizace slouží k vizualizaci současného stavu dešťové kanalizace. Je z ní možné zřetelně posoudit množství zpevněných, zastavěných a zatravněných ploch. Dále je do této situace zakreslena stávající kanalizační síť a veškerá dešťová kanalizace v řešeném území. V situaci návrhu konkrétních řešení jsou zakresleny všechny nově navržené prvky. Navrhovanými prvky jsou intenzivní a extenzivní střešní zahrady, retenční a akumulární nádrže, příkopy a dešťové zahrádky, plochy vysoké zeleně a v neposlední řadě nové kanalizační přípojky dešťové kanalizace.

K návrhové části byla pořízena fotodokumentace. Fotografie zachycují objekty a místa, která jsou v návrhu řešena.

#### Výpočet množství dešťových vod

Množství zachycené srážkové vody bude spočítáno podle Hlavínka (2007) a závisí na množství srážek v dané oblasti, velikosti plochy a koeficientu odtoku. Celková plocha zájmového území činí 20 ha. Zatravněné plochy mají rozlohu 3,2 ha a plochy vysoké zeleně 1,4 ha. Velikosti ploch byly zjištěny a spočítány pomocí programu Autocad 2010 LT.

Obr. č. 33: Druhy povrchu v řešeném území

povrch	(km <sup>2</sup> )
zastavěné a zpevněné plochy	0,154
zatravněné plochy	0,032
plochy vysoké zeleně	0,014
<b>Celkem</b>	<b>0,2</b>

(zdroj: autor)

Obr. č. 34: Graficky znázorněné druhy povrchu v řešeném území



(zdroj: autor)

$$QD = \psi \cdot A \cdot HN [m^3/rok-1]$$

$\Psi$  - odtokový součinitel (plocha krytá vegetací 0,05; zastavěné a těžce propustné zpevněné plochy 0,9)

$A$  - půdorysná plocha [m<sup>2</sup>]

$HN$  - roční srážky [600 mm/rok = 0,6 m/rok]

Obr. č. 35: Celkový odtok dešťových vod z řešeného území

	$\Psi$	$A$ (m <sup>2</sup> )	$HN$ (m/rok)	$QD$ (m <sup>3</sup> /rok)
<b>zastavěné a zpevněné plochy</b>	0,9	154 000	0,6	83 160
<b>zatravněné plochy</b>	0,05	32000	0,6	960
<b>plochy vysoké zeleně</b>	0,05	14000	0,6	420
<b>Celkem QD (m<sup>3</sup>/rok)</b>				<b>84 540</b>

(zdroj: autor)

Celkem ze zájmového území do kanalizace systému města Mostu odeče 84 540 m<sup>3</sup>/ročně.



## 7.1.2 Návrh střešní zeleně

Ve vybraném území se nachází řada objektů občanské vybavenosti. Všechny tyto objekty mají plochou střechu. Z archivní dokumentace stavebního úřadu Magistrátu města Mostu bylo zjištěno, že území je svažité směrem k severu. Z toho důvodu jsou některé objekty podsklepeny a jejich střešní plochy jsou pochozí nebo částečně pojízdné. V návrhu jsou tyto plochy zahrnuty jako součásti objektů.

Extenzivní zelená střecha má nižší porost (tráva, květiny, bonsaje, nízké keříky), který bez poškození překonává i období sucha a po deštích lehce regeneruje. Zeleň se udržuje samovýsevem nebo vegetativně (kořeny, kořenovými výběžky, plazním atd.) a na její údržbu není potřebný zásah člověka (bez hnojení, kosení a zavlažování). Porost je zásobován vodou a živinami přirozenými procesy ([www.asb-portal.cz](http://www.asb-portal.cz)).

Extenzivní zeleň může růst na tenké vrstvě vegetačního substrátu (20 až 60 mm), na středně silné vrstvě substrátu (60 až 150 mm), příp. na silné vrstvě vegetačního substrátu (150 až 200 mm, maximálně 300 mm). Kořínky rostlin působí jako stabilizátor proti vlivu větru ([www.asbmportal.cz](http://www.asbmportal.cz)).

Extenzivní střešní zeleň je navržena na těchto objektech:

### Objekt č. 1 – Central Most

Jedná se o obchodní centrum s rozsáhlou plochou střechou o ploše 13 536 m<sup>2</sup> s navazující stavbou bytového domu o ploše 1 035 m<sup>2</sup>.

Obr. č. 36: Central Most (vlevo pohled na obchodní část, vpravo pohled na bytový dům)



(zdroj: autor)

### Objekt č. 2 – Kulturní dům Repre

Kulturní dům Repre je rozsáhlá stavba občanské vybavenosti s plochou střechou. Celková plocha objektu je 7 046 m<sup>2</sup>. Na střeše je umístěna část objektu – planetárium, tvaru koule. Vedle objektu a pod ním se částečně nachází vodní nádrž hloubky cca 0,5 m. Tato nádrž je dotována pitnou vodou, což je z hlediska provozu neekonomické. Z toho důvodu byla v návrhu část nádrže zachována, s tím že bude dotována dešťovou vodou z okolních zpevněných ploch a střechy kulturního domu. Na druhé části nádrže budou provedeny úpravy stavebního charakteru pro budoucí

využití, jako intenzivní střešní zeleň s osazením vegetace vyššího vzrůstu a zatravněnými plochami.

Obr. č. 37: Kulturní dům Repre



(zdroj: autor)

### Objekt č. 3 – Obchodní dům Prior

Obchodní dům Prior je objekt s plochou střechou s částečně podsklepenými, pochozími a pojízdnými plochami. Celková plocha objektu je 7 666 m<sup>2</sup>. Na střeše objektu je navržena extenzivní střešní zeleň. Na jižní a východní straně objektu se nacházejí zpevněné pochozí plochy, na nichž jsou místy umístěny plochy obdélníkového tvaru s výsadbou letniček a trvalek. Tyto plochy jsou v poměru zpevněné vydlážděné plochy malé. Proto budou tyto plochy rozšířeny a využity pro intenzivní střešní zeleň.

Obr. č. 38: Obchodní dům Prior a zpevněné plochy



(zdroj: autor)

### Objekt č. 4 – Pošta a budova občanské vybavenosti před Priorem

Tyto objekty mají plochou střechu o celkové ploše 3 328 m<sup>2</sup>. Na jejich střeše je navržena extenzivní střešní zeleň.

### Objekt č. 5 – Finanční úřad

Jde o objekt s plochou střechou s částečným atriem o celkové rozloze 1 131 m<sup>2</sup>. Na střeše bude provedena extenzivní střešní zeleň. V atriu je navržena plocha vysoké zeleně s vhodnou vegetací, tak aby její budoucí růst nenarušoval budovu.

Obr. č. 39: Finanční úřad



(zdroj: autor)

#### Objekt č. 6 – Obchodní dům

Budova s plochou střechou o rozloze 1 626 m<sup>2</sup> s návrhem intenzivní střešní zeleně.

Intenzivní střešní zahrada umožňuje svým uživatelům a návštěvníkům pobyt. Jde o rozšířený obytný prostor, místo odpočinku, práce i rekreace nebo i speciální druh vyhrazené zeleně. Svým charakterem se podobají klasickým zahradám ([www.yourgarden.cz](http://www.yourgarden.cz)).

Intenzivní střešní zeleň je navržena na těchto objektech:

#### Objekt č. 7 – Magistrát města Mostu

Magistrát města Mostu je členitý objekt s plochou střechou sloužící obyvatelům města jako městský úřad o celkové rozloze 5 262 m<sup>2</sup> viz obrázek č. 35. Budova je zajímavě architektonicky řešená, uprostřed objektu se nachází venkovní atrium s již nevyužívanými jezírky. V nejvyšší části objektu je umístěna částečně prosklená zasedací místnost s výstupem na střechu. Na střeše tohoto objektu je navržena intenzivní střešní zahrada, která by umožnila zaměstnancům úřadu pobyt a relaxaci. V případě dlouhých jednání zástupců města v zasedací místnosti by jistě ocenili přímý vstup do pobytové zahrady s možností odpočinku. V atriu je navržena obnova malého jezírka s fontánou, které by bylo dotováno zbytkovou dešťovou vodou ze střechy magistrátu.

Obr. č. 40: Magistrát města Mostu



(zdroj: autor)

## Objekt č. 8 – Hotel Cascade

Jde o členitý objekt kaskádového tvaru o rozloze cca 1 631 m<sup>2</sup> s rozsáhlou plochou střechou nad provozní částí hotelu. Kolem objektu se nachází podsklepené pochozí plochy, které jsou částečně zpevněné a zatravněné. Na střeše pobytové části hotelu je navržena extenzivní střešní zeleň. Na střeše provozní části objektu je navržena intenzivní střešní zeleň s městským mobiliářem v podobě laviček a osvětlení.

Obr. č. 41: Hotel Casade (vlevo jižní část, vpravo severní část a provozní objekt)



(zdroj: autor)

Intenzivní střešní zahrady vyžadují pravidelnou péči. Osázeny jsou nejen nízkými trvalkami, ale i menšími keři či stromy, jejich součástí bývá i pěstěný trávník. Výška vegetačního souvrství může dosahovat 300 mm až zhruba jednoho metru. Rostliny vyžadují neustálou péči, dostatek vláhy i živin ([www.asb-portal.cz](http://www.asb-portal.cz)).

Realizace intenzivní zelené střechy je finančně náročnější, nejen pokud jde o množství potřebného materiálu, ale především kvůli samotné konstrukci střechy ([www.asb-portal.cz](http://www.asb-portal.cz)).

Pro využití objektů s návrhem střešní zeleně musí být zohledněna nosnost celé konstrukce objektu. Je zapotřebí vypracovat statistické posouzení objektů oprávněnou osobou, případně navrhnou jejich úpravy, tak aby objekty nebyly statisticky narušeny. Skladba vegetační střechy musí být vyřešena tak, aby bylo zabráněno prosakování vody a prorůstání kořenů střešní konstrukcí. Dále je třeba posoudit skladbu vegetačního typu.

Celková plocha stávajících střešních konstrukcí zahrnutých do návrhu střešní zeleně je 43 759 m<sup>2</sup>, z nichž do kanalizačního systému odeče 26 255 m<sup>3</sup>/rok relativně neznečištěné dešťové vody. Dle Hlavínka (2007) střešní zahrady zadrží 50 – 70 % srážkové vody. Zbývající dešťové vody jsou odváděny do stávající dešťové kanalizace. Pro představu projekt zelených střech a zadržování dešťové vody v Berlíně „Potsdam Platz“ počítá se zazeleněním 4 ha střech a celkovým zadržením 95% srážkové vody.

### 7.1.3 Povrchové retenční nádrže

Ve vybraném území se nachází řada ploch, které jsou v současné době pouze zatravněné, a na některých místech se sporadicky vyskytuje vysoká zeleň. Místa s touto zelení jsou zachována a na zatravněných plochách jsou navrženy dvě retenční nádrže různých velikostí. Další stávající nádrž u kulturního domu „Repre“ je upravena.

#### Retenční nádrž č. 1

Retenční nádrž je dotována dešťovou vodou ze střechy objektu č. 10 – objekt občanské vybavenosti (bývalá budova KSČ) s plochou střechou. Dále je dotována dešťovou vodou z parkoviště nacházejícího se západně od tohoto objektu a z parkoviště, které je umístěno severním směrem od objektu. Z těchto parkovišť a budovy je dešťová voda pomocí spádu a sorpčních vpustí sváděna do nově navržené dešťové kanalizace. Kanalizací je voda vedena do odlehčovací komory, která umístěna před retenční nádrží z důvodu možného přeplnění. Pro tento případ je zde umístěna odbočka kanalizace s napojením do stávající dešťové kanalizace. Objekt odlehčovací komory je řešen jako podzemní, tak aby pohledově nenarušoval exteriér. Z odlehčovací komory jsou dešťové vody dále vedeny přes filtrační jednotku do samotné retenční nádrže. Při nežádoucím přeplnění nádrže je v nádrži umístěn havarijný přepad do nově navržené kanalizační přípojky, která je svedena do stávající dešťové kanalizace. Celkem je do nádrže svedena voda z plochy 4 674 m<sup>2</sup>, což je 2 524 m<sup>3</sup> za rok.

Obr. 42: Plocha pro umístění retenční nádrží (vlevo RN1, vpravo RN2)



(zdroj: Autor)

#### Retenční nádrž č. 2

Retenční nádrž je umístěna mezi budovou Central Most a budovou městského divadla. Nádrž je dotována dešťovou vodou z objektu č. 9 – Komerční banka, který má plochu 1 961 m<sup>2</sup>. Dešťové vody ze střechy objektu jsou navrženou dešťovou kanalizací svedeny jako v předešlém případě do odlehčovací komory a přes filtrační zařízení do nádrže. Celkem do nádrže oteče 1 059 m<sup>3</sup> dešťových vod ročně.

### Retenční nádrž č. 3

Jde o nádrž umístěnou u budovy kulturního domu Repre. Tato nádrž je dotována dešťovou vodou z okolních zpevněných ploch a vodou ze střechy kulturního domu. Přívod dešťových vod do nádrže je řešen stejně jako u předchozích dvou nádrží.

Okolí retenčních nádrží č. 1 a 2 bude osázeno vhodnou vegetací, případně může být osázena sama nádrž. U nádrží budou umístěny lavičky a veřejné osvětlení.

Pro umístění retenčních nádrží ve volném terénu je třeba zpracovat hydrogeologické posouzení lokality. Na většině území města se nachází jílové podloží, tudíž je možné využít stávající podloží jako vhodné těsnění retenčních nádrží, tím vznikne úspora nákladů na jejich utěsnění. V místě zamýšlené stavby retenčních nádrží bude nutné zaměřit stávající inženýrské sítě, na jehož základě bude upřesněno umístění nádrží. Možné je i přeložení těchto inženýrských sítí.

### 7.1.4 Recyklace dešťových vod

Využití dešťových vod v podnicích a domácnostech není v řešeném území navrženo. Opatření pro recyklaci dešťových vod např. pro splachování toalet by vyžadovalo značné stavební úpravy objektů, což by bylo ekonomicky velmi náročné. Je navržena podzemní retenční nádrž pro zálivku okrasné zeleně v centru města.

#### Objekt č. 11 – Městské divadlo

Jelikož je objekt městského divadla architektonicky významný, není vhodné ho zatížit úpravami, které by se dotkly vnějších částí objektu, viz obrázek č. 39. Celková plocha střechy objektu činí 3 128 m<sup>2</sup>. Z toho důvodu je navrženo svádění dešťových vod ze střechy tohoto objektu pomocí stávajících okapových svodů a částí nové navržené dešťové kanalizace do podzemní akumulární nádrže. Vody přiváděné do akumulární nádrže mohou být čištěny již filtračními zařízeními umístěnými v okapových svodech, nebo filtrační jednotkou umístěnou před samotnou nádrží. V akumulární nádrži bude umístěn přepad s odvodem vod do stávající dešťové kanalizace. Tato nádrž bude využita k zálivce okrasné vegetace na 1. náměstí, vegetace u samotného divadla a v jeho nejbližším okolí.

Obr. 43: Městské divadlo



(zdroj: Autor)

### 7.1.5 „Rain gardens“ a „bioswales“

„Rain gardens“ jsou tvořeny terénní prohlubní různý délek a šířek, dešťové vody z nich nejsou odváděny, ale zadržovány. Dešťové zahrádky jsou navrženy podél silniční komunikace v ulici Jiřího z Poděbrad, ve stávající zatravněné ploše a částečně podél silniční komunikace na třídě Budovatelů. Dešťové vody budou přes sorpční vpusti a lapače tuhých látek svedeny do stávající kanalizace, ze které budou pomocí přípojek svedeny do dešťové zahrádky. Dešťová zahrádka bude osázena vhodnou vegetací nižšího i vyššího charakteru.

„Bioswales“ čili vegetační příkopy jsou navrženy na stávajících zpevněných plochách a na stávajících parkovištích. Stávající parkoviště v centru města, zejména parkoviště za poštou a parkoviště u obchodního domu Prior jsou kapacitně naddimenzována. Z toho důvodu nebude problém využít části těchto parkovišť k umístění vegetačních příkopů. Příkopy budou tvořeny drenážní vrstvou, zeminou a vhodnou vegetací. Hranici mezi příkopem a zpevněnou plochou budou tvořit obrubníky s drážkami pro přívod dešťových vod. Tyto obrubníky mohou být v rámci opatření použity i na stávajících zelených plochách např. na parkovišti u městského divadla.

Obr. č. 44: Plochy parkoviště, kde budou umístěny „Bioswales“



(zdroj: Autor)

### 7.1.6 Plochy vysoké zeleně

V zájmovém území se poměrně hojně nacházejí zatravněné plochy, zejména podél východní strany tohoto území. Na těchto plochách se sporadicky vyskytuje vysoká zeleň v podobě dřevin. V situačním výkresu jsou nově navrženy plochy vhodné pro osázení vysokou vegetací. Jedná se o plochy za městským divadlem, za budovou KSČ, za budovou hotelu Cascade, v atriu finančního úřadu a před budovou pošty. Na základě botanického posouzení budou vybrány vhodné dřeviny. Vysoká zeleň je nově navržena na ploše cca 6 550 m<sup>2</sup>.

Obr. č. 45: Stávající plochy vysoké zeleně v zájmové území



(zdroj: Autor)

## 7.2 Zhodnocení navržených opatření

Se zvyšující se zástavbou se stále výrazněji projevují negativní důsledky nekoncepčnosti některých rozhodnutí z minulosti a zastaralost dosavadních systémů při odvodňování území. Urbanizace území velmi zásadním způsobem mění odtokové poměry srážkových vod v povodí. Zastavěnost území zvyšuje množství zpevněných ploch a dešťové vody z těchto ploch rychle odtékají do recipientů. Tím se při deštích zrychluje odtok vody z území a doba odtoku se zkrátí. V některých oblastech dochází k povodňovým stavům a zvyšuje se potencionální ohrožení půdy vodní erozí. Současně se vody nestačí vsáknou do podloží, což způsobuje pokles vodnosti ve vodních tocích a snížení hladiny podzemních vod. Tuto problematiku umocňuje odkanalizování území jednotnou kanalizační soustavou, a tím zbavení území přirozených odtokových poměrů.

Úsilí uchránit recipienty před znečištěním ze zastavěného území vedlo k takovým návrhům, že koryta recipientů ve městech byla upravena např. napřímena, zpevněna, rozšířena nebo zatrubněna. To nahradilo přirozený pohyb vody v městském prostředí řízeným odtokem vody co nejrychleji pryč z území do recipientu. Bylo zcela vyloučeno přirozené vsakování vody a hladké zpevněné povrchy několikanásobně



zrychlili odtok vody. Problém nastává při přívalových deštích, kdy je voda odvedena do městských recipientů, které musí být pro takový nápor vody uměle rozšířeny a po velkou část roku tak zůstávají bez vody. Takto upravená koryta toků nesplňují kritéria ekologů a základní podmínky života některých organismů a rostlin.

Návrhem vhodných opatření na území města Mostu lze přímo v místě dopadu srážek nebo v jeho těsné blízkosti zadržet poměrně velké množství dešťových vod. Celkový objem dešťových vod, který je, z řešeného území odveden je 84 540 m<sup>3</sup> za rok.

Pokud vezmeme v úvahu skutečnost, že podle Hlavínka (2007) zelené střechy zadrží 50 - 70 % dešťových vod, lze tedy předpokládat, že zelené střechy zadrží 11 815 - 16 541 m<sup>3</sup> ročně. Když k tomu přičteme, kolik dešťových vod zadrží ostatní navržená opatření, což je zhruba 14 966 m<sup>3</sup>/rok, je celkový objem dešťových vod zadržovaných v území 31 507 m<sup>3</sup>/ročně, což je cca 37 % z celkového objemu který je, z řešeného území v současné době odveden do kanalizace.

Obr. č. 46: Předpokládané množství zadržovaných dešťových vod

<b>Předpokládané množství zadržovaných dešťových vod</b>		
<b>Navržené opatření</b>	<b>km<sup>2</sup></b>	<b>m<sup>3</sup>/rok</b>
Střešní zeleň	0,044	16 541
Bioswales, Rain gardens	0,006	3 600
Vysoká zeleň	0,007	3 570
Retence, akumulace	0,008	7 796
<b>Celkem</b>	<b>0,065</b>	<b>31 507</b>

(zdroj: Autor)

Stávající čistírna odpadních vod má sice dostatečnou kapacitu pro čištění splaškových vod ze zájmového území města Mostu, nicméně přítok dešťových vod je třeba minimalizovat s ohledem na její správnou funkci. Možného zlepšení lze docílit místními opatřeními s důrazem na alternativní způsoby nakládání s dešťovými vodami. Realizací navržených opatření zapříčiní úbytek množství dešťových vod přitékajících na čistírnu odpadních vod.

Z hlediska znečištění recipientu při přívalových deštích, lze očekávat snížení množství vod přitékajících do odlehčovacích komor na řece Bílině. Je třeba co nejvíce zabránit vnosu znečištění do odlehčovacích komor, z nich jsou nepřečištěné vody odvedeny do recipientu. Problematiku odlehčovacích komor je třeba posuzovat komplexně. Snížením množství dešťových vod odváděných do kanalizace, tak snížíme znečištění recipientu.

Již Horký v roce 1976 kladl důraz na problém uplatnění zeleně a vody v severočeských městech. Zejména navrhoval řešit problematiku soustavy ploch a prvků přírodního charakteru ve městech a jejich příměstské krajině se záměrným a vzájemně se doplňujícím uplatněním zeleně, vody a terénu. Velmi významnou úlohu kladl právě vysoké vzrostlé zeleni, jako udržované parky, lesoparky, městskou zeleň, ale i neudržované či málo udržované plochy vysoké vzrostlé zeleně. Ty mohou

po odborné rekonstrukci těchto ploch okamžitě a v dobré míře plnit všechny funkce (estetické, bioklimatické, hygienické, rekreační aj.).

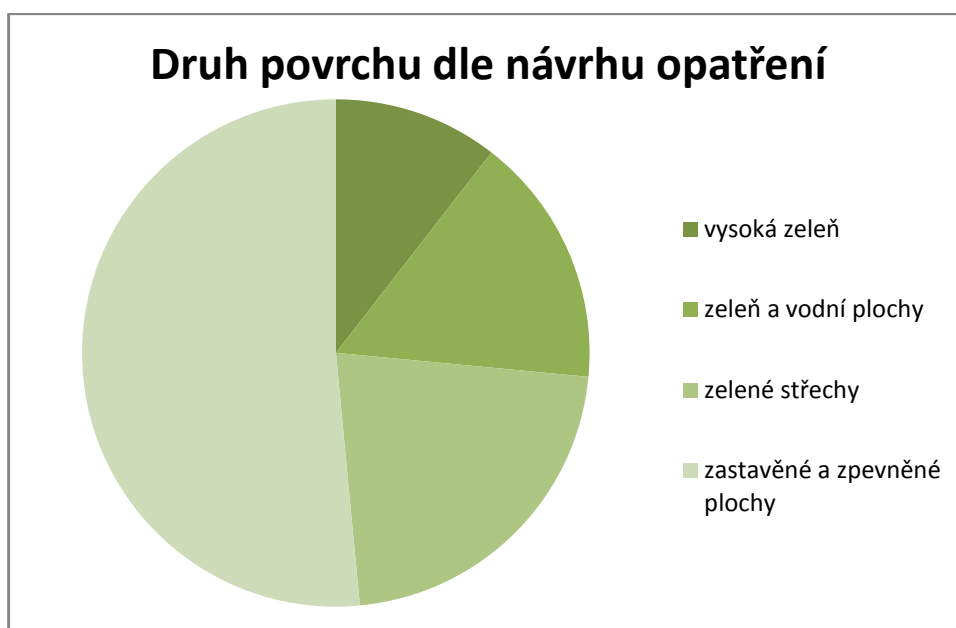
V řešeném území se nachází 1,4 ha vysoké zeleně, když se tato plocha přičte k ploše navržené vysoké zeleně na 0,7 ha, bude v území tvořit plochu 2,1 ha. K těmto plochám můžeme přičíst plochy stávající zeleně 3,2 ha a plochy zelených střech 4,4 ha. V centrální části města vzniknou zelené plochy v rozsahu 9,7 ha, což je téměř ½ rozsahu zájmového území. To zapříčiní změnu mikroklimatu v zájmovém území, zejména snížení teploty během slunných dní, zvýšení vlhkosti a celkově zlepšení kvality vzduchu. Dřeviny a rostliny částečně znaví ovzduší škodlivých plynů, pachů a mikroorganismů.

Obr. č. 47: Plochy povrchů dle návrhu opatření

Plochy dle návrhu opatření	
druh povrchu	km <sup>2</sup>
vysoká zeleň	0,021
Zeleň a vodní plochy	0,032
zelené střechy	0,044
zastavěné a zpevněné plochy	0,103
<b>Celkem</b>	<b>0,2</b>

(zdroj: Autor)

Obr. č. 48: Druhy povrchu dle návrhu opatření



(zdroj: Autor)

Je evidentní, že zeleň a voda v krajině působí na fyzickou stránku člověka např. snižováním prašnosti v prostředí, tak i na psychickou stránku např. potlačení stresu a úzkosti. To vše umocňuje fakt, že zeleň v prostředí působí harmonicky a vytváří pobytovou pohodu.

### 7.2.1 SWOD analýza

Pro záměry návrhu slouží SWOT analýza, která obsahuje závěry vyplývající z předchozích kapitol. SWOT analýza klade důraz na charakterizování důležitých rysů řešeného území. Jsou zde shrnuty podstatné informace získané analýzami území a terénním průzkumem.

Uvádí silné a slabé stránky, které představují vnitřní podmínky rozvoje zájmového území, jež lze ovlivnit. Neovlivitelnými podmínkami zájmového území jsou příležitosti a ohrožení, které jsou okolnostmi vnějšími. Jedná se o vlivy povědomé nebo očekávané. SWOD analýza je rozdělena do dvou částí, a to na analýzu stávajícího stavu a analýzu návrhových opatření.

STÁVAJÍCÍ STAV	NAVRŽENÁ OPATŘENÍ
<b>Silné stránky</b>	
Vysoký podíl zelených ploch	Zlepšení městského mikroklimatu
Existence vzrostlých stromů	Odlehčení ČOV
Pozemky ve vlastnictví obce	Zlepšení kvality vody v recipientu
Rozsáhlá síť technické infrastruktury	Zvýšení estetické hodnoty prostředí
Částečná existence dešťové kanalizace	Využití stávající dešťové kanalizace
<b>Slabé stránky</b>	
Zrušení vodních ploch ve městě	Ekonomická náročnost
Trend rozšiřování zpevněných ploch	Vysoké nároky na údržbu
Existence Brownfields	Zaústění dešťových stok do jednotné kanalizace
Znečištění recipientu	
Znečištěné ovzduší	
<b>Příležitosti</b>	
Možnost čerpání z dotačních programů	Možnost čerpání z dotačních programů
Ekologické vzdělávání obyvatel	Rekonstrukce kanalizačního systému
<b>Hrozby</b>	
Havárie chemických a výrobních provozů ohrožující životní prostředí	Vandalismus obyvatel

### 7.3 Konkrétní případy účinné recyklace dešťových vod ve městech

Jedním z funkčních příkladů hospodaření s dešťovou vodou je projekt „Star City Soul“ profesora Mooyoung Han, předsedy světové organizace International Water Association's (IWA's). Projekt byl realizován na ploše o rozloze 6,25 ha. Na této ploše jsou umístěny obchodní domy a apartmány poskytující ubytování pro 5 000 lidí. Převážná část střešních ploch je ozeleněna a využita jako květinová a zeleninová zahrada. Stěžejním řešením je zadržení, využití a řízení odtoku dešťové vody, z důvodu přetížení místní kanalizace při přívalových srážkách. To snižuje riziko záplav v přilehlých oblastech. Stavba začala v roce 2003 a ukončena byla v roce 2007 (Seoul's Star City, 2008a).

Obr. č. 49: Letecký snímek Star City Soulu, 4 bytové věže po dokončení v roce 2007

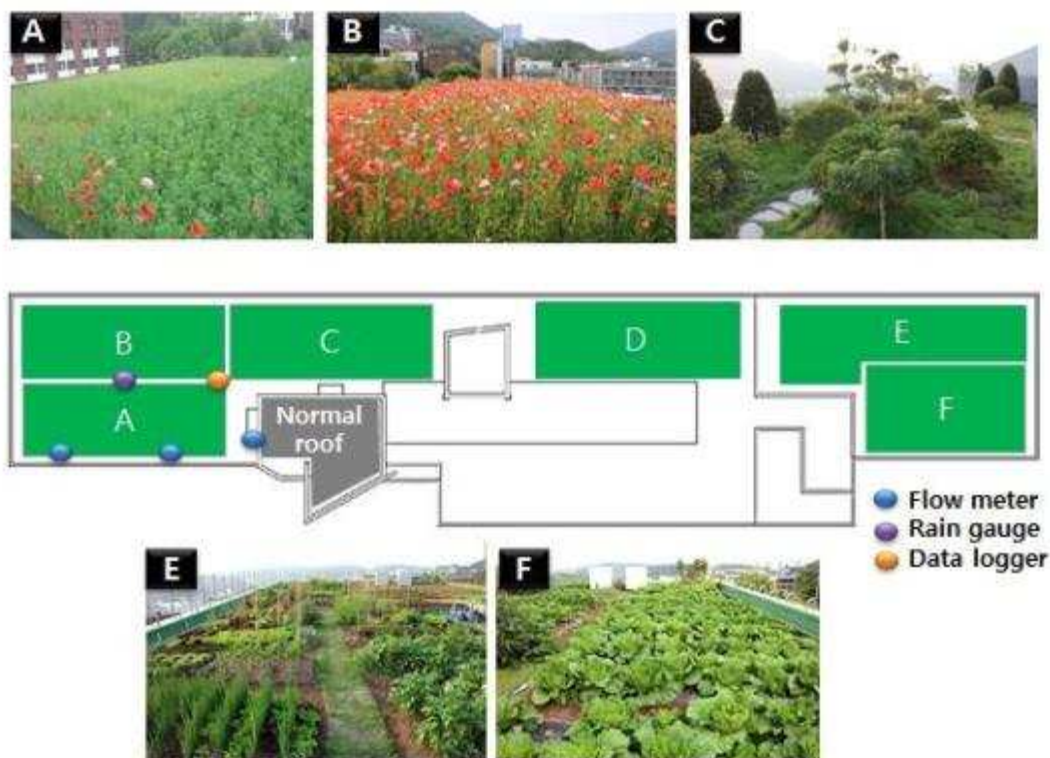


(zdroj: Seoul's Star City, 2008)

V projektu „Star City Soul“ jsou umístěny tři akumulční nádrže, každá s kapacitou 1 000 m<sup>3</sup>. První nádrž je určena k zachycení dešťových vod při přívalových deštích. Po skončení deště je postupným odtokem vyprázdněna do kanalizace, obvykle je však využita k zavlažování zelených ploch. Druhá nádrž shromažďuje vody ze zelených střech, které se přes drenážní vrstvu skladby střešních konstrukcí čistí a slouží ke splachování toalet v komplexu, zavlažování zeleně a čištění veřejných ploch. Třetí nádrž slouží pro případ mimořádných událostí např. požáru. V průměru je měsíčně využito 40 000 m<sup>3</sup> dešťových vod, což je 67 % v místě spadlých srážek. Obyvatelé komplexu vítají sníženou sazbu za vodu a sousedé snížení rizika povodní. Výzkumem bylo prokázáno, že povrch zelených střech má za horkého počasí až o 27° nižší teplotu než obyčejné střechy, to vede k ochlazení střech v nejvyšších patrech budovy a snížení tepelných ostrovů. Projekt je politickým vedením Soulu

vřele vítán a je prezentován jako odrazový můstek pro podobné projekty v Koreji (Star City, Seoular, 2009).

Obr. č. 50: Systém zelených střech „Star City Soul“



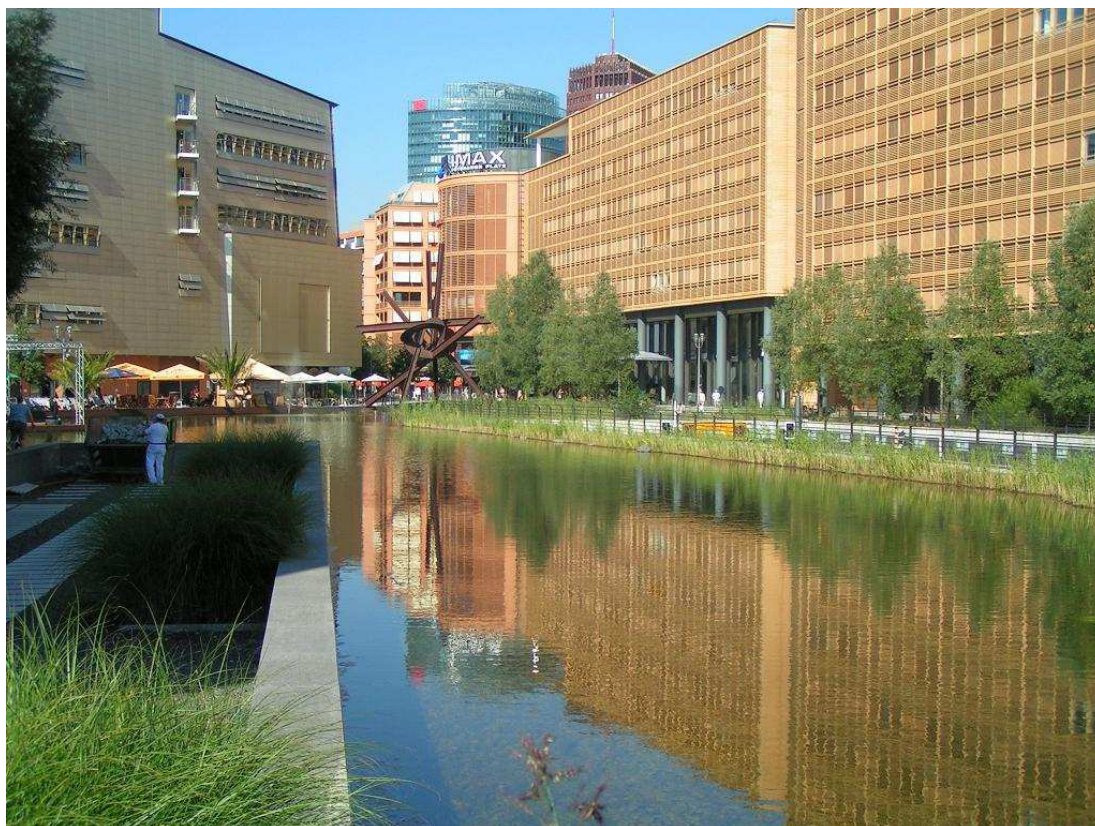
(zdroj: Star City, Seoular, 2009)

Boj proti tepelným ostrovům a špatné kvalitě ovzduší je v současnosti řešenou problematikou ve Stuttgartu v Německu. Poloha Stuttgartu v kotlině se špatným prouděním vzduchu a okolní průmyslovou činností zhoršuje kvalitu a čistotu vzduchu. Díky těmto faktorům dochází ve městě k tepelnému ostrovnímu efektu, což má změnit projekt zelených provzdušňujících koridorů (Kazmierczak, 2010).

Technická universita Berlín, Institut pro architekturu, představila projekt Marco Schmidta na Postdam Platz Berlín v Německu. Projekt je součástí celkové koncepce udržitelného managementu řízení dešťových vod a byl uveden do provozu v roce 2000. Cílem byla redukce přetížení kanalizačního systému při přívalových deštích. Hlavním systémem projektu je kombinace zelených střech, svodů dešťových vod a městské jezera o objemu 12 000 m<sup>3</sup>. Kombinace těchto opatření zadrží dešťovou vodu o objemu 46 000 m<sup>3</sup> ze 17ti budov. Voda v městském jezeře nepřetržitě cirkuluje, což zamezuje růstu řas a je čištěna přes šterkové filtry. Koncept Postdam Platz je založen na novém přístupu udržitelného hospodaření s vodou. Namísto odtoku dešťových vod do kanalizace je voda využita pro odpařování a splachování toalet. Odpařování vody vede ke snížení tepelných ostrovů a celkovému ochlazení městského prostředí. Nehnojené zelené střechy odpaří až 70 % z ročních srážek. Zelené střechy a městská jezera slouží jako chladicí systémy

a čističe vzduchu, a kompenzují vliv urbanizace na koloběh vody v krajině (Schmidt, 2015).

Obr. č. 51: Městské jezero a zeleň na Potsdam Platz



(zdroj: Schmidt, 2015)

## 8 Diskuze

### 8.1 Vyhodnocení stávajícího stavu

Město Most bylo nově postaveno v 60 letech 20. století tzv. na zelené louce. Stavitelé tehdy měli „neomezené“ možnosti, jak navrhnout dispozice města, vzhled, inženýrské sítě aj. Vzhledově město odpovídá architektonickým představám tehdejší doby. Co se však projektantům a stavebním inženýrům nedá vytknout, je dostatek zelených ploch a s nimi související vegetace. V době rozvoje bylo ve městě umístěno značné množství vodních nádrží a fontán, lze předpokládat, že tyto fontány sloužili jako lapače prachu a zvlhčovače městského prostředí z důvodu vysoké prachové zátěže vzniklé činností nedalekých hnědouhelných dolů. V rámci sběru informací pro popis území však nebyly nalezeny konkrétní dokumenty, které by tuto domněnku potvrdily.

S rozšířením automobilismu obyvatel přicházely problémy s nedostatečnou kapacitou parkovacích stání. Postupně byly zelené plochy ukrajevány a zpevňovány

pro odstavení automobilů. Tento trend zpevňování a rozšiřování parkovišť se prakticky děje dodnes a zůstává otázkou, zda se někdy zastaví. Lze předpokládat, že v blízké budoucnosti se tak nestane, tomu dopovídá slib politických zástupců města o zvyšování parkovací kapacity ve městě.

Nárůst zpevněných ploch však souvisí otázkou kam s dešťovými vodami? Do teď byly plochy zelené a voda se tak mohla zasakovat v místě spadu. Pro projektanty se nabízí možnost dešťové vody odvést dešťovou kanalizací, která má ve městě poměrně rozsáhlou síť. V posledních letech však správci dešťové kanalizace toto řešení zamítají s odvoláním na přetížení kanalizace a kapacitu čistírny odpadních vod. V souvislosti s tím byl vydán Generel kanalizace města Mostu, ve kterém je síť kanalizace zmapována a jsou navržena doporučení pro nakládání s dešťovými vodami.

Tato problematika byla hlavním podnětem ke zpracování diplomové práce. Dalším podnětem jsou špatné mikroklimatické podmínky ve městě, zejména v letním období, znečištění řeky Bíliny, znečištěné ovzduší a celkové neudržitelné hospodaření s dešťovými vodami.

## 8.2 Teoretická část

Na základě odborné literatury byla zpracována literární rešerše, ve které je kladen důraz na koloběh vody v přírodě, úlohu rostlin v oběhu vody a při přeměně sluneční energie. Z této literární rešerše mimo jiné vyplynula skutečnost, že rostliny a voda v krajině mají významný vliv na mikroklimatické podmínky prostředí, v němž se nacházejí. Na základě obrázku č. 3 je zcela zřejmé, že vegetace aktivně ochlazuje okolní prostředí. Neméně podstatné jsou další funkce zeleně, jako hygienická, estetická, psychologická, ekologická, půdoochranná aj. Tyto funkce zeleně jsou v urbanizovaném území podstatné, jelikož ovlivňují životní podmínky ve městech a přímo působí na jejich obyvatele.

Pro lepší představu o vlivu lidstva na přetváření krajinného prostředí je v literární rešerši věnována kapitola „vliv člověka na oběh vody v krajině“. Toto ovlivnění krajiny a především urbanizace území, přináší pro člověka řadu nepříjemných událostí. Člověkem ovlivněná krajina není v dostatečné míře schopna reagovat na extrémní hydrologické jevy, jako jsou např. přívalové srážky. Pozitivním zjištěním však je, že člověk může v krajině vytvořit jí přirozená opatření a tím minimalizovat dopady těchto jevů.

Další součástí literární rešerše je popis opatření a způsobů hospodaření s dešťovými vodami. V této části jsou uvedena jednotlivá opatření, jak nakládat s dešťovými vodami v urbanizovaném prostředí a způsoby jejich možného využití.

Důraz na správné hospodaření s dešťovými vodami je v českém právu legislativně zakotven ve formě zákonů, vyhlášek a norem. To znamená, že již v procesu povolování nových staveb musí být řešeno nakládání s dešťovými vodami. Stěžejním

předpisem je v tomto případě vyhláška č. 501/2006 Sb. o obecných požadavcích na využívání území, v platném znění, k zákonu č. 183/2006 Sb. o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon), ta udává, že dešťové vody mají být přednostně vsakovány v místě jejich spadu. Pomůckou pro projektanty při navrhování staveb jsou normy ČSN 75 9010 Vsakovací zařízení srážkových vod a TNV 75 9011 Hospodaření se srážkovými vodami.

### 8.3 Návrhová část

Pro samotný návrh opatření byl proveden terénní průzkum území, popis zájmového území a analýza stavu recipient, současného hospodaření s dešťovými vodami, mikroklimatu a stávající zeleně. Opatření jsou navržena v centrální části města Mostu, které je z velké míry zastavěno. Je brán ohled na architektonicky významné stavby a zachování stávající zeleně. Také bylo důležité nijak neomezit obyvatel města na prostoru a pohybu po městě.

Na základě analýzy stavu hospodaření s dešťovou vodou bylo mimo jiné zjištěno, že ve městě existuje částečná soustava systému dešťové kanalizace. Bohužel tato dešťová kanalizace je nakonec napojena do systému kanalizace jednotné. Problém do soustavy stokové sítě vnáší skutečnost, že část dešťové kanalizace je v majetku Severočeských vodovodů a.s. a část vlastní město. S tím přicházejí nesrovnalosti v přesném umístění kanalizace a funkci celého systému. V neposlední řadě tato skutečnost stěžuje práci projektantů staveb a samotným organizacím. Těmto problémům by předešlo převedení vlastnictví dešťové kanalizace na jednoho vlastníka nebo minimálně jednoho správce. Nejrozumnějším řešením by bylo provést rekonstrukci systému dešťové kanalizace, tak aby vznikl oddílný kanalizační systém.

Pro celkové zlepšení kvality vody v recipientu je návrh opatření řešen pouze v malém měřítku na ploše 20 ha. Přesto by realizace návrhu odlehčila zatížení kanalizace o 31 507 m<sup>3</sup> dešťových vod ročně. V případě, že by byly dešťové vody zadrženy v místě spadu alespoň částečně, nedocházelo by při přívalových srážkách ke znečištění recipientu. Nelze však opomenout fakt, že čistírna odpadních vod je na určité množství vod již dimenzována a v případě nedostatečného přítoku by nepracovala efektivně.

Návrh opatření pro lepší hospodaření ve městě Most je ideovým návrhem nebo příkladem, že i ve stávající městské zástavbě lze provést opatření, pro zlepšení kvality života v něm. Úskalím návrhu je finanční stránka, ta z důvodu možného překročení rozsahu nebyla součástí diplomové práce. Přibližná finanční stránka návrhu opatření by mohla být srovnatelná s projektem Postdam Platz Berlín. Jelikož jde o centrum města, které má reprezentativní charakter, lze předpokládat, že toto řešení by bylo pro město přínosem z důvodu zvýšení návštěvnosti a pravděpodobné medializace v pozitivním smyslu.



Při návrhu střešní zeleně bylo počítáno s funkcí jednotlivých objektů. Intenzivní střešní zeleň byla navržena na objektech, na kterých jsou střechy dobře přístupné ze samotné budovy. To je důležité pro samotný pohyb osob, který je v tomto případě žádoucí. Intenzivní střešní zahrady zahrnují mimo vegetace i prvky jako lavičky, chodníky, zelené pergoly a byly navrženy na objektech městského úřadu a hotelu Cascade, kde celkově rozšíří obytný prostor a vytvoří místo odpočinku pro občany, hosty a zaměstnance.

Všechna opatření jsou navržena s důrazem na jejich funkčnost a praktičnost. V popisu návrhu jsou uvedeny pouze nejdůležitější údaje o jednotlivých opatřeních, technické detaily nebyly řešeny. Dalším sympatickým důkazem je estetičnost opatření v podobě výsadby stromů, okrasných keřů, květin a umístění vodních nádrží s doprovodnou vegetací.

Samotným umístěním zeleně do takto zastavěného území a rozšířením vegetace vzniknou zelené plochy v rozsahu 9,7 ha. To pozitivně ovlivní mikroklimatické podmínky centra města. Nemalý význam má i stávající vegetace v podobě vzrostlých stromů. Mimo jiné má vegetace a navržená opatření zadržující vodu nemalý vliv na kvalitu vodního režimu ve městě. Funkčnost opatření lze ověřit na již realizovaných projektech (např. Soul). Příjemné mikroklimatické podmínky a dostatek zeleně budou pozitivně působit na lidskou psychiku a zdravý obyvatel města, kteří jsou léta ohrožováni nevyhovujícím životním prostředím a špatnými sociálněekonomickými podmínkami.

V případě, že by město Most mělo zájem realizovat navržená opatření, lze pokládat za výhodu stávající částečnou dešťovou kanalizaci, tím by se ušetřily náklady na stavbu přípojek dešťové kanalizace z důvodu umístění přeпадů dešťových vod z navržených objektů. Vcelku nekomplikovaná na realizaci, jsou opatření v podobě retenčních a akumulčních nádrží, „Bioswales“, „Rain gardens“. Výsadbu vysoké zeleně lze zhodnotit jako nejméně obtížné řešení. Naopak jako náročné na realizaci, lze vnímat ozelenění střešních konstrukcí. Problémem je, že opatření jsou navržena na stávajících střeších budov, které při návrhu a realizaci nebyly dimenzovány na dodatečné zařízení v podobě přidané zátěže. To by se dalo řešit v podobě zvýšení únosnosti střešních konstrukcí, avšak bylo by nutné počítat se značně vysokými náklady.

Zástupcům města lze doporučit návštěvu nedalekého Berlína, kde je již podobný systém opatření realizován - Postdam Platz. Tím by si mohli utvořit představu o tom, jak elegantně lze proměnit silně urbanizované území v městskou oázu plnou vody a zeleně.

## 9 Závěr

Podkladem pro analytickou a návrhovou část diplomové práce byla literární rešerše, která osvětluje problematiku hospodaření s dešťovými vodami v urbanizovaných územích a městského mikroklimatu. Podstatné bylo pochopení důležitosti existence vody a zeleně v krajině. Člověk však dlouho opomíjel tyto funkce zdravé krajiny respektovat, a tím způsobil koloběh negativních hydrologických jevů např. v podobě povodní nebo dlouhých období sucha. Pozitivním zjištěním je skutečnost, že současný stav městské krajiny, lze pomocí vody a zeleně alespoň z malé části přiblížit přírodě blízkým podmínkám. Tato snaha o zlepšení situace vedla k vytvoření návrhu opatření k hospodárnému nakládání s dešťovými vodami na území o rozloze 20 ha v centrální části statutárního města Most.

Vytvořené analýzy vedly k ucelení informací o zájmové území, zejména o stávajícím stavu recipientu, mikroklimatu, stokové sítě, městské zeleně a současného způsobu nakládání s dešťovou vodou. Důležitým výstupem z analýz bylo zjištění, že ve městě je částečný systém dešťové kanalizace a město disponuje značným množstvím zelených ploch a vzrostlé zeleně. Silné znečištění recipientu a přetížené kanalizace však vyžadují konkrétní řešení.

Návrh udržitelného hospodaření s dešťovými vodami vychází zejména ze znalosti zájmového území. Navržená opatření v podobě zelených střech, retenčních a akumulčních nádrží, „Rain gardens“, „Bioswales“ a výsadby zeleně, vedou ke snížení množství dešťových vod odváděných do kanalizace. To odlehčí stávajícímu zatížení kanalizace a nebude docházet k tak rozsáhlému znečištění recipientu.

Působením slunečního záření a hlavně velké míry zastavěnosti ploch, ve městě panují velmi vysoké teploty, které ve stínu dosahují až k 41°C, to je pro organismus člověka velkou zátěží. Nepřílepsi tomu ani fakt, že ve městě je až 50x ročně překročen imisní limit povolené koncentrace prachových částic. Když vezmeme v úvahu, že zeleň a voda v krajině snižují teploty svého okolí, snižují prašnost v prostředí, zbavují ovzduší škodlivých plynů, zvyšují vlhkost aj. Lze předpokládat, že městské mikroklimatické podmínky se vlivem opatření, která předkládá návrhová část práce, částečně vylepší. Oproti 1/3 zelených ploch v současnosti, bude nyní navržená vegetace v centru tvořit zhruba 1/2 všech ploch, což je ve velké míře zastavěnosti poměrně značná část.

Na Zemi již bylo provedeno mnoho projektů, na kterých lze ověřit funkčnost systémů pro hospodaření s dešťovými vodami. Vzájemným vztahem člověka, vody a zeleně lze vytvořit dokonale funkční systém, který lze aplikovat i v těch nejzastavěnějších oblastech. Tím člověk v boji za zdravým životním stylem uleví nejen sobě samému, ale především přírodě, a to tím že částečně obnoví přirozené funkce krajiny.

## 10 Přehled literatury a použitých zdrojů

ANDĚL J., 2000: Geografie Ústeckého kraje. Univerzita Jana Evangelisty Purkyně v Ústí nad Labem, Pedagogická fakulta, ISBN 80-7044320-0.

Asociace čistírenských expertů České republiky, 2007: Podklad pro koncepci nakládání s dešťovými vodami v urbanizovaných územích. Ministerstvo zemědělství, Odbor vodohospodářské politiky, Praha.

BRABEC E., 2013: Urban environments: the role of Green Infrastructure in the Urban System.

BULÍŘ P., ŠKORPÍK M., 1987: Rozptýlená zeleň v krajině, O.P. Sempra - Výzkumný a šlechtitelský ústav okrasného zahradnictví v Průhonicích, Praha, 112 s.

BÖSE K.H., 1991: Dešťová voda pro dům a zahradu, Praha. ISBN 80-03-00322-9, 105 s.

DIVIŠOVÁ M., 2014: Územně analytické podklady ORP Most 3. úplná aktualizace 2014, Odbor rozvoje a dotací Magistrátu města Mostu, Most, 192 s.

Ekologické centrum pro Krušnohoří, 2014: Vyhodnocení imisní situace v Mostě za rok 2013, Výzkumný ústav hnědého uhlí a.s.

WASSER SPIEGEL, 2009: StRainwater Harvest System – Star City. 2 – 4 s.

GARTLAND L., 2008: Heat islands – Understanding and mitigating heat in urban areas. Earthscan, London, 192 s.

Generel odkanalizování lokality Most, 2012:, Odbor rozvoje a koncepce, Severočeská vodárenská společnost a.s., DHI a.s. Praha

GLYNWED s.r.o., 2009: Hospodaření s dešťovou vodou, katalog, Vestec u Prahy

HEISINGOVÁ M. R., BÍN J., BYLINOVÁ A., 2014: Hospodaření s dešťovými vodami v urbanizovaném území, Vzdělávání k rozvoji environmentálně vyspělých staveb, Modul 2 – environmentální aspekty udržitelného stavění.

HENGEVELD H., DE VOCHT C., 1982: Role of water in urban ecology. Elsevier, Amsterdam, 362 s.

HLAVÍNEK P., 2007: Hospodaření s dešťovými vodami v urbanizovaném území. Ardec, Brno, 164 s.

HORKÝ J., 1976: Ochrana a tvorba krajiny v Severočeské průmyslové aglomeraci, konference květen 1976, Krajinářské řešení Bíliny, Duchcova a Teplic, 187 s.

HURNÍK S., 2001: Zavátá minulost Mostecka, Sborník okresního muzea v Mostě, ISSN 0231-7656.

HURYCH V., 2011: Význam zeleně pro člověka. Tvorba zeleně sadovnictví, krajinářství. VOŠZa a SZaŠ Mělník, 17-18.

HUTJES R.W.A., KABAT P., RUNNING S.W., 1998: Biospheric Aspects of the Hydrological Cycle. Journal of Hydrology. Vol. 212-213, 1-21 s.

JEBAVÝ M., 2008: Systémy sídelní zeleně I. ČZU, Praha

KALISZUK E., PAULEIT S., 2005: Climate and green structure planning. In: COST Action C11 - Green structure and urban planning. Office for official Publications of the European Communities, Luxembourg, 149 - 153 s.

Kazmierczak A., Carter, J., 2010: Adaptation to climate change using green and blue infrastructure. A database of case studies.

KENDER J., 2000: Teoretické a praktické aspekty ekologie krajiny, MŽP ve spolupráci s ENIGMA, s.r.o. Praha. 220 s.

KLECZEK J., 2011: Voda ve vesmíru, na Zemi v životě a kultuře. Radioservis Praha, 429 – 433 s.

HENDRICH J., ŠTĚPÁNKOVÁ V., KASTNER V., SMÉKAL J., LEVIC V., FOŘT M., RŮŽIČKA S., LESÁK J., PTÁČEK O., 1967: Koncepce rozvoje dvojměstí Most, Litvínov.

KOPP G., LAWRENCE G., ROTTMAN G., 2005: The total irradiance monitor (TIM): science results. Solar Physics, Vol. 230, No. 1, 19–140 s.

KRAVČÍK M., KOHUTIAR J., KOVÁČ M., VARGA P., PJECHA M., HRONSKÝ J., STRAKA P., ORAVCOVÁ M., KRAVČÍKOVÁ D., 2010: Voda bez hraníc - Vodou ku klimatickej stabilite regiónov, ISBN: 978-80-89098-96-3, 231 s.

KRAVČÍK M., POKORNÝ J., KOHUTIAR J., KOVÁČ M., TÓTH E., 2007: Voda pre ozdravenie klímy – Nová vodná paradigma, ISBN 278-80-969766-5-2, 93 s.

MAREČEK J., 2004: Zeleň ve venkovských sídlech a v jejich krajinném prostředí. Katedra zahradnictví, Praha - Suchdol, 130 s.

MIKKELSEN P. S., 2004: Retrofitting urban drainage systems using best stormwater management practises – some Scandinavian experiences. In: Enhancing urban environment by environmental upgrading and restoration. Kluwer academic publishers, Netherlands.

NOVÁK J., 2003: Příručka provozovatele stokové sítě. Praha.

NERUDA M., 2008: Vodní režim krajiny v severních Čechách, Revitalizace antropogenně postižení krajiny v Podkrušnohoří I. část, Fakulta životního prostředí UJEP Ústí nad Labem, ISBN 978-80-7414-019-8.

OLŽBUT A., 2002: Statutární město Most – územní plán města, urbanistický ateliér Ústí nad Labem, textová část, 202 s.

PECHAROVÁ E., SVOBODA I., VRBOVÁ M., 2011: Obnova jezerní krajiny pod Krušnými horami, ISBN 978-80-87154-35-9.

PERKINS S., 2004: Paved paradise? Impervious surfaces affect a region's hydrology, ecosystems - even its climate. *Science News*. Vol. 166, No. 5, 152 s.

POKORNÝ J., 2014: Hospodaření s vodou v krajině – funkce ekosystémů, UJEP FŽP Ústí nad Labem, ISBN 978-80-7414-885-9, 103 s.

POKORNÝ J., BROM J., ČERMÁK J., HESSLEROVÁ P., HURYNA H., NADEZHDINA N., REJŠKOVÁ A., 2010a: Solar energy dissipation and temperature control by water and plants. *International Journal of Water*. Vol. 5, No. 4, 311-336 s.

POKORNÝ J., KVĚT, J., REJŠKOVÁ, A., BROM, J., 2010b: Wetlands as energy-dissipating systems. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*. Vol. 37, No. 12, 1299–1305 s.

POKORNÝ J., 2011: Co dokáže strom. In: KLECZEK J., 2011: Voda ve vesmíru, na Zemi v životě a kultuře. Vydal Radioservis Praha, 429 – 433 s.

PROŠEK P., REIN F., 1982: Mikroklimatologie a mezní vrstva atmosféry. 1. vyd. Praha: SPN, 237 s.

RIPL W., POKORNÝ J., EISELTOVÁ M., RIDGILL S., 1996: Holistický přístup ke struktuře a funkci mokřadů a jejich degradaci. *Obnova jezerních ekosystémů-holistický přístup*. *Wetlands International publ. č. 32*. 16-35 s.

SHANZE J., 2003: Sustainable Development of European Landscapes as a Multidimensional Environmental and Societa Issue. – in.: Helming, K. *Sustainable Development of Multifunctional Landscapes*. Heidelberg. Springer-Verlag. 19-39 s.

SCHNIDT M., 2015: Evaporation - a new water paradigm in local rainwater management for climate change adaptation and mitigation: example constructed wetland at Potsdamer Platz, Berlin, In: Vymazal J., (ed.), 2015: 9th International Workshop on Nutrient Cycling and Retention in Natural and Constructed Wetlands, Třeboň, Czech Republic, ENKI, Vymazal. 71 – 73 s.

SLAVÍK L., NERUDA M., 2007: Voda v krajině, Univerzita Jana Evangelisty Purkyně v Ústí nad Labem, Fakulta životního prostředí, Ústí nad Labem, ISBN: 978-80-7044-882-3.

ŠILAR J., 1996, Hydrologie a ochrana vod, skripta FŽP UJEP Ústí nad Labem.

SKLENIČKA P., 2003: Základy krajinného plánování. Naděžda Skleničková, Praha, 321 s.

STRÁNSKÝ D., KABELKOVÁ I., BAREŠ V., 2012: Nové normy v oboru hospodaření se srážkovými vodami. In: *Městské vody*, Sborník přednášek konference s mezinárodní účastí. ARDEC s.r.o., Brno.

SUCHARA I., 2012: Hlavní ekologické charakteristiky prostředí měst a jejich ulic – stanovištní poměry pro růst dřevin. *Zahrada, park, krajina 1/2012*: 47-49 s.

SUPUKA J., FERIANCOVÁ L., 2008: Vegetačné štruktúry v sídlach. Parky a záhrady. Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Nitra 504 s.

SYNÁČKOVÁ M., 2004: Použití srážkových úhrnů. In: Aktuální problémy vodního hospodářství obcí, Sborník odborného semináře s mezinárodní účastí. VUT v Brně, Brno.

SVOBODA S., 2011: Zakládání a ošetřování objektů zeleně. In: Hurych [ed.]: Tvorba zeleně sadovnictví-krajinářství. VOŠZa a SZaŠ Mělník, 135-240 s.

ŠIMEČKOVÁ J., VEČEŘOVÁ I., 2010: Zelené střechy – naděje pro budoucnost. Svaz zakládání a údržby zeleně, Brno, 38 s.

ŠUBR J., 2000: Uplatnění zeleně ve starší obytné zástavbě – obytné vnitrobloky. In: Město, venkovský prostor a krajina, sborník mezinárodní vědecké konference. Fakulta architektury ČVUT, Praha, 90 – 97 s.

ŠÚOZ PRŮHONICE, 1990: Tvorba a údržba zeleně – extenzivní ozeleňování střech. OBIS, Praha, 34 s.

UHER M., KLEIN V., ŠÁLEK J., 2009: Zachycení, akumulace a využití dešťových vod na závlahu veřejné zeleně. In: Hospodaření s dešťovými vodami ve městech a obcích, sborník odborného semináře. Ardec, Brno: 35-42 s.

ULRICH R., 1986: Human response to vegetation and landscapes. Landscape and urban planning 13: 29-44 s.

WATER21, 2008: Seoul's Star City: rainwater harvesting benchmark for Korea, 17 – 18 s.

#### Normy a zákony

ČSN 75 9010 Vsakovací zařízení srážkových vod

ČSN 75 6101 Stokové sítě a kanalizační přípojky

TNV 75 9011 Hospodaření se srážkovými vodami

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

Zákon č. 274/2001 Sb. o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu, v platném znění.

Vyhláška č. 501/2006 Sb. o obecných požadavcích na využívání území, v platném znění.

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

### Ústní sdělení

POKORNÝ J., 2015: Zrychlený odtok vody.

Stavební úřad města Mostu, 2015: Hospodaření s dešťovými vodami ve městě.

Stavební úřad města Mostu, 2015: Revitalizace sídlištní zeleně.

### Internetové zdroje

ČHMU, 2013: Český hydrometeorologický ústav, <http://www.chmu.cz>.

Extenzivní zelené střechy: Stavebnictví – Střechy, <http://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/strechy/extenzivni-zelene-strechy>, cit. 01.04.2015.

Extenzivní zelené střechy: Stavebnictví – Střechy, <http://www.portal.cz/stavebnictvi/strechy/extenzivni-zelene-strechy>, cit. 01.04.2015.

FOLEY J.A., 2005: Global Consequences of Land Use, SCIENCE, vol 309, [www.sciencemag.org](http://www.sciencemag.org).

Mapy: <http://gislib.upol.cz/app/stepanova10/map.html>, cit. 22.03.2015.

Mapy města Most: <http://gis.mesto-most.cz/mostdominulosti/index.html>, cit. 22.03.2015.

NASA, 2011: Meteorology and Solar Energy. www: <http://eosweb.larc.nasa.gov/sse/>.

NOORDEN R., 2006: More plants make more rain, Satellite observations suggest vegetation encourages rainfall in Africa, [www.nature.com](http://www.nature.com)

Rain Gardens: stormwater, <http://extension.oregonstate.edu/stormwater/rain-gardens-0>, cit. 10.04.2015.

Meteostanice Ústí nad Labem, 2013: Teplota za měsíc červenec 2013 v Ústí nad Labem, <http://meteo.resslovaci.net/?page=about>.

Stormwater Planters: Improving Our Environment and Our Neighborhoods, <http://www.wilkeseastna.org/node/628>, cit. 01.04.2015.

Střešní zahrady: <http://www.yourgarden.cz/sluzby/stresni-zahrady/>, cit. 20.02.2015.

Střešní zahrady: Zelené bydlení střešní zahrady, Střechy, Stavebnictví, <http://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/strechy/zelene-bydleni-stresni-zahrady>, cit. 20.02.2015.

SVOBODOVÁ S., 2009: Právo. Bydlení - Zahrada. <http://www.novinky.cz/bydleni/zahrada/166840-zahrada-na-strese-nabizi-klid-zelene-oazy-i-uprostred-velkomesta.html>.

Zelené střechy: Systém Solutions, Economy Roof, <http://www.optigreen.cz/SystemSolutions/Economy-Roof.html>, cit. 10.04.2015.

## **11 Seznam příloh**

Příloha č. 1: Situace návrhu konkrétních řešení

Příloha č. 2: Situace stávajícího stavu území a kanalizace

Příloha č. 3: Situace širších vztahů

## **12 Datový nosič – CD**