

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE**  
**FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ**  
**KATEDRA VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ**  
**A ENVIROMENTÁLNÍHO MODELOVÁNÍ**

**RETENCE VODY V INTRAVILÁNU**  
**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Vedoucí práce: Ing. Aleš Balvín**

**Bakalant: Jan Vetešník**

**2010**

### **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením Ing. Aleše Balvína, a že jsem uvedl všechny literární prameny, ze kterých jsem čerpal.

V Praze dne .....

.....

### **Poděkování**

Rád bych poděkoval Ing. Aleši Balvínovi, za odbornou pomoc a vedení při zpracování mé bakalářské práce.

## **Abstrakt**

Tato bakalářská práce se zabývá retencí vody v intravilánu. Je zde popsána problematika hlavní činnosti člověka ovlivňující retenci vody v urbanizovaném území a možné návrhy na zlepšení mikroklimatu v urbanizované krajině. Velká část práce je věnována opatřením sloužícím ke snížení a zachycení odtoku dešťových vod. Literární rešerší je zde popsána retence dešťových vod pomocí ochranných retenčních nádrží a decentralizovaná retence dešťových vod (na jednotlivých nemovitostech).

## **Klíčová slova**

urbanizovaná krajina, vsakování, dešťové srážky, vodní bilance, zelená střecha

## **Abstract**

This bachelor thesis deals with water retention in build up areas. It describes problems of main activity of man influencing water retention in urbanized areas and possible suggestions leading to improvement of a microclimate in urbanized lands. Significant part of this thesis focuses on measures serving to reduce and retain rain water outflow. Retention of rain water using protective retaining reservoirs and decentralized retention of rain water (in individual realties) is explained by a literal retrieval.

## **Key words**

urbanized landscape, infiltration, rainfall, water balance, green roof

<b>1.</b>	<b>ÚVOD .....</b>	<b>- 6 -</b>
<b>2.</b>	<b>VODA .....</b>	<b>- 7 -</b>
2.1	POTŘEBA VODY .....	- 7 -
2.2	PROCENTA Z CELKOVÝCH ROČNÍCH SRÁŽEK .....	- 8 -
2.3	INTENZITA DEŠŤOVÝCH SRÁŽEK .....	- 9 -
2.4	VELIKOST DEŠŤOVÉ SRÁŽKY .....	- 10 -
2.5	SLOŽENÍ DEŠŤOVÉ VODY .....	- 10 -
2.6	DRUHY DEŠŤŮ .....	- 10 -
2.7	POUŽITÍ DEŠŤOVÝCH VOD .....	- 11 -
2.8	VSAKOVÁNÍ DEŠŤOVÝCH VOD .....	- 12 -
2.9	SOUČINITEL ODTOKU DEŠŤOVÝCH VOD .....	- 13 -
<b>3.</b>	<b>HLAVNÍ ČINNOSTI ČLOVĚKA OVLIVŇUJÍCÍ RETENCI VODY V INTRAVILÁNU...- 14 -</b>	
3.1	ČASTÉ ZÁSADY ČLOVĚKA DO KRAJINY VE MĚSTĚ .....	- 15 -
3.2	ZÁSADNÍ OPATŘENÍ PRO UDRŽENÍ PŘÍJEMNÉHO MIKROKLIMATU V INTRAVILÁNU .....	- 16 -
3.3	PŘEHŘÍVAJÍCÍ SE MĚSTO .....	- 17 -
3.4	VLIV GEOMORFOLOGICKÝCH CHARAKTERISTIK NA RETENCI A INFILTRACI .....	- 18 -
3.5	URBANIZOVANÁ KRAJINA .....	- 20 -
3.6	DISTRIBUCE SLUNEČNÍ ENERGIE V URBANIZOVANÉ KRAJINĚ .....	- 21 -
<b>4.</b>	<b>VODNÍ BILANCE .....</b>	<b>- 22 -</b>
4.1	HYDROLOGICKÝ CYKLUS .....	- 22 -
4.2	HYDROLOGICKÁ BILANCE .....	- 22 -
4.3	NARUŠENÍ VODNÍ BILANCE .....	- 23 -
4.4	PROJEV URBANIZACE KRAJINY NA VODNÍ BILANCI .....	- 24 -
<b>5.</b>	<b>RETENCE DEŠŤOVÝCH VOD .....</b>	<b>- 25 -</b>
5.1	PRÁVNÍ ZÁKLAD .....	- 25 -
5.2	RETENCE DEŠŤOVÝCH VOD POMOCÍ OCHRANNÝCH RETENČNÍCH NÁDRŽÍ .....	- 25 -
5.3	DECENTRALIZOVANÁ RETENCE DEŠŤOVÝCH VOD .....	- 28 -
<b>6.</b>	<b>DISKUSE .....</b>	<b>- 40 -</b>
<b>7.</b>	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>- 43 -</b>
<b>8.</b>	<b>PŘEHLED LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ .....</b>	<b>- 44 -</b>

## 1. Úvod

Zadání této práce je retence vody v intravilánu. Doslovný překlad slova retence znamená schopnost zadržet. Intravilán je slovníkem definován jako souhrnné označení pro zastavěné plochy. Tato práce se bude zabývat způsoby a možnostmi zadržení vody v zastavěných plochách. V moderním městě by mělo být především uplatňováno zasakování dešťových vod ze střech do půdy, dešťové vody z komunikací jednoduchým způsobem čistit a pomalu odvádět nebo vsakovat, slabě znečištěné odpadní vody jednoduše vyčistit a odvádět spolu s dešťovými vodami. Má představa spočívá v tom, že by každý panelový dům měl zelenou střechu, nemuselo by se jednat hned o řešení s intenzivní zelení, postačila by zeleň extenzivní. Méně frekventované chodníky by nahradila dlažba se zatravněnými spárami. Frekventované chodníky by byly dlážděny s drenážními spárami. Parkovací stání je vydlážděno betonovou dlažbou z mezerovitého betonu s drenážními spárami. Města se stále rozvíjejí a narůstají i urbanizované plochy. Z urbanizovaného území jsou odváděny dešťové vody jednotnou kanalizací (s odlehčením do vodních toků) či oddílnou kanalizací (s odvedením splaškových vod na ČOV a dešťových, po částečném předčištění, do vodních toků). Vítek (2008) uvádí, že klasické velkoměsto je ze třetiny tvořeno zástavbou, ze třetiny dlažbou a pouze třetinou nedlážděnou zelenou plochou.

## **2. Voda**

Voda je jeden ze základních zdrojů biosféry a plní pro lidskou společnost mnoho funkcí. Člověk jí používá pro osobní potřebu, pro průmyslovou výrobu a zemědělskou výrobu, vodní dopravu, rekreaci a jako zdroj energie (Tourková, 2004). Voda je základní složkou přírodního a životního prostředí. Stále zřetelněji se ukazuje, že vodu, její povrchové a podzemní zdroje lze chápat jako významnou součást přírodního bohatství státu (Kemel, 2000).

A je to právě voda spolu se vzduchem, co dělají naši planetu Zemí obyvatelnou. Předpoklad vzniku vody (hydrosféry a atmosféry) je dávám do souvislosti s odplyněním zemského pláště (Tourková, 2004).

Voda vyskytující se v přírodě není chemicky čistá. Kromě mikroorganismů obsahuje různé množství rozpuštěných látek, jako např. vápník, hořčík, železo a mangan (Valášek et al., 2001).

Význam vody v krajině je závislý nejen na jejím množství, na vodním bohatství, ale také na její kvalitě. Voda je přírodní živel, je to obnovitelný přirozený zdroj. Základní charakteristikou vody je její pohyblivost a neustálý oběh, který probíhá ve dvou hlavních oblastech – oběh vody v přírodním prostředí a oběh vody v uživatelských systémech. Hranici mezi oběma systémy tvoří odběry a vypouštění vody. Klimatické a půdní podmínky, morfologický charakter krajiny, hustota osídlení, dosažený stupeň rozvoje průmyslu a zemědělství, standardu bydlení a životní úroveň obyvatel na území České republiky jsou podmínky, které vyžadují systematickou ochranu vody a hospodaření s jejími zdroji (Slavík et Neruda, 2007).

### **2.1 Potřeba vody**

Pro člověka, který je součástí živé přírody, je nutné zajistit dostatek vody, a to jak pitné, tak užitkové. Dlouhodobým sledováním byly stanoveny průměrné spotřeby vody pro běžný provoz domácnosti:

Účel	Spotřeba v procentech
Osobní hygiena	38
Splachování	33
Praní prádla	13
Mytí nádobí	7
Čištění domácností	5
Zalévání květin	2
Pití a vaření	2

Tabulka 1 Spotřeba vody v domácnosti (Hanousek, 2005)

Z uvedeného rozdělení vyplývá, že spotřeba vody na pití a vaření je z celkového množství minimální, ale pitná voda se využívá i pro osobní hygienu. Denně každý z nás spotřebuje asi 110 litrů pitné vody, ale jen 3 litry jsou pro pití a vaření. Ostatní vodu spotřebujeme pro splachování toalet, mytí a úklid atd. Z celkové potřeby až 50 % pitné vody můžeme nahradit užitkovou vodou, získanou zdarma z dešťových srážek (WERIT, 2010)

## 2.2 Procenta z celkových ročních srážek

Pro návrh systému odvádění, likvidace a využití dešťových vod je nutné určit hodnoty ročního a měsíčního objemu dešťové srážky a množství odtékající vody při přívalových srážkách. Srážky se na našem území vyskytují v průběhu roku nerovnoměrně (Žabička et al., 2005). Pro některé úvahy a výpočty je důležité jejich měsíční rozvržení v tabulce 2. Jak uvádí Sobota (in Maršálek et al., 2001) celkový roční úhrn srážek ve městech je přibližně o 5 -10 % vyšší než v přilehlých oblastech; rozdíl v teplotě činí 4 – 7 °C. Nejvydatnější srážky se vyskytují v návětrných oblastech urbanizovaných území. To vše má samozřejmě vliv i na evaporaci, která je v městech o 5 – 20 % vyšší než v přilehlých oblastech.



Měsíc	Procenta z celkových ročních srážek
Leden	4,3
Únor	4,5
Březen	5,1
Duben	8,0
Květen	11,4
Červen	13,1
Červenec	14,3
Srpen	12,9
Září	8,2
Říjen	7,2
Listopad	5,7
Prosinec	5,3

Tabulka 2 Rozdělení průměrných měsíčních srážek (Žabička et al., 2005)

### 2.3 Intenzita dešťových srážek

Intenzita dešťových srážek se mění v závislosti na řadě faktorů. Značný vliv na průměrný roční úhrn srážek má nadmořská výška. V některých oblastech může dojít v důsledku geomorfologických podmínek ke vzniku dešťových stínů (Žabička et al., 2005). Protože některé faktory se nedají obecně postihnout, doporučuje se vždy vycházet z dlouhodobých měření místních hydrometeorologických stanic (Valášek et al., 2001). Hodnoty srážkových úhrnů podle dlouhodobých měření v různých výškách jsou uvedeny v tabulce 3.

Nadmořská výška [m n. m.]						
100	200	300	400	500	1 000	1 500
Průměrný roční úhrn srážek [mm]						
600	660	710	760	820	1 120	1 420

Tabulka 3 Srážkové úhrny v různých nadmořských výškách (Žabička et al., 2005)

## 2.4 Velikost dešťové srážky

Velikost srážky závisí na momentální metrologické situaci. Běžně se na našem území vyskytují srážky 440 – 1300 mm/ročně. Denní průměrný úhrn srážek tak činí 1,2 až 3,6 mm (Zpráva o stavu vodního hospodářství České republiky, 2007).

## 2.5 Složení dešťové vody

Dešťové kapky při svém zrodu v mracích jsou v podstatě destilovaná voda. Cesta deště k zemi je velmi dlouhá. Především se v kapkách rozpustí součásti vzduchu (v 1 l dešťové vody bývá rozpuštěno 20 až 30 cm<sup>3</sup> plynů, z toho 50 až 70 % dusíku, 20 % kyslíku a 5 až 20 % oxidu uhličitého). Při průchodu dolními vrstvami atmosféry strhávají dešťové kapky částičky prachu, plynu a bakterie ze znečištěného ovzduší. Dešťová voda ve velkoměstech a průmyslových aglomeracích bývá více postižena znečištěním oproti oblastem s čistým ovzduším (Kemel, 2000)

Dvořáková (2007) uvádí, že dešťová voda je vždy měkká a kvůli obsahu oxidu uhličitého, případně siřičitého nebo sírového (vznikl sražením z kouřových plynů).

## 2.6 Druhy dešťů

V tabulce 4 jsou uvedeny druhy dešťů a jejich vydatnost vztažená na plochu 50 m<sup>2</sup>.

druh deště	l/s.m <sup>2</sup>	mm/h	l/s na 50 m <sup>2</sup>	l/h na 50 m <sup>2</sup>
mírný	0,0014	1,1 – 5,0	0,07	55 – 250
silný	0,0030	až 10,0	0,15	až 500
velmi silný	0,0040	až 15,0	0,20	až 750
krátkodobý lijavec	0,0070	až 23,0	0,35	až 1150
krátkodobí příval	0,0160	až 58,0	0,80	až 2900
průtrž mračen	0,02 a více	více než 58,0	1,0 a více	více než 2900

Tabulka 4 Druhy a vydatnost dešťů (Hanousek, 2005)

## **2.7 Použití dešťových vod**

Používání dešťové vody má smysl také z ekologického hlediska. Protože místo toho, aby voda přímo odtékala, jsou srážky na pozemku zadržovány. Dešťové vody je vhodné použít zejména k zalévání zahrady, mytí podlah dlažeb a pro běžné umývání rukou. Základem je nádrž, z důvodu možnosti celoročního provozu podzemní. V malých objemech (do 6,5m<sup>3</sup>) je obvyklé řešení monolitická samonosná plastová nádrž bez nutnosti obetonování (GLYNWED, 2010). Při použití filtračních techniky je voda vždy průzračně čistá a bez zápachu.

### **Zavlažování**

Dešťová voda je chudá na soli, proto nedochází k zasolování půdy. Navíc neobsahuje chlor. Existují dokonce rostliny, které jinou než dešťovou vodu nesnášejí, např. kanadské borůvky. Kromě toho je pitná voda příliš cenná na to, abychom s ní zalévali zahradu (Hlavínek et al., 2008).

### **Praní**

Zachycená srážková voda se využívá s výhodou jako užitková voda na praní a to zejména v oblastech, kde je jiná dostupná voda (podzemní nebo i upravená) na praní příliš tvrdá nebo obsahuje vyšší podíl železa, manganu apod. Při použití na praní se příznivě projeví měkkost dešťové vody, která podstatně lépe rozpouští prací prášky, čímž sníží jejich spotřebu, nemá tendence se usazovat a tvořit vodní kámen a proto není tak nutné používat drahé změkčovače. Úspory se tak mimo spotřebu vody dotýkají ještě snížené spotřeby pracích prostředků a snížení opotřebení pračky.

### **Splachování toalety**

Pro WC a instalace (přívodní potrubí, odpady) je dešťová voda také výhodná, jelikož je měkká a nedochází tedy k usazování vodního kamene. Splachování WC navíc spotřebuje společně se sprchováním nejvíce vody v domácnosti a vzhledem k tomu, že nevyžaduje vodu vysoké kvality, je používání pitné vody zbytečným plýtváním (Žabička et al., 2005).

## **Mytí, úklid a čištění**

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 (Dvořáková, 2007).

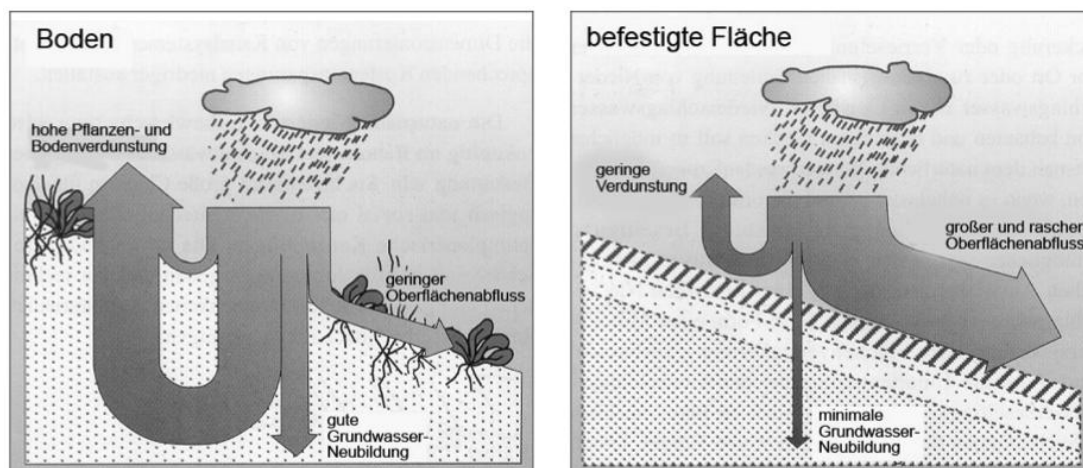
Existují i další možnosti: od čerpání a rozstříku neupravené vody kalovým čerpadlem po pozemku až po velmi dokonalý, investičně nákladnější systém s vodou upravenou pro použití v domě s rozvodem provozní vody k některým výtokům (pračka, záchod). Propojení vodovodu pitné vody z veřejného vodovodu s vodovodem provozním je zakázáno (Žabička et al., 2005).

Další možné využití dešťových vod zmiňuje Šálek (2005) jedná se o závlahu zelených střech, okrasné a zahradní zeleně, zelených a parkových ploch v urbanizovaném území, napájení okrasných nádrží, vodních ploch v parcích, mytí chodníků, parkovišť, komunikací, proplachování stokové sítě a napájení protipožárních nádrží.

## **2.8 Vsakování dešťových vod**

Přibývající množství zpevněných ploch brání přirozenému doplnění deficitu spodních vod. Voda je často sváděna do kanalizačních sběračů a odvedena mimo urbanizované území a tato voda se již zpět na místa dopadu nedostává.

Na obrázku 1 je stručně znázorněn vodní režim na nezpevněných a zpevněných plochách a vliv tohoto režimu na tvorbu podzemní vody. Voda dopadající za dešťové situace na povrchu povodí nemůže přirozeně infiltrovat do podzemních vod. Rovněž úroveň evapotranspirace je oproti přirozeným podmínkám snížena (Asociace čistírenských expertů ČR, 2009).



Obrázek 1 Vodní režim na nezpevněných a zpevněných plochách

(Bayerisches Landesamt für Umwelt, 2009)

## 2.9 Součinitel odtoku dešťových vod

V tabulce 5 je znázorněn součinitel odtoku dle sklonu odvodňované plochy v závislosti na způsobu zastavění a druhu pozemku, případně druhu úpravy pozemku.

Způsob zastavění a druh pozemku, případně druh úpravy povrchu	Součinitel odtoku $\psi$ podle % sklonu odvodňované plochy		
	do 1	1 až 5	nad 5
Střechy	1	1	1
Asfaltové a betonové plochy, dlažby se záhlvkou spár	0,7	0,8	0,9
Dlažby s pískovými spárami	0,5	0,6	0,7
Upravené šterkové plochy	0,3	0,4	0,5
Neupravené a nezatravněné plochy	0,2	0,25	0,3
Parky, hřiště	0,1	0,15	0,2
Zelené pásy	0,05	0,1	0,15

Tabulka 5 Součinitel odtoku (Valášek et al., 2001)

### **3. Hlavní činnosti člověka ovlivňující retenci vody v intravilánu**

V souvislosti s rozvojem urbanizace a zejména s rozvojem velkých urbanizovaných celků velkoměst, je diskutována otázka vlivu mikroklimatu ve městech na charakter dešťových srážek - tzv. „metropolitan effect“. Velká města, zpravidla doprovázená průmyslovými areály s vysokou koncentrací zpevněných ploch v jejich centrech, ovlivňují teplotní, vlhkostní a další klimatické poměry v jejich okolí. Tato změna klimatu se následně projevuje i na charakteru dešťových srážek (Krejčí, 2000).

Patrně v souvislosti s důsledky globálního oteplování se v posledních letech objevují dramatické výkyvy v intenzitě dešťových srážek a jejich rozložení v čase.

Velkým problémem městské zástavby je udržení příjemného mikroklimatu zejména v letním období. Hustá městská zástavba změnila vodní režim původního ekosystému (Valášek et al., 2001). Mezi **hlavní změny způsobené urbanizací** patří změny klimatu, srážkového režimu, kvality vody a následné změny v životním prostředí a ekosystémech, včetně redukované biodiversity (Sobota, 2007). Voda v atmosféře ovlivňuje počasí, neboť absorbuje velké množství tepelné energie. Proto jsou v oblastech, kde je velká vlhkost teplejší noci, než v místech, kde je vzduch extrémně suchý (Tourková, 2004). Zpevněné a zastavěné plochy zabraňují přirozenému doplňování zásob podzemní vody. Zeleň ve městech živoří, pokud není na pozemku velmi důležité instituce nebo velmi bohaté firmy. Bez lidské pomoci by se naše obce staly vydlážděnými pouštěmi, mezi kterými by možná zůstaly malé oázy.

Při výstavbě inženýrských sítí obecně, a kanalizace především, byly plošně odvedeny podzemní vody v celém zastavěném území. Pro snížení průtoku dešťových vod v přetížených stokách se budují nákladné stavby retenčních nádrží, které mají omezenou kapacitu objemu a zabírají značně velkou plochu. Na stokách se musí zřizovat odlehčovací komory, z nichž v prvních okamžicích přívalového deště vytékají do recipientu velmi silně znečištěné vody (Valášek et al., 2001).

Stavbami, s jejich přístupovými komunikacemi a parkovišti, se zabránilo doplňování vody do podzemí. V řadě lokalit se snížila v důsledku budování nových inženýrských sítí hladina podzemní vody až o 3m (plošně poklesla hladina

ve studnách v širokém okolí). V kombinaci s porušeným kořenovým systémem vzrostlých stromů při výstavbě inženýrských sítí a s položením asfaltových povrchů to vedlo k tomu, že starší stromy postupně uschly (Žabička et al., 2005).

### 3.1 Časté zásahy člověka do krajiny ve městě

Jak zmiňuje Beneš (2007) se jedná o zásahy do rovnovážného stavu prostředí za účelem intenzivnějšího využití území, z nichž nejčastější jsou:

- **změny odtokových podmínek** – odstranění lesních parků, zastavění půdy,
- rozsáhlé **zemní práce**,
- rozsáhle **podzemní práce**,
- **převod vody z jednoho povodí do druhého**.

Do vodního cyklu už v minulosti zasáhla ruka člověka. Jeho vlivem nyní voda odtéká do řek a moří, odkud se vrací až v podobě frontálních srážek. Ubylo mlh a rosy. Proto jsou období mezi velkými dešti suchá. Extrémní teploty, které je provázejí, ničí vegetaci. Snižuje se i odolnost stromů vůči chorobám. Nefunguje malý koloběh vody v krajině, který utváří místní klima a tlumí rozdíly teplot. Velkoplošným odvodněním navazujeme stepní klima. Jak praví známé lidové rčení: „Na suchou půdu neprší.“ (in Ripl, 1997). Vzhledem k tomu, že veškerá voda na českém území pochází z atmosféry, je kvůli ochraně před povodněmi a suchem důležité, abychom ji co nejefektivněji zadrželi a zpomalili (Poštulka, 2007).

Jaký je tedy stav běžného městského trávníku a jeho okolí v létě? Je několik dní tropického vedra a dusno, trávník a přilehlá krajina připomíná africkou savanu na konci období sucha. Tráva je zežloutlá, půda je vyschlá a vítr z ní odnáší částice prachu a nečistot. Začíná letní bouřka. Prvních pár kapek se vsakuje a pak přijde průtrž mračen. Voda dopadá na ztvrdlý povrch, postupně se vytvářejí drobné proudy, které smývají prach a vrstvičku humusu mezi trsy trávy, vznikají erozní rýhy. Kalná voda stéká na chodník, ze kterého se stává vodoteč.

Po dešti zůstala na chodnících vrstva jemného bláta a písku, místy kalužiny. V trávníku jsou místa, kde se objevuje hlušina. Hliněný povrch rychle vysychá. Většina dešťové odtekla do kanalizace, některé úseky kanalizace jsou zanesené splaveninami a bude nutno je po dešti pročistit. Znovu začíná pražit slunce. Do podzemních vrstev se skoro žádná voda nedostala (Žabička et al., 2005).

A v zimě? Půda je promrzlá, začíná tát sníh a pršet. Několik povrchových centimetrů půdy roztálo, voda se nemůže několik dní vsáknout pod povrch. Stéká na chodníky a vytváří jezera a přetéká do kanalizace (Valášek et al., 2001).

### **3.2 Zásadní opatření pro udržení příjemného mikroklimatu v intravilánu**

Podle Valáška (2001) na území České republiky naprší měsíčně kolem 50 - 70 mm vody. Už vytvoření mělké prohlubně v trávníku umožní zadržet větší část vody v místě. Prodlouží se doba, po kterou je tráva zelená, o něco se zlepši mikroklima a trochu se omezí i přítok vody do řeky, v malých tocích se ovlivní povodňová vlna. Může se omezit požadovaná kapacita stok pro odvádění dešťové vody nebo stoky se nemusí rekonstruovat.

#### ***Další opatření vedoucí k udržení příjemného mikroklimatu:***

- zmírnit dopady sucha,
- zvýšení retenční a retardační schopnosti krajiny,
- zpomalení a vyrovnání odtoku srážkové vody,
- snížení erozních účinků povrchově odtékající vody,
- ověření dostatečnosti stávajících vodních zdrojů,
- ozelenit 10-20 % stávajících plochých střech,
- zpevněné plochy, které již neplní svou funkci přeměnit na zelené plochy.

Pokud bychom se v ČR rozhodli ozelenit 10-20 % stávajících plochých střech, navrátili bychom do prostředí cca 1600 ha zeleně a tím docílili výrazného zlepšení městského klimatu (Čermáková et Mužíková, 2009).

Zpevněné plochy, které již neplní svoji funkci, by měli být přeměněny na zelené plochy. Tento proces se nazývá „zpropustňování“, tedy přestavba nepropustných povrchů na propustné. Týká se to zejména nevyužívaných odstavných ploch nebo parkovišť, příliš široké cesty nebo nepoužívané cesty (Ústav pro ekopolitiku, o. p. s., 2009).

Stokové sítě sídelních útvarů byly zřizovány jako jednotné soustavy. Jejich výstavba probíhala od nejnižšího místa sídla u vodoteče. Kmenové stoky většiny



sídelních útvarů jsou přetížené. Nová výstavba proniká do větší vzdálenosti od historických center sídelních útvarů. Rekonstrukce kmenových stok v historických částech je investičně nákladná. Proto vzniká silný tlak na omezení odtoku dešťové vody z nově budovaných objektů (Valášek et al., 2001).

Při rozhodování o způsobu snížení odtoku dešťových vod z řešeného území je třeba vycházet z předpokládané kvality dešťové vody. Poměrně čistá dešťová voda odtékající ze střechy objektu obsahuje jednak vysoký podíl rozpuštěných kyslíčků ( $\text{CO}_2$  a  $\text{SO}_2$ , pH může klesnout až pod hodnotu 6) a proměnný podíl organických a anorganických látek (pyl, ptačí trus, prach). Dešťové vody, které odtékají z parkovacích stání, mohou být znečištěny ropnými produkty. Nejvíce znečištěné dešťové vody však odtékají z pěších komunikací a zelených ploch městské zástavby. Na těchto plochách se objevuje velké množství zvířecích výkalů (Valášek et al., 2001).

### **3.3 Přehřívající se město**

Městské aglomerace mají celou řadu místních lokalit, které se v létě snadno přehřívají a dávají podnět ke vzniku silných vertikálních vzdušných proudů a tím i k vytváření termálních dešťů. V městě z obytných a průmyslových aglomerací uniká do ovzduší poměrně velké množství ztrátového tepla (okny, nedostatečnou tepelnou izolací zdiva, velkou automobilovou dopravou, atd.). Tento objem teplého vzduchu působí pro přecházející oblačnost jako horský masiv a tím dává příčinu k vytváření orografických dešťů. I po přestavbě topného systému z pevných paliv na plyn vyskytuje se v ovzduší nad městem stále ještě velké množství pevných částic, které působí jako kondenzační jádra pro vodní páry a kapičky v přecházející oblačnosti. Nad územím města často vznikají i kombinace jednotlivých druhů dešťů, což se projevuje nejen velikostí zasažené plochy a vydatností srážek, ale především rozdílným tvarem dešťů a hlavně poměrně velkým množstvím násobných dešťů (dešťů se dvěma a více vrcholy časového průběhu intenzit). Sledováním plošného rozložení srážkových úhrnů na území města se prokázaly poměrně velké místní rozdíly v množství spadlého deště a vytipovala se řada míst tzv. srážkového stínu (Sobota, 2007).

### **3.4 Vliv geomorfologických charakteristik na retenci a infiltraci**

Retenční schopnost povodí vázanou na geologickou stavbu území nemůžeme příliš ovlivnit. Naopak geomorfologické poměry vodních toků a půdní charakteristiky umožňují zásah do retence. A to jak negativně, což se dělo po staletí, tak i ve směru možného zvýšení retence a posílení infiltrace. Pro zvýšení vody jsou významné zvodně, tedy složité systémy podzemních vod. Podrobnější informace bývají dostupné jen o mělkých zvodních, jež se nacházejí v blízkosti půdního prostředí. Mělké zvodně jsou velmi zranitelné a bezprostředně závislé na srážkách (Poštulka, 2007).

#### **Reliéf terénu se uplatňuje v pedogenezi především :**

- sklonem a tvarem svahů,
- expozicí,
- nadmořskou výškou,
- spolu s geologickou stavbou krajiny vlivem na hloubku hladiny podzemní vody.

Těmito vlastnostmi je ovlivněna vlhkost, tepelný režim a mocnost půdy a množství translokace látek v půdě (Kemel, 2000).

#### **Potenciál půdní vody**

Pokud by byla voda v půdě v klidu, bez pohybu, neměla by význam pro živou složku půdy. Proudění vody v půdě a z půdy do organismů je nejdůležitější vlastnost vody, nutná pro zachování života (Kutílek et al., 2000).

#### **Infiltrace**

Infiltrace je definována jako vnikání srážkových povrchových vod nebo vyčištěného odtoku do zeminy (Asociace čistírenských expertů ČR, 2009). Průtok vody přes topografický povrch půdy nazýváme infiltrace a rychlost tohoto průtoku je rychlost infiltrace  $v$ . Celkové množství zasáklé vody nazýváme kumulativní infiltrace  $I [L]$ , udává se tedy podobně jako celková srážka nebo výpar v délkové míře, často cm (Kutílek et al., 2000).

### **Faktory ovlivňující infiltraci :**

- vegetační kryt půdního povrchu,
- vlhkost půdy,
- intenzita a trvání srážek,
- chemické látky přidané do půdy.

Transport vody závisí především na velikosti, množství, spojitosti a geometrii kanálků v půdě - ty určují propustnost půdy - ta je tedy závislá na velikosti půdních částic, na stupni agragace mezi jednotlivými půdními částicemi a na uspořádání půdních částic a agragátů (Kemel, 2000).

### **Redistribuce a drenáž po infiltraci**

Když se skončí infiltrace vody (ze srážky, závlahy, apod.), je půda prosycena do určité hloubky L vodou. Po skončení vsaku však neustává rovnovážný stav a vysoký gradient potenciálu mezi provlhčenou vrchní částí půdy a relativně sušší spodní částí půdy (pod čelem zvlhčení) způsobuje stékání vody z vrchní provlhčené vrstvy dolů, do sušší půdy. Proces se nazývá redistribuce. Redistribuce je v podstatě podobná infiltraci, protože se dále do hloubky posouvá čelo zvlhčení. Avšak na rozdíl od infiltrace je jediným zdrojem vody provlhčená vrchní vrstva, z níž voda pomalu stéká do podloží (Kutílek et al., 2000).

### **Výpar vody z půdy**

Výpar z půdy je závislý na stavu a vlastnostech půdy, především na jejich vlhkosti, struktuře, barvě, expozici, tvaru povrchu. Vlhkost půdy v daném okamžiku je závislá na množství vsáklých srážek do tohoto okamžiku vypadlých, na množství vzlínající vody z hladiny podzemních vod (Kemel, 2000).

### **Evapotranspirace**

ČHMÚ (2010) uvádí evapotranspiraci jako celkový výpar, který se vztahuje k určitému území. Tento celkový výpar se skládá z fyzikálního výparu (evaporace) a fyziologického (transpirace, výdej vody vegetací zejména listy).

### **Vláhové poměry v krajině**

Jsou nejčastěji vyjadřovány vláhovou bilancí. Ve své základní podobě (tzv. základní

vláhová bilance) představuje ve zjednodušeném pohledu prostý rozdíl mezi srážkami (příjmovou složkou oběhu vody v krajině) a celkovým výparem (výdejovou složkou oběhu vody v krajině), bez zohlednění vzlínání vody z hlubších vrstev. Celkový výpar zde reprezentuje potenciální, tj. maximálně možná evapotranspirace standardního travního porostu, která se v denním kroku počítá modifikovaným postupem podle Penmana-Monteitha, vstupními daty jsou hodnoty základních meteorologických prvků (ČHMÚ, 2010).

### 3.5 Urbanizovaná krajina

Jedná se o jeden ze čtyř základních funkčních typů současné kulturní krajiny, který z hlediska využití území zahrnuje městské a venkovské zastavěné plochy v intravilánech, výrobní plochy, rekreační zástavby chatových osad, dálnice, železnice, silnice, plavební kanály, těžební a devastované areály, umělé vodní plochy. Koncentrace tohoto typu krajiny je v rámci České republiky velmi proměnlivá.

Urbanizovaná území jsou specifická vysokým podílem nepropustných ploch (např. komunikace, střechy budov). Větší část objemu dešťové vody obvykle odtéká po zpevněném povrchu povodí do dešťových vpustí a stokovou sítí je odváděna z urbanizovaných povodí (Asociace čistírenských expertů ČR, 2009).

Nejvýrazněji se vliv urbanizované krajiny na vodní režim projevuje v oblastech s vysokou koncentrací lidských sídel a souvisejících urbanizovaných ploch. Vedle největších měst (Praha, Brno, Ostrava a další) patří v České republice k takovým oblastem především Ostravskokarvinská aglomerace v Moravskoslezském kraji a významné části Ústeckého a Karlovarského kraje. Tyto oblasti jsou vedle malého podílu přírodních ploch charakteristické mimo jiné také vyšší průměrnou teplotou a nižší vlhkostí prostředí (Mana et Trzaski, 2009).

V rámci urbanizovaných krajin můžeme ještě rozlišovat **krajiny devastované** (např. jako důsledek hornických činností) a **krajiny souvisle zastavěné** (např. centra velkých měst). Čím souvisleji je krajina zastavěna zpevněnými plochami, budovami a dalšími objekty, tím větší hodnotu mají zbývající nezastavěné plochy a funkční přírodní prvky v území. Všechny nezastavěné plochy, vodní plochy a přírodní prvky ovlivňují nezastupitelným způsobem vývoj mikroklimatu v dané oblasti. Dosavadní postupy při urbanizaci malých i velkých oblastí bohužel směřovaly pouze jedním

směrem. Rychlé odvodnění a vysušení oblastí, ve kterých žije stále více lidí. Tento postup jde přímo proti základním fyziologickým nárokům lidského organismu (Mana et Trzaski, 2009).

### **3.6 Distribuce sluneční energie v urbanizované krajině**

Distribuce sluneční energie probíhá v přírodní krajině zcela jinak, než v prostředí urbanizovaném. Poměr tepla a vlhkosti, které se dostávají zpět do prostředí, je v obou uvedených případech prakticky opačný. Zjednodušeně bychom mohli říct, že „půda se potí prostřednictvím rostlin“ (Kravčík et al., 2007). Odstraněním volných ploch porostlých rostlinami, odstraněním vodních ploch a vody z prostředí, ve kterém žijeme, dosáhneme postupného zvyšování průměrné teploty a snižování průměrné vzdušné vlhkosti.

## 4. Vodní bilance

Podle zákona č.254/2001 Sb. O vodách (vodní zákon) je vedení vodní bilance jednou ze základních činností v oblasti zjišťování a hodnocení stavu povrchových a podzemních vod. Vodní bilance podle vodního zákona sestává z hydrologické bilance a vodohospodářské bilance.

### 4.1 Hydrologický cyklus

Znázorňuje oběh vody na Zemi. Je možné ho popsat jako srážkovou činnost ve všech formách (sníh, déšť, mlha, rosa...), která dopadá na zemský povrch a dochází k několika jevům. Předně se voda dostává do řek, kde tvoří povrchový odtok. Soustavou řek pak voda odtéká do moří a oceánům, kde dochází k výparu (evaporaci) zpět do atmosféry. Výpar rovněž probíhá z hladiny řek a jezer, z půdy (Slavík et Neruda, 2007).

### 4.2 Hydrologická bilance

Porovnává přírůstky a úbytky vody a změny vodních zásob v území za daný časový interval. Vodohospodářská bilance porovnává požadavky na odběry povrchové a podzemní vody a vypouštění odpadních vod s využitelnou kapacitou vodních zdrojů z hledisek množství a jakosti vody a jejich ekologického stavu.

Obnovitelné vodní zdroje v letech 2000 – 2007 v mil. m <sup>3</sup>								
Roční hodnoty	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Srážky	54 733	63 960	71 298	40 695	53 629	57 730	55 837	59 544
Evapotranspirace	40 353	48 537	48 533	29 319	41 473	42 872	37 617	46 194
Roční přítok <sup>1</sup>	573	761	1 341	524	640	781	1 070	637
Roční odtok <sup>2</sup>	14 953	16 184	24 106	11 900	12 796	15 639	19 290	13 987
Zdroje povrchových vod <sup>3</sup>	4 789	6 600	6 506	3 758	4 270	5 489	5 317	4 673
Využitelné zdroje povrchových vod	1 204	1 440	1 625	1 195	1 224	1 330	1 338	1 248

Tabulka 6 Obnovitelné vodní zdroje (Zpráva o stavu vodního hospodářství České republiky, 2007). Pozn. : <sup>1</sup> Roční přítok na území ČR z okolních států. <sup>2</sup> Roční odtok z území ČR. <sup>3</sup> Určuje se jako průtok v hlavních povodích s 95 % zabezpečeností.

## **Základní veličiny hydrologické bilance**

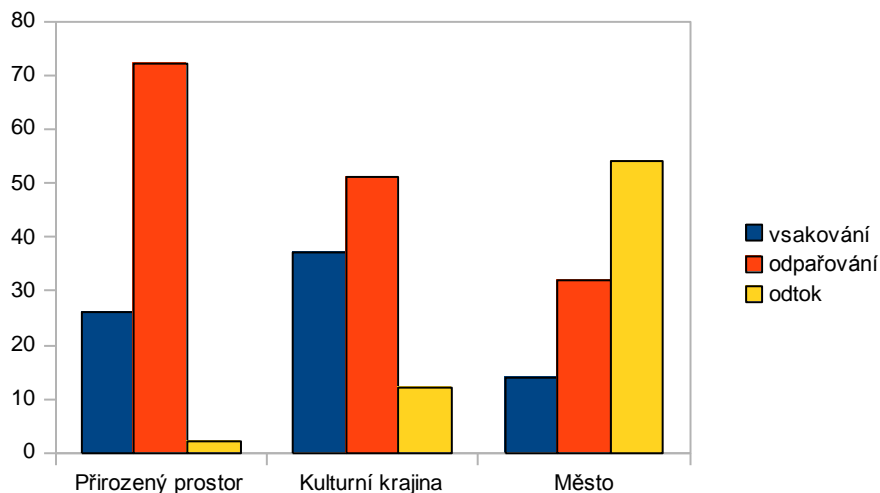
Při výpočtu hydrologické bilance rozlišujeme dva typy bilančních veličin.

1. Veličiny, které mají rozměry toků: atmosférické srážky, územní výpar, odtok z povodí (průtok v závěrovém profilu), základní odtok z povodí.
2. Veličiny, které mají rozměr zásoby: zásoba půdní vody v zóně aerace, zásoba vody ve sněhové pokrývce, zásoba podzemní vody, zásoba vody v tocích a nádržích.

Obtížnost sestavení hydrologické bilance spočívá v tom, že všechny bilanční veličiny nelze vyčíslit z měření (Hydrologická bilance množství a jakosti vody České republiky v roce 2008).

### **4.3 Narušení vodní bilance**

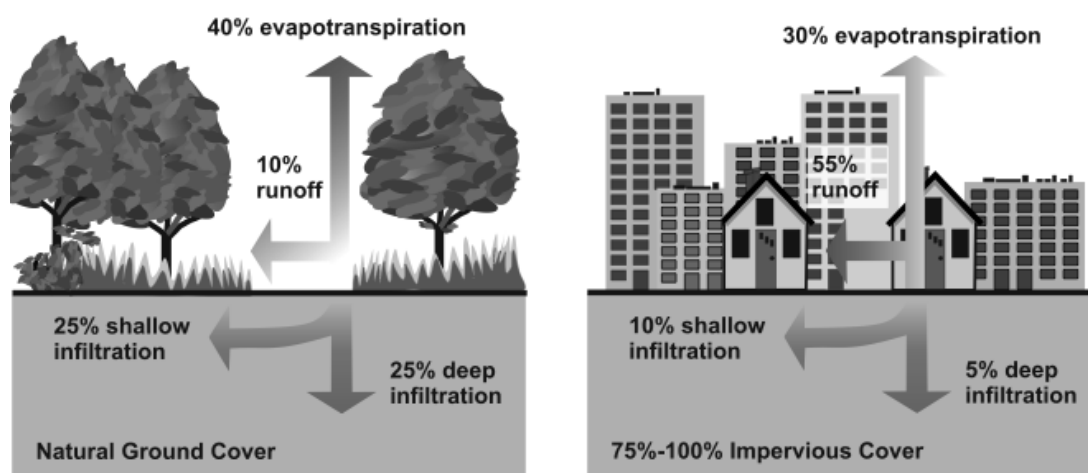
Proměnlivá povětrnostní situace, půdní poměry, formy terénu a vegetace spolupůsobí v každém prostoru komplexně. Pro vodní bilanci z nich vyplývá pro dané území charakteristická rovnováha mezi srážkami, odpařováním a tvorbou nové podzemní vody a povrchovým odtokem. Člověk jednotlivé plochy kultivuje, zpevňuje, využívá jejich dílčí plochy a ve spojitosti s tím podle potřeby uměle zavlažuje nebo odvodňuje, a značně tak narušuje vodní bilanci oproti nedotčené vodní rovnováze (Meißner et al., 2005). V nenarušeném přírodním prostoru převažuje odpařování. Podíl odtoku je malý a odtokové špičky jsou velmi nízké. Vodní bilance kulturní krajiny už zaznamenává menší podíl odpařování. Vodní bilance města je postavena na rychlém odtoku se silnými odtokovými špičkami. Zpevňování povrchů znesnadňuje odpařování a vsakování. Zpevněné plochy mají menší propustnost než přirozené zeminové povrchy a navíc i odpadá položka výparu rostlinami. Procenta podílu odpařování, vsakování a odtoku viz. obrázek 2.



Obrázek 2 Procenta podílu odpařování, vsakování a odtoku (Meißner et al., 2005)

#### 4.4 Projev urbanizace krajiny na vodní bilanci

Na obrázku je vyjádřen důsledek urbanizace zemského povrchu. Cesta spadlé dešťové vody na povrch závisí na míře urbanizace krajiny (zastavěný a zpevněný povrch). Uvedená čísla v procentech vyjadřují podíly toho, kam a jak se voda spadá na zem ztrácí. Jednotlivé podíly ovlivňuje množství zastavěným a zpevněných ploch. Velké množství měst je charakterizována mírou zastavění a zpevnění ploch v podílu 75 – 100%. Jedná se o důsledek urbanizace, ve kterém je použit konvenční způsob odvodnění.



Obrázek 3 Koloběh srážkové vody v závislosti na míře urbanizace zemského povrchu (U. S. Environmental protection agency, 2010)



## **5. Retence dešťových vod**

### **5.1 Právní základ**

Srážkové vody komplexně podléhají ochraně dle Vodního zákona č. 254/2001 Sb a při jejich odtoku Zákonu o vodovodech a kanalizacích č. 274/2001 Sb.

Základními právními předpisy v této oblasti jsou:

- 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 a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích) v platném znění.
- Nařízení vlády č.61/2003 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech.

Dle ČSN 75 6101 Stokové sítě a kanalizační přípojky rozděluje dešťové vody na neznečištěné a znečištěné a doporučuje vody neznečištěné vsakovat nebo odvádět dešťovou kanalizací do vodních toků.

Retenci dešťových vod dělíme na:

1. Retenci dešťových vod pomocí ochranných retenčních nádrží.
2. Decentralizovanou retenci dešťových vod (na jednotlivých nemovitostech).

### **5.2 Retence dešťových vod pomocí ochranných retenčních nádrží**

V současné době je trend nárůstu zastavěné plochy v urbanizovaných povodích, a tím i objemu a špičky dešťového odtoku. Každé urbanizované území způsobuje změnu charakteru přímého dešťového odtoku se snahou stanovit možné vhodné řešení odtokových poměrů v intravilánu formou retence dešťových vod. Problém velkých odvodňovaných ploch lze řešit akumulací objemu vody a její regulované vypouštění do recipientu. Retenční nádrže nahrazují přirozené retenční vlastnosti krajiny, ochranu před velkými vodami, dešťovými odtoky, ale zachycují i smyvy, ochranná funkce je však převažující. Ostatní nádrže plní tuto funkci

jako vedlejší.

Do skupiny ochranných retenčních nádrží patří:

- nárazové nádrže,
- infiltrační výtopové zdrže,
- dešťové nádrže,
- protierozní nádrže,
- retenční nádrže s přesně vymezeným ochranným prostorem,
- suché retenční nádrže.

### **Nárazové nádrže**

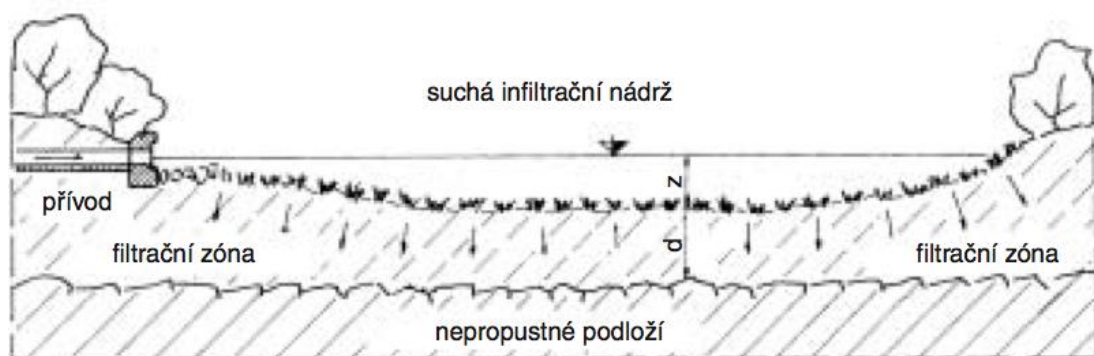
Jsou určeny k vyrovnání nárazových průtokových vln ve vzdálených profilech při řízení průtoku.

**Výhody:** Plní ve velkém rozsahu ochranou funkci.

### **Infiltrační výtopové zdrže**

Slouží ke krátkodobému zadržení přebytku přitékající vody, jejímu částečnému využití k závlaze luk v údolních nivách řek a lužních lesů.

**Výhody:** Zachycují suspendované látky, které přispívají k úrodnosti půd.



Obrázek 4 Jednoduchá infiltrační nádrž na dešťové vody (Šálek, 2005)

### **Dešťové nádrže**

Slouží k zachycení, krátkodobé akumulaci vody, její úpravě a využití vod z dešťových srážek vsakem do podzemních vod, nebo postupným vypouštěním do vodních toků, znečištěné do stokové sítě a kanalizační čistírny (Mířková, 2009).

V městském povodí se navrhuje tato nádrže jako záchytné, průtočné, retenční

a nádrže s funkcí čistící a jejich kombinace (Hlavínek et al., 2008).

*Výhody:* Akumulace srážkových vod, zpětné využití pro mytí komunikací, závlahu zeleně, proplachování kanalizační sítě. Zmírnění přívalové vlny zředěných znečištěných vod před jejich odváděním stokovým systémem do čistírny (Asociace čistírenských expertů ČR, 2009).

### **Protierozní nádrže**

Zakládání nebo udržování vodních nádrží, slouží k ochraně objektů a intravilánu.

Nádrže regulují odtok vody a zachycují transportované splaveniny.

Zadržují velké množství vody, a tím chrání níže položené území před povodněmi a erozními účinky vody. Významné akumulární a retenční prostory v povodí. Dochází ke zpomalení odtoku vody ze srážek, vyrovnání minimálních průtoků v suchých obdobích snížení kulminačních průtoků v době povodní (tzn. vyrovnání průtoků v průběhu roku). Dochází k ukládání sedimentů a živin a zlepšování kvality vody (GISLIB, 2010).

*Výhody:* Zmenšují podélný sklon, a tím snižují erozní účinek protékající vody.

### **Retenční nádrže s přesně vymezeným ochranným prostorem**

Transformují povodňovou vlnu a po jejím průchodu řízeně vyprazdňují ochranný prostor až po hladinu vymezeného zásobního prostoru, který je využíván k různým účelům.

### **Suché retenční nádrže**

Jedná se především o poldry, které umožňují zachycení povodňových odtoků, snižují kulminaci povodňového průtoků a po průchodu povodňové vlny se vyprazdňují, dno suchých nádrží se využívá k zemědělským, resp. lesnickým účelům - louky, výsadba rychle rostoucích dřevin (Mířková, 2009). Za běžných podmínek je suchá nádrž prázdná, plní se jen při povodních (Slavík et Neruda, 2007). Poldry mohou být suché nebo polosuché. U polosuchých poldrů je výhoda přítomnosti společenstev vodomilných, které se po zasažení povodňovou vlnou rychleji navrátí zpět oproti společenstvím suchomilným, obývající poldry suché, které takový zásah velmi naruší.

### 5.3 Decentralizovaná retence dešťových vod

Zadržení (zpravidla) srážkových vod co nejbližší místa jejich dopadu na povrch (Asociace čistírenských expertů ČR, 2009). Retence dešťové vody na jednotlivých nemovitostech (tzv. decentralizovaná retence).

Užívání, retence a infiltrace dešťové vody na jednotlivých nemovitostech patří k opatřením, které je možno označit jako "source control" (= opatření u zdroje, zásahy zaměřené na příčiny identifikovaných problémů). Tato opatření jsou zpravidla nejen účinná, ale i ekonomicky výhodná. Princip decentralizovaného systému: Nenechat dešťovou vodu odtéct z pozemku se stejnou intenzitou, se kterou na pozemek spadla. Jiří Víték uvedl v časopise Urbanismus a územní rozvoj – ročník XI – číslo 4/2008: „Pokud jsou vhodné podmínky je možné vody zasakovat do podzemí. Je to příznivé doplnění zdrojů podzemních vod, což v konečném důsledku vede k zásobování pramenů vodotečí v dobách, kdy je vody málo a koryta řek jsou prázdná.“

Mudroch (2007) uvádí decentralizovanou retenci dešťových vod jako nejefektivnější. Nejperspektivnější je její akumulace s následným využitím. Pokud jsou vhodné vsakovací podmínky je řada možností, které lze využít, například:

- větší spáry mezi dlaždicemi,
- využívání zatravnovacích tvárnic,
- přerušené obruby v určitých odstupech a odvod vody do zelených ploch,
- systém příkopů či mělkých průlehů schopných retence se současným vsakováním.

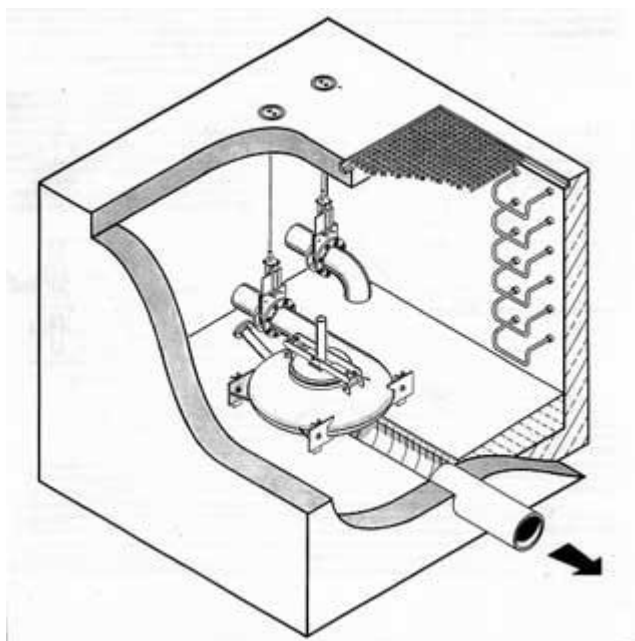
Přínosy decentralizovaného řešení:

- ekologický přínos zejména při vsakování díky infiltraci a obohacení podzemních vod,
- ekonomický přínos při akumulaci a využití, u firem navíc úspory poplatků za odvod dešťové vody,
- protipovodňová prevence.

Hlavním prvkem retence je zařízení pro omezení odtoku. Na omezení odtoku používáme následující zařízení k regulaci odtoku.

### **Vírový regulátor**

Zařízení, které reguluje odtok. Jsou usazovány všude, kde se musí přiškrtit odtok, zvláště tam, kdy je požadován velký hydraulický odpor při současně malé stavební ploše. V městském odvodnění regulují vírové regulátory odtok z odlehčovacích komor, z přetokových zdrží, z usazovacích nádrží, z retenčních nádrží, z nádrží pro povodňovou ochranu a působí jako tlumiče vodní energie v kanalizační síti (PFT, 2010).



Obrázek 5 Vírový regulátor (PFT, 2010)

### **Vírový ventil**

Samočinné zařízení regulující odtok. Regulační činnost je vyvolána proudovými jevy, bez použití opotřebitelných částí. Hnací silou proudového efektu je tlakový rozdíl mezi vstupem a výstupem ventilu (PFT, 2010).

Škrtící trať osazuje se na výustích a dešťových nádržích k přiškrcení odtoku od středních do větších hodnot.

### **Škrtící trať**

Potrubí se zmenšenou kapacitou (tlakový průtok) zajišťující požadovaný odtok (Mífková, 2009). Vzhledem k možnostem ucpání by neměl být průměr potrubí menší než 25 cm, pouze ve velmi krátkých trátích je možno použít průměr 20 cm (Hlavínek et

al., 2008).

Zařízení slouží k retenci dešťové vody (Hlavínek et al., 2008):

- bezodtokové jezírko,
- retence na terasách, vodorovných a šikmých střeších,
- retenční nádrž na dešťovou vodu,
- retence na parkovištích a průmyslových plochách,
- retenční kanál,
- filtrační jímka,
- retenční filtrační nádrž,
- plastové voštinové bloky,
- vsakování s retenčním prostorem,
- retenčního zařízení v kombinaci s potrubním vsakováním.

Tato zařízení mohou najít použití (Hlavínek et al., 2008):

- při přívalových deštích,
- při cíleném zadržení vody před dalším odváděním ke vsakování nebo zaústění do recipientu nebo v silně zastavěných oblastech,
- při předčištění více zatížených vod,
- při cíleném ovládnutí odtékající dešťové vody.

### **Bezodtokové jezírko**

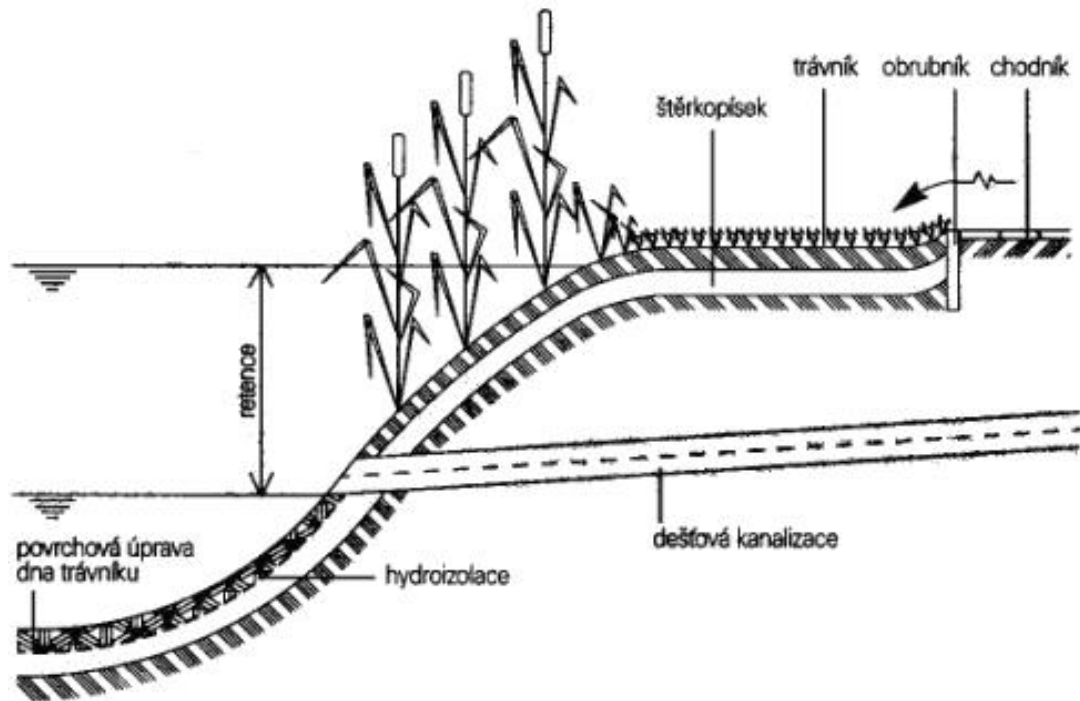
Umožňuje trvalé osazení břehů mokřadními rostlinami. Jezírka se upravují tak, že hloubka vody se udržuje asi 1 m nade dnem jezírka. Do této úrovně se provedou břehy a dno vodotěsné (jílem nebo nepropustnou folií). Nad trvalou hladinou se vytvoří akumulací prostor pro zachycení přívalových dešťů (Žabička, 2005). Tyto vodní nádrže mají nejčastěji charakter přírodních vodních ploch a rybníčků. Zpravidla je není nutné na zimu vypouštět (Tobiášek et al., 1980).

#### ***Výhody:***

Okrasný prvek v zahradě

#### ***Nevýhody:***

Doplňování vody v suchém období.



Obrázek 6 Vsakovací jezírko pro zachycování dešťových vod (Žabička, 2005)

### **Retence na terasách, vodorovných a šikmých střeších**

Na střeších s rostlinným pokryvem nebo se šterkopískovým pokryvem dochází ke značné retenci dešťové vody. Střechy s vegetací zadržují část dešťového spadu a zbylou část zpomalují v jejím odtoku. Použití je možné pouze na absolutně vodotěsných a proti kořenům odolných střeších a terasách s nutností posouzení dostatečné únosnosti střechy a teras.

### **Zelená střecha**

Dělení ozeleněných střeš dle ČSN 73 1901:

- klasická pěstební souvrství s intenzivní zelení,
- úsporná pěstební souvrství s extenzivní zelení.

Vegetační souvrství střechy má co nejvíce napodobit přirozený půdní profil a nahradit tak vegetací podmínky obvyklé na rostlém terénu (Čermáková et Mužíková, 2009).

Zelené střechy způsobující vzdušnou vodu mají výhradně retenční účinek - absorpce dešťové vody na schopném půdním substrátu. Podle výstavby zelené

střechy může být veškerá spadnutá dešťová voda zadržena v půdním tělese (intenzivní zazelenění), minimálně ale podíl 30% (extenzivní zazelenění). U zelených střech dochází zároveň k čištění vlivem protékání vody oživenou půdní zónou. Stejně tak může být ozeleněním střech dosaženo zlepšení mikroklimatu a odpovídajícího utváření rázu zastavěné oblasti, redukce celkového odtoku dešťové vody. Zelená střecha je retenční zařízení s čisticím účinkem (Mifková, 2009).

Zelené střechy zabezpečují biologické a mechanické čištění dešťové vody díky filtraci škodlivých látek skrze rostliny a půdní těleso, čím nastává redukce škodlivých látek ze vzduchu. Zalévání a péče je potřebná o vegetaci při intenzivním ozelenění.

Ve vegetačním souvrství se vyskytují následující vrstvy: vegetace, substrát, výstužná síť či rohož, hydroakumulační vrstva, filtrační vrstva, drenážní vrstva, ochranná vrstva (Žabička et al., 2005).

#### ***Výhody:***

Dobré retenční schopnosti. Redukce škodlivých látek ve vzduchu a obohacení o kyslík. Ze stavebního hlediska vegetační souvrství působí jako tepelná izolace. Ozelenění střech přispívá k menšímu rozpínání materiálů a tím jejich delší životnosti. Snižují zatížení kanalizační sítě. Filtruje srážkovou vodu a reguluje její teploty.

#### ***Nevýhody:***

Vyšší nároky na údržbu při intenzivním ozelenění. Zvláště v suchých a horkých obdobích je potřebná občasná záливka. Vyšší náklady na založení zeleně na střechách se kompenzuje tím, že v dalších letech není potřebné opravovat střešní konstrukci a zateplení.

Orientační rozdělení dle typu zeleně:

- biotopní,
- extenzivní,
- polointenzivní,
- intenzivní.

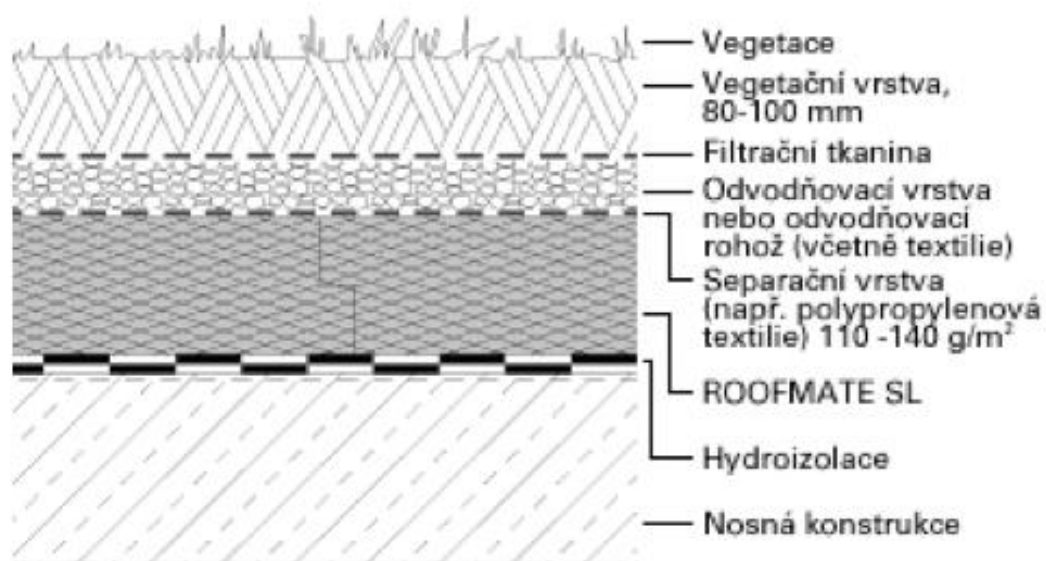
*Biotopní zeleň* (samovolné ozelenění)

Tloušťka substrátu 6 – 12 cm. Nejekologičtější varianta založení střešní vegetace, zeleň je ponechávána bez péče, nevyžaduje hnojení a zavlažování.



### *Extenzivní zeleň*

Tloušťka substrátu 6 – 20 cm. Při extenzivní úpravě střechy je přednost dána vegetačním vrstvám smíšeného substrátu, které mají určitou schopnost akumulace vody (Hlavínek et al., 2008). Zeleň je zakládána a vyžaduje péči v podobě doplňování živin a závlaze v době extrémního sucha. Rostliny musí být schopny snášet extrémní podmínky (dlouhodobé sucho, krátké přemokření).



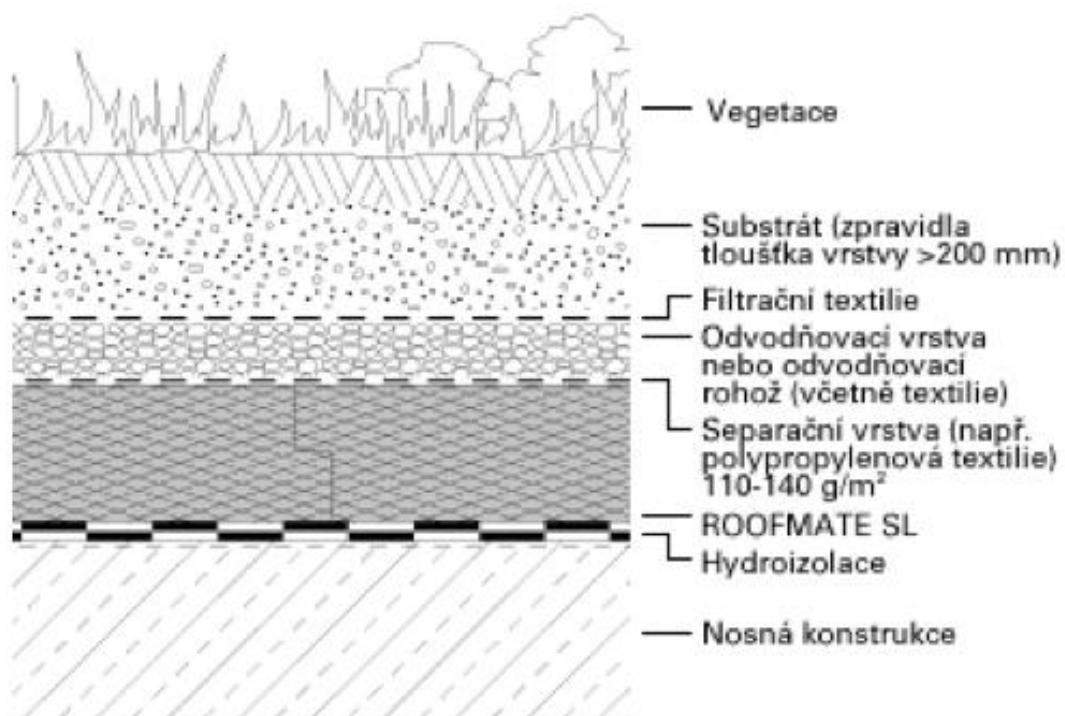
Obrázek 7 Příklad skladby střešního pláště s extenzivní vegetací  
(DOW Building solutions, 2010)

### *Polointenzivní zeleň*

Tloušťka substrátu 15 – 30 cm. Při výsadbě jsou uplatňovány zejména trvalky a nízké keře. Výsadba má vyšší nároky na mocnost substrátu, vláhu a udržovací práce (Čermáková et Mužíková, 2009).

### *Intenzivní zeleň*

Tloušťka substrátu 30 a více cm. Intenzivní zeleň vyžaduje stálou péči a údržbu tak, jako klasická zahrada, park či jiná veřejná zeleň na rostlém terénu (Čermáková et Mužíková, 2009).



Obrázek 8 Příklad skladby střešního pláště s intenzivní zelení  
(DOW Building solutions, 2010)

### **Střecha umožňující zadržení vody**

Střechy zadržující vodu mohou být použity všude tam, kde je ozelenění střešních ploch nežádoucí, nebo kde na základě stávající zástavby nesmí dojít ke zvýšení zatížení střešních ploch. Retence dešťové vody probíhá díky zřízení zásobní nádrže na plochých střeších. Při tomto druhu retence nedochází k žádným čistícím účinkům (Mifková, 2009). Hydroizolace musí zajišťovat, aby srážková voda nepronikala do konstrukcí a chráněných prostor a to jak v ploše, tak i v konstrukčních detailech (Hájek et al., 1999).

#### ***Výhody:***

Dobré retenční schopnosti. Malé náklady na přestavbu při stávajících plochých střeších (výstavba regulovaného odtoku a bezpečnostního přepadu). Redukce maximálního odtokového množství díky vypařování a zpomalování odtoku.

#### ***Nevýhody:***

Větší zatížení střechy. Zvýšené nároky na těsnost.

### **Retenční nádrž na dešťovou vodu**

Jedná se o krátkodobé zachycení dešťového odtoku na nemovitosti. Pokud to místní

podmínky dovolují, může retenční nádrž přetékat.

**Výhody:**

Zpravidla nízké pořizovací náklady. Jednoduchá a levná zařízení na omezení odtoku. Nepatrné nároky na látkové složení dešťového odtoku

**Nevýhody:**

Potřebná plocha, nutná pravidelná údržba.

**Retence na parkovištích a průmyslových plochách**

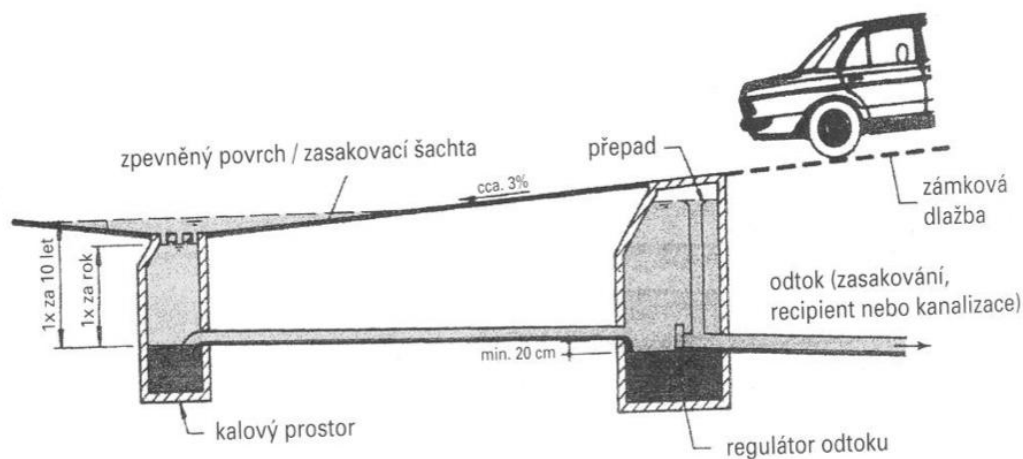
Omezením odtoku z těchto ploch dochází k jejich krátkodobému zatopení. Hloubka vzduté vody na těchto plochách se pohybuje v rozsahu několika cm (Hlavínek et al., 2008). Nutnost posouzení látkového znečištění dešťového odtoku v případě zaústění do zasakovacího objektu nebo do recipientu. U nezpevněných ploch se spádem více jak 4% nastává nebezpečí eroze (Mířková, 2009).

**Výhody:**

Jednoduché opatření u velkých ploch

**Nevýhody:**

Částečné omezení užívání těchto ploch



Obrázek 9 Krátkodobá retence na parkovištích a průmyslových plochách

(Hlavínek et al., 2008)

**Retenční kanál**

Retenční objem je vytvořen potrubím o velkém průměru, na jehož konci je instalováno zařízení na omezení odtoku (Hlavínek et al., 2008). Je důležité posoudit

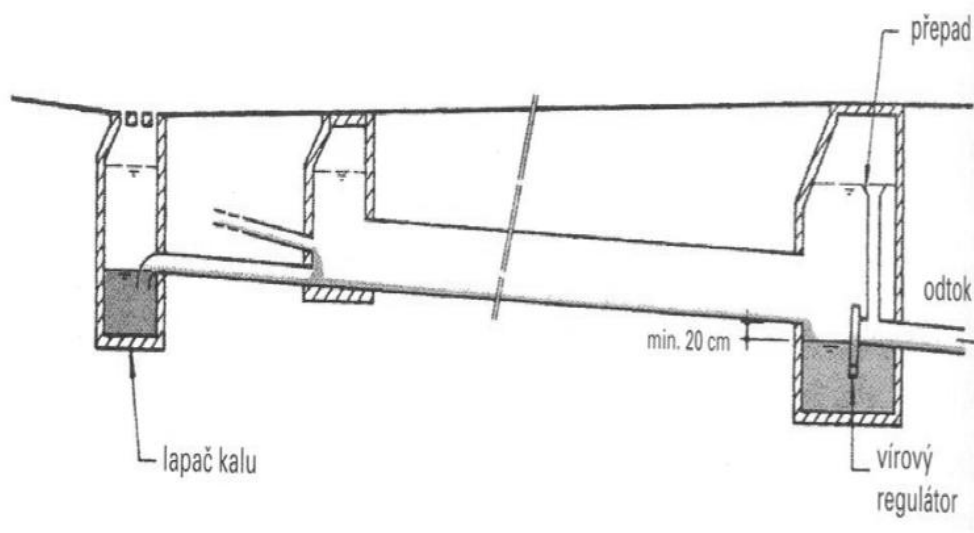
max. hladinu vzduší vzhledem k ohrožení budov a přihlédnout k možné retenci ve všech připojených potrubích (Mífková, 2009).

**Výhody:**

Retence nezabírá místo na povrchu nemovitosti

**Nevýhody:**

Vyšší investiční náklady



Obrázek 10 Schéma retenčního kanálu (Hlavínek et al., 2008)

**Filtrační jímka**

Pod tímto pojmem se rozumí drenážní systém jam utěsněný vzhledem k podloží. Odtékající dešťová voda je po půdní pasáži přiváděna do kontrolní šachty, ve které posuvné zařízení škrtí odtok, nebo ho úplně odstaví. Díky protékání oživenou mateční vrstvou půdy může být zároveň docíleno dobrého biologického čištění dešťové vody, která pak může být např. zaústěna do otevřeného recipientu nebo do podzemního vsakovacího zařízení (Mífková, 2009). Filtrační jímka se může použít nezávisle na propustnosti půdy a eventuální kontaminaci, jak pro předčištěné nebo silně znečištěné vodě (např. silnice s velkým provozem).

**Výhody:**

Optimální kontrola vsakovacích opatření (proto vhodné i při pochybnostech nad odbouráváním škodlivých látek). Umožňuje začlenění do zelených ploch.

**Nevýhody:**

Možnost zneužití plněním odpadky nebo zahradním materiálem. Neumožňuje

vsakování.

### **Retenční filtrační nádrž**

Drenážní systém utěsněný vzhledem k podloží, ohumusovaná, drenážovaná nádrž s navazujícím odlučovačem tuků. Nádrže se nejvíce uplatňují při potenciálně velmi znečištěných plochách a zvýšeném riziku technických poruch, např. při odtocích z dálnic (Hlavínek et al., 2008). Filtrační jímky a retenční filtrační nádrže spojují účinek zadržení vody s určitou čistící schopností (Mifková, 2009). Retenční filtrační nádrž má smysluplné použití při plochách větších než 1 ha pro předčištění srážkových vod z tendenčně více znečištěných ploch.

#### ***Výhody:***

Optimální kontrola vsakovacích opatření. Čistící schopnosti (olejové a ropné látky). Dobré zásobní možnosti vlivem vzduší. Filtrační nádrž může být velmi dobře začleněna do přírody.

#### ***Nevýhody:***

Při naplněné nádrži vzniká eventuelní nebezpečí - vyžaduje se oplocení. Žádné vsakování.

### **Plastové voštinové bloky**

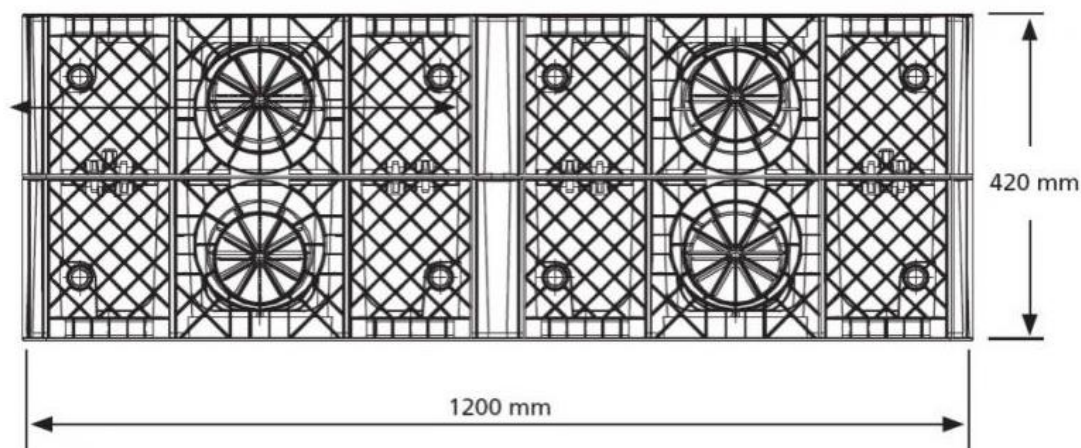
Dešťová voda je odváděna do podzemního zásobníku, odkud se zasakuje do okolní zeminy. Na přítoku je rýha vybavena lapačem nečistot nebo filtrem, který zamezuje vstup hrubých nečistot (Ústav pro ekopolitiku, o. p. s., 2009). Bloky, které vytvářejí zásobník, jsou vyrobeny ze svisle umístěných šestibokých prvků (trubek). Voda se do dutin dostává zaplavením ze vstupní šachty, pomalý průtok dutinami zpomalí odtok dešťové vody z pozemku a vhodnou úpravou se může voda tímto způsobem akumulovat pro využití v objektu nebo se může vsakovat (Žabička, 2005). Retence pomocí voštinových bloků je další moderní alternativou pro vytvoření podzemních prostor na dešťovou vodu (Mifková, 2009).

#### ***Výhody:***

Vysoká akumulační schopnost 90-95 %. Lehká konstrukce bloků, snadná montáž. Maximální mechanická a chemická odolnost. Akumulace vody v místech pomalejšího vsaku a další využití akumulované vody.

#### ***Nevýhody:***

Ekonomická stránka. Nutnost rozsáhlých zemních prací.



Obrázek 11 Flexibilní a výkonný vsakovací blok Garantia Rain Bloc  
(GLYNWED, 2010a)

### **Vsakování s retenčním prostorem**

Retence je filtrace přes kombinaci s vsakováním vůči podloží utěsněné nádrže nebo příkopu s navazujícím vsakovacím pruhem (Hlavínek et al., 2008). Velmi vysoká čistící schopnost vlivem sedimentace a odbourávání rozpuštěných a nerozpuštěných látek v nádrži. Dodatečné biologické čištění díky oživené vrstvě půdy v jámě. Je nutné pravidelné čištění a kontrola (obzvláště na podzim při opadávání listí), pravidelný posek a ořezávání vodních rostlin a prohlubování dle potřeby (Mířková, 2009). Využití je při nízkých kvalitativních nárocích na vsakovanou vodu především u velmi dobře propustného podloží.

#### ***Výhody:***

Relativně malý nárok na plochu. Dobré retenční schopnosti. Uzpůsobitelný jako biotop.

#### ***Nevýhody:***

Pravidelná údržba. Nebezpečí zarůstání a zanášení.

### **Retenční zařízení v kombinaci s potrubním vsakováním**

Retence v nádržích a silně zpomalený odtok nebo vsakování rýhami umístěnými pod nádrží nebo na jejich stranách a následný odtok do kontrolní šachty, kde dochází ke škrcení odtoku (Hlavínek et al., 2008). Kombinace vsakování a retence nalézá možnost použití tam, kde jsou malé kvalitativní nároky na vsakovanou vodu – jako retenční systém při zaústění do recipientu (zvýšení hladiny nízké vody). Další

využití při málo propustném podloží nebo při kontaminované půdě (systém nádrže-rýhy).

***Výhody:***

Relativně malé nároky na plochu. Dobré retenční a odváděcí schopnosti.

***Nevýhody:***

Žádné možnosti údržby rýh.

## 6. Diskuse

V kapitole 2 jsem uvedl různé druhy použití dešťových vod. Jednalo se zejména o zavlažování, splachování toalety, mytí, úklid, čištění a praní. V diskuzních fórech týkajících se využití dešťových vod, jsem se setkal s obavami uživatelů na použití dešťových vod k praní. Hlavním problémem byla obava ze zanesení pračky nečistotami.

Dvořáková (2007) uvádí, že při používání dešťové vody především na zahradě na zalévání nebo na mytí auta, postačí systém, nevyžadující žádnou zvláštní filtraci vody, je vhodné pouze zabezpečit, aby do akumulární nádrže nebylo splavováno listí a další větší nečistoty, které by nádrž zanášely. Využití dešťové vody např. na praní už vyžaduje podstatně kvalitnější filtraci, kterou zajistí košíčkové filtry.

Filtrování dešťové vody pomocí různých filtrů dochází k odstranění nečistot a v nich přebývajících bakterií. K udržení hygieny zachycené vody také pochopitelně přispívá, pokud je zachycená dešťová voda uskladněna na chladném místě a není vystavena přímému slunečnímu záření (Hlavínek et al., 2008).

Univerzální košíčkové filtry jsou vhodné pro všechny druhy využití dešťové vody. Košíčková filtrace zajistí 100% výtěžnost přefiltrované vody (veškerá voda proteče skrz filtr do nádrže). Košíčky je možné použít jak samostatně, tak jako součást filtrační šachty. Samostatně zavěšený košíček představuje technicky nejjednodušší a cenově nejpříznivější filtrační jednotku. Nevýhodou je nutnost údržby a snížení využitelného objemu nádrží (Dvořáková, 2007).

Další filtrační zařízení nabízejí společnosti GLYNWED s.r.o. a BÖHM-EXTRUPLAST spol. s.r.o.

Téma, o kterém jsem se v mé práci zmínil jen okrajově, je retence na parkovištích a na průmyslových plochách. Kvůli nebezpečí kontaminace ropnými látkami není podle Vodního zákona ČR obecně možné vodu z parkovišť, frekventovaných silnic a manipulačních ploch vsakovat do půdy. Velké objemy dešťové vody je proto nutné zbavit těchto nebezpečných látek, poté zadržet v nepropustném retenčním poli nebo nádrži a nakonec sníženým průtokem odvádět do kanalizace, výjimečně do vodoteče.



Efektivním opatření je zachycení hrubých nečistot a sedimentů v sedimentační jímce, ropných látek v koalescenčním odlučovači. Zachycené dešťové vody se přivádí jednoduchým potrubním rozvodem do retenčního pole komor kde se rozlijí do plochy přímo v komorách i okolním šterku. Na druhé straně pole se opět jednoduchým sběrným potrubím ze zvolených řad (cca každá třetí až čtvrtá řada) odvádí do veřejné kanalizace. Rozlitem do plochy pole dojde k výraznému snížení špičkového průtoku (REXCOM, 2010).

Hlavním předmětem této diskuse je popis opatření sloužící k nakládání s dešťovými vodami. Mezi efektivní příklady řešení patří:

- Přeměna nepropustných ploch na propustné.
- Preferovat odvádění srážkových vod z pozemků povrchově, k tomu mohou sloužit příkopy, žlaby nebo rigoly umožňující částečné vsakování a tím i půdní filtraci.
- Pro odvádění srážkových vod v parcích požívat průlehy.
- Na pozemcích rodinných domů srážkové vody likvidovat vsakováním.
- Pro veřejné zpevněné plochy, kde není nebezpečí znečištění vod, využívat propustné materiály. Odtok z parkovišť a odstavných ploch vést přes zařízení sloužící k zachycení ropných látek a olejů.
- Pro likvidaci srážkových vod ze střech preferovat vsakovací drenáže.

Zařízení sloužící k regulaci odtoku a snížení znečištění:

- podzemní retenční nádrže s regulovatelným odtokem do přírodního prostředí nebo na ČOV v případě jednotné kanalizace,
- rybníky nebo jiné malé vodní nádrže,
- suché poldry,
- retenční stoky s regulovatelným odtokem (vírový regulátor nebo ventil, škrťací trať),
- dešťové usazovací nádrže a retenční nádrže,
- příkopy, rigoly.

Šálek (2005) navrhuje výstavbu zařízení umožňující infiltraci dešťových vod do podzemních vod. Tento způsob je v současné době značně propagovaný a navrhovaný. Stejného názoru je i Vítek (2008), pokud jsou vhodné podmínky je

možné vody zasakovat do podzemí. Podobný názor k nakládání s dešťovými vodami má Mudroch (2007), který preferuje akumulaci s následným využitím nebo vsakování. Meißner (2005) usiluje o opatření, která umožní dešťové vodě v místě spadu vsakování. Je-li plocha pro povrchové vsakování omezena, je možné použít také podzemní vsakovací zařízení s předsazeným čištěním v sedimentačních šachtách, odlučovačích lehkých látek nebo filtračních vacích. Šálek (2005) nezapomíná na riziko kontaminace podzemních vod znečištěnými dešťovými vodami. Mudroch (2007) proto navrhuje vodu z komunikací a parkovišť pročistit pomocí odlučovače ropných látek a poté odvádět k dalšímu zpracování.

V mnou prostudovaných publikacích nebyli autoři v rozporu s řešením jak nakládat s dešťovými vodami, s jejich názorem se tedy ztotožňuji.

## 7. ZÁVĚR

Urbanizace zvyšuje rozmanitost a množství znečišťujících látek vstupujících do vodních toků. V městských a navazujících příměstských oblastech je většina povrchu pokryta budovami a zpevněnými plochami s porušenou drenáží. Tyto úpravy neumožňují dešti a tajícímu sněhu vsak do země. Nastává rychlý odtok do vodních toků, který sebou nese i znečišťující látky. Existuje mnoho inovativních přístupů pro omezení odtoku dešťové vody. Při náhledu do územních plánů velkých měst se setkáváme s problematikou odtoku dešťových vod, jejíž nejčastějším řešením je likvidování dešťové vody ze zelených ploch zasakováním na místě. Čisté dešťové vody ze střech objektů vsakovat nebo jímat na vlastním pozemku to samé platí pro dešťové vody ze zpevněných ploch, kde nehrozí kontaminace ropnými produkty. Při ohrožení kontaminací ropnými produkty využít odlučovače ropných látek. V případě, že nebude možné dešťové vody likvidovat přímo na pozemku, budou tyto vody jímány do retenčních nádrží, odkud budou odpouštěny pomocí řízeného odtoku do dešťové kanalizace. Retence je nezbytná pro zachycení dešťových vod, jejich akumulaci a postupné vypouštění tam, kde nelze beze zbytku uplatnit přímé zasakování. Výše uvedená opatření omezí změnu odtokových poměrů v urbanizovaném území a budou mít příznivý dopad na okolí.

V mé práci bylo snahou seznámit čtenáře s problematikou urbanizovaných území. Dále byla práce zaměřena na retenci dešťových vod pomocí ochranných retenčních nádrží a decentralizovanou retenci dešťových vod (na jednotlivých nemovitostech). Vsakování dešťové vody má značný ekologický význam v souvislosti s udržení hladiny podzemních vod, tomu to tématu bych se chtěl dále věnovat v diplomové práci.

## 8. Přehled literatury a použitých zdrojů

1. ASOCIACE ČISTÍRENSKÝCH EXPERTŮ ČESKÉ REPUBLIKY, 2009: Posouzení stokových systémů urbanizovaných povodí, online: [http://www.opzp.cz/soubor-ke-stazeni/17/5237-metodicka\\_prirucka\\_stokovy\\_system\\_090604.pdf](http://www.opzp.cz/soubor-ke-stazeni/17/5237-metodicka_prirucka_stokovy_system_090604.pdf), cit. 25.2.2010
2. BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT, 2009: Naturnaher umgang mit regenwasser – verdunstung and versickerung statt ableitung. Bayerisches Landesamt für Umwelt, Augsburg, 8 s.
3. BENEŠ R., 2007: Protipovodňová opatření v intravilánech měst se zaměřením na hlavní město Prahu, online: <http://www.ireas.cz/projekty/pop/download/protipovodnova-opatreni.pdf>, cit. 13.3.2010
4. ČERMÁKOVÁ B., MUŽÍKOVÁ R., 2009: Ozeleněné střechy. Grada Publishing, Praha, 246 s.
5. ČHMÚ, 2010: Vypočtená základní bilance srážek a evapotranspirace pro travní porost, online: <http://www.chmi.cz/meteo/ok/aviso.html>, cit. 20.1.2010
6. ČSN 73 1901 Navrhování střech – Základní ustanovení
7. ČSN 75 6101 Stokové sítě a kanalizační přípojky
8. DVOŘÁKOVÁ D., 2007: Kvalita dešťové vody a čištění, online: <http://www.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=3962>, cit. 26.3.2010
9. DOW Building solutions, 2010: Zelená střecha, online: <http://building.dow.com/europe/cz/app/strech/zelena.htm>, cit. 28.3.2010
10. GLYNWED, 2010: Dešťová (srážková) voda - praktické řešení, online: <http://www.glynwed.cz/cs/vodni-hospodarstvi/destova-srazkova-voda-prakticka-reseni.html>, cit. 21.3.2010
11. GLYNWED, 2010a: Vsakovací blok, online: <http://www.glynwed.cz/cs/vodni-hospodarstvi/vsakovani-destove-vody/vsakovaci-blok.html>, cit. 28.3.2010
12. HANOUSEK M., 2005: Voda pro chataře a zahrádkáře. Grada Publishing, Praha, 94 s.
13. HÁJEK V., HÁJEK P., NOVOTNÝ M., PAVLÍKOVÁ M., 1999: Pozemní stavitelství II. Sobotáles, Praha, 218 s.

14. HLAVÍNEK P., PRAX P., SKLENAROVA T., KUBÍK J., HLUŠTÍK P., 2008: Integrovaný přístup při řešení využití dešťových vod v intravilánu, online: <http://www.mze-vyzkum-infobanka.cz/zpravy-1981.aspx>, cit. 1.1.2010
15. HYDROLOGICKÁ BILANCE MNOŽSTVÍ A JAKOSTI VODY ČESKÉ REPUBLIKY V ROCE 2008, online: [http://www.chmi.cz/hydro/opzv/bilance/zprava\\_bilance\\_08.pdf](http://www.chmi.cz/hydro/opzv/bilance/zprava_bilance_08.pdf), cit. 24.2.2010
16. KEMEL M., 1996: Klimatologie, meteorologie, hydrologie. Vydavatelství ČVUT, Praha, 289 s.
17. KRAVČÍK M., POKORNÝ J., KOHUTIAR J., KOVÁČ M., TÓTH E., 2007: Voda pre ozdravení klíma – Nová vodná pradiigma. Vydavatelství Krupa Print, Žilina, 96 s.
18. KREJČÍ V., a kol., 2002: Odvodnění urbanizovaných území – koncepční přístup. Noel 2000 s.r.o., Brno, 562 str.
19. KUTÍLEK M., KURÁŽ V., CÍSLEROVÁ M., 2000: Hydropedologie 10. Vydavatelství ČVUT, Praha, 176 s.
20. MANA V., TRZASKI L., 2009: Vodní režim v urbanizované krajině, online: [http://www.belbo.cz/wp-content/uploads/2009/12/Vodni\\_rezim\\_v\\_urbanizovane\\_krajine.pdf](http://www.belbo.cz/wp-content/uploads/2009/12/Vodni_rezim_v_urbanizovane_krajine.pdf), cit. 11.9.2009
21. MEIBNER E., NADLER A., ROSENZWEIG G., 2005, Přírodě blízké odvodnění dopravních ploch v sídlech. Bavorský zemský úřad pro životní prostředí, Mnichov, 39 s.
22. MIFKOVÁ T., 2009: Retence dešťových vod I., online: <http://www.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=6053>, cit. 19.11.2009
23. MUDROCH L., 2007: Co s dešťovou vodou?, online: <http://www.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=4349>, cit. 29.3.2010
24. PFT, 2010: Prostředí a fluidní technika s.r.o., online: <http://www.pft-uft.cz/nabidka/fluidvortex.php>, cit. 27.2.2010
25. POŠTULKA Z., 2007: Role lesního hospodářství při retenci vody v české krajině. Arch spol. s.r.o., Brno 32 s.
26. SOBOTA J., 2007: Hydrologie stokových sítí 3 část. Studijní texty ČZU, Praha, 20 s.

27. ŠÁLEK J., 2005: Nakládání s dešťovými vodami v urbanizovaném prostředí. Slovák časopis oboru vodovodů a kanalizací – číslo 1/2005: 2-4
28. TOBIÁŠEK P., ALEXIEVOVÁ R., SIMONIDES J., 1980: Stavební doplňky zahrady. Státní zemědělské nakladatelství Praha, 480 s.
29. TOURKOVÁ J., 2004: Hydrogeologie. Vydavatelství ČVUT, Praha, 165 s.
30. U. S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2010: Protecting Water quality from urban runoff, online:  
[http://www.epa.gov/owow/nps/urban\\_facts.html](http://www.epa.gov/owow/nps/urban_facts.html), cit. 27.2.2010
31. Ústav pro ekopolitiku, o. p. s., 2009: Jak hospodařit s dešťovou vodou na soukromém pozemku, online:  
<http://www.ekolist.cz/zprava.shtml?x=2214276>, cit. 5.3.2010
32. VALÁŠEK J., ŽABIČKA Z., PERÁČKOVÁ J., KABELE K., 2001: Zdravotnětechnická zařízení a instalace. Jaga group, Bratislava, 322 s.
33. VÍTEK J., 2008: Odvodnění urbanizovaných území podle principu udržitelného rozvoje. Urbanismus a územní rozvoj – ročník XI – číslo 4/2008: 15-25.
34. Zákon č.254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon) v platném znění
35. Zákon č.274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích) v platném znění.
36. ZPRÁVA O STAVU VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ ČESKÉ REPUBLIKY 2007, online: [http://eagri.cz/public/eagri/file/6493/modra\\_zprava\\_2007.pdf](http://eagri.cz/public/eagri/file/6493/modra_zprava_2007.pdf), cit. 24.2.2010
37. ŽABIČKA Z., 2005: Odvodnění staveb. Era, Brno, 96 s.
38. WERIT, 2010: Ekologické využití dešťových vod, online:  
[http://www.tabulky.sk/PDF/K072/destova\\_voda/destova\\_voda\\_Werit\\_Uvod.pdf](http://www.tabulky.sk/PDF/K072/destova_voda/destova_voda_Werit_Uvod.pdf), cit. 1. 3. 2010