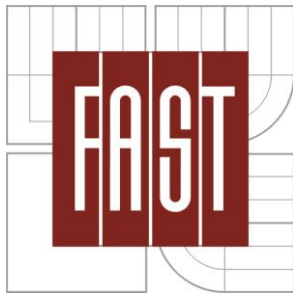


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF MUNICIPAL WATER MANAGEMENT

RETENČNÍ NÁDRŽE A STOKY NA STOKOVÉ SÍTI

RETENTION BASINS AND SEWERS ON THE SEWER NETWORK

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

TOMÁŠ KOLÁŘ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

doc. ing. JAROSLAV RAČLAVSKÝ, Ph.D.

BRNO 2016

ZADÁNÍ

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce je zaměřena na navrhování, provozování a řízení retenčních nádrží a retenčních stok na stokových sítích. Je zde zmíněn jejich účel, funkce a využití, jejich rozdělení, stavební řešení, konstrukce a jejich vybavení. Dále jsou uvedeny dva konkrétní příklady retenčních nádrží v Brně a krátké shrnutí počtů retenčních nádrží ve vybraných českých městech.

Součástí práce je modelový příklad výpočtu objemu retenční nádrže a retenční stoky pro obec Horní Lapač.

Klíčová slova: retenční nádrž, retenční stoky, retence srážkových vod, provoz nádrží

ABSTRACT

This thesis is focused on the design, operation and management of retention basins and retention sewers to sewerage networks. There is also mentioned their purpose, function and use, their distribution, building design, construction and equipment. Below are two specific examples of retention reservoirs in Brno and short summary of number of retention ponds in selected Czech cities.

Part of the work is a model example of calculating the amount of retention basins and retention ditches for the village of Horní Lapač.

Keywords: retention basins, retention sewer, retention of rainwater, operation of reservoirs

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

KOLÁŘ, Tomáš. *Retenční nádrže a stoky na stokové síti*. Brno, 2016. 65 s., 2 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce doc. Ing. Jaroslav Raclavský, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval samostatně, a že jsem uvedl všechny použité a informační zdroje.

V Brně dne 26.5.2016

.....

podpis autora

PODĚKOVÁNÍ

Chtěl bych poděkovat mému vedoucímu bakalářské práce panu doc Ing. Jaroslavu Raclavskému, Ph.D. za jeho odborné vedení práce, za přínosné rady a informace a čas strávený při konzultování.

OBSAH

1	ÚVOD	10
1.1	Úvod do problematiky retenčních nádrží.....	10
1.2	Struktura a cíle práce.....	10
2	HISTORICKÝ PŘÍSTUP K ODVODNĚNÍ URBANIZOVANÝCH POVODÍ 11	
2.1	Integrální přístup.....	11
2.2	Souvislé řešení odvodnění	11
2.3	Seznam souvisejících norem	12
3	PROČ AKUMULOVAT DEŠŤOVÉ VODY V RETENČNÍCH NÁDRŽÍCH?	13
4	ROZDĚLENÍ RETENČNÍCH NÁDRŽÍ	14
4.1	Rozdělení retenčních dešťových nádrží dle funkce.....	14
4.1.1	Retenční.....	14
4.1.2	Detenční	14
4.1.3	Záchytné.....	15
4.1.4	Průtočné.....	15
4.1.5	Usazovací (sedimentační)	15
4.1.6	Kombinované	16
4.1.7	Akumulační stoky	16
4.2	Dělení retenčních dešťových nádrží dle uspořádání	17
4.2.1	Dešťové nádrže v hlavním směru.....	17
4.2.2	Dešťové nádrže ve vedlejším směru	17
4.3	Retence dešťových vod.....	18
4.3.1	Retence dešťových vod pomocí ochranných retenčních nádrží.....	18
4.3.2	Decentralizovaná retence dešťových vod	19
5	RETENCE DEŠŤOVÝCH VOD Z JEDNOTLIVÝCH NEMOVITOSTÍ.....	21
5.1	Střechy umožňující zadržení vody	21
5.2	Retenční nádrž na dešťovou vodu	21
5.3	Retence na parkovištích a průmyslových plochách	21
5.4	Retenční stoka	22
5.5	Filtrační jímka	22

5.6	Plastové voštinové bloky	22
5.7	Retenční filtrační nádrž	23
5.8	Vsakování s retenčním prostorem	23
5.9	Retenční zařízení v kombinaci s potrubním vsakováním	23
6	KONSTRUKCE RETENČNÍCH NÁDRŽÍ.....	24
6.1	Stavební řešení retenčních nádrží.....	24
6.1.1	Přírodní retenční nádrže	24
6.1.2	ŽB retenční nádrže	25
6.1.3	Speciální konstrukce retenčních nádrží.....	25
6.1.4	Podzemní retenční dešťové nádrže	26
6.2	Retenční nádrže a jejich vodotěsnost.....	27
7	FUNKČNÍ VYBAVENÍ NÁDRŽÍ	29
7.1	Regulátor odtoku	29
7.1.1	Deskové uzávěry a clony	29
7.1.2	Plovákový regulátor odtoku	29
7.1.3	Vírový odtokový regulátor	30
7.1.4	Škrťící trať na odtoku z nádrže.....	30
7.1.5	Další typy regulátorů odtoku.....	30
7.2	Měřicí technika	31
7.3	Vybavení pro odstraňování nečistot z hladiny.....	31
7.3.1	Bubnové otočné filtry.....	31
7.3.2	Norné stěny	31
7.4	Bezpečnostní objekty	32
7.5	Vybavení pro čištění nádrží.....	32
7.5.1	Vyplachovací klapky.....	32
7.5.2	Vyplachovací vodní děla.....	33
7.5.3	Ponorné míchadla a tryskové čističe	33
8	RETENČNÍ NÁDRŽE V ČR	34
9	„WATER SQUARE“ – VODNÍ NÁMĚSTÍ	36
10	PROVOZ RETENČNÍCH DEŠŤOVÝCH NÁDRŽÍ.....	37
10.1	Všeobecně	37
10.2	Údržba.....	38

10.3	Provozní zkušenosti z praxe	39
10.3.1	Základní uspořádání nádrží v hlavním [16]	39
10.3.2	Základní uspořádání nádrží ve vedlejším směru [16]	40
10.3.3	Základní provozní stavy	41
11	ZNEČIŠTĚNÍ SRÁŽKOVÝCH VOD	45
12	DIMENZOVÁNÍ RETENČNÍCH NÁDRŽÍ	49
12.1	Racionální metody	49
12.1.1	Dimenzování dle ČSN 75 6261 <i>Dešťové nádrže</i>	49
12.2	Bilanční metody dimenzování dešťových nádrží	52
12.2.1	The U.S. Army Corps of Engineer's River Analysis systém (HEC-RAS) ..	53
12.2.2	EPA Storm Water Management Model (SWMM).....	53
13	MODELOVÝ PŘÍKLAD NÁVRHU RETENČNÍ NÁDRŽE A RETENČNÍ STOKY	54
13.1	Návrh retenční dešťové nádrže	54
13.1.1	Návrh retenční nádrže s periodicitou $p = 0,5$	54
13.1.2	Návrh retenční nádrže s periodicitou $p = 0,2$	55
13.2	Návrh retenční stoky	56
13.2.1	Návrh retenční stoky pro déšť s periodicitou $p = 0,5$	56
13.2.2	Návrh retenční stoky pro déšť s periodicitou $p = 0,2$	56
14	ZÁVĚR	57
15	POUŽITÁ LITERATURA	58
	SEZNAM TABULEK	61
	SEZNAM OBRÁZKŮ	62
	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	63
	SEZNAM PŘÍLOH	64
	SUMMARY	65

1 ÚVOD

1.1 ÚVOD DO PROBLEMATIKY RETENČNÍCH NÁDRŽÍ

Tématem mojí bakalářské práce je zpracování rešerše z oblasti navrhování a řízení retenčních nádrží a stok na stokových sítích. Součástí bakalářské práce je modelový příklad návrhu retenční nádrže a retenční stoky v obci Horní Lapač.

Retenční nádrže slouží pro zadržení požadovaného množství srážkové vody na určitou dobu, před samotným vypouštěním do stokové sítě nebo vodního toku. Snižují a zamezují odnos znečištění dešťových vod nebo zředěných odpadních vod do vodních recipientů díky sedimentaci. Dále transformují přívalové vlny zředěných odpadních vod díky retenci s možností vyrovnaného odtoku do ČOV [4]. Chrání kanalizační systém nebo vodní tok před zahlcením srážkovou vodou z přívalových dešťů. Retenční nádrž je nejčastěji budována při průmyslových objektech a velkých zpevněných plochách. Vybudováním retenční nádrže na stávajících rekonstruovaných nebo nově budovaných kanalizačních systémech, můžeme navrhnout menší dimenze potrubí umístěných pod retenční nádrží. Dalším plusem je možnost napojení odvodnění z nových urbanizovaných ploch do stávajících stokových sítí bez nežádoucího přetížení.

Umístění vhodně dimenzované retenční nádrže do systému dešťové kanalizace je nejen ekonomicky a ekologicky vhodné řešení, ale v místech s nevhodnou geologií pro vsakování je jediným možným řešením, jak splnit ustanovení platné legislativy (viz vyhláška MMR ČR č. 501 o obecných požadavcích na využívání území, § 20 odst. 5, písmeno c). Dle ustanovení této vyhlášky je nutno na každém stavebním pozemku, na kterém nelze realizovat vsakovací systémy, zadržet 20 mm denního úhrnu srážek. Vodu akumulovanou v retenční nádrži je možno využívat jak pro sociální zázemí objektu, tak pro mytí aut či údržbu zeleně.

Retenční nádrže a stoky na stokových systémech mají také svoje zápory. Mezi ně patří samotný provoz, který bývá komplikovaný, a zanášení potrubí sedimenty a s tím spojené obtížné čištění potrubí a samotných nádrží.

Odvodňovací systémy jsou jedním z charakteristických prvků urbanizovaného území, které zajišťují životní komfort. Zároveň musejí splňovat požadavky na ochranu životního prostředí [11].

1.2 STRUKTURA A CÍLE PRÁCE

Dílčí cíle práce jsou definovány následovně:

- literární rešerše tématu retenčních nádrží a retenčních stok na stokových sítích: historie, funkce, rozdělení, dimenzování a provozování retenčních nádrží;
- modelový příklad návrhu retenční nádrže a retenční stoky v obci Horní Lapač.

2 HISTORICKÝ PŘÍSTUP K ODVODNĚNÍ URBANIZOVANÝCH POVODÍ

Klasický přístup (19. a první pol. 20. Století) k odvodnění odpadních vod z urbanizovaných povodí měl základní myšlenku – v co nejkratším čase odvést srážkové vody do vodního toku bez vzniku jakýchkoliv škod. Primárně byly budovány jednotné kanalizační systémy. V těchto systémech se splaškové a srážkové vody odváděly společně na čistírnu odpadních vod (dále jen ČOV). Možností retence odpadních vod se v urbanizovaných povodích nezabývalo, stejně tak se nezabývalo znečištěním vodních toků kvůli nekontrolovatelnému vypouštění odpadních vod.

V posledních dvou desetiletích se podstatně změnila koncepce přístupu v městském odvodňování díky rozmachu urbanizace [11]. Byl prosazen systémový přístup k vodohospodářskému řešení odvodnění, který posuzuje veškeré prvky odvodnění a všechny procesy ve vzájemných souvislostech.

Tento tzv. integrovaný systém je schopen na jedné straně zaručit trvale udržitelný rozvoj městských aglomerací, na druhé straně díky splněným environmentálním požadavkům chránit životní prostředí [11].

2.1 INTEGRÁLNÍ PŘÍSTUP

Spočívá v systémovém přístupu. Tento přístup obsahuje všechny podstatné prvky srážko-odtokového procesu [11]. Jak ze strany jakosti, tak ze strany množství vody. Jedná se o komplex vodohospodářských úloh, kam patří oblast zpracování a vyhodnocení srážek, oblast odtoku po povrchu povodí, oblast proudění vody a transportu vody a látek stokovou sítí a objekty, oblast hydrauliky objektů, oblast chemických a biologických procesů na ČOV a oblast vnosu znečištění do vodních toků neboli vlivy znečištění ve vodních tocích. Tento metodický přístup vyjadřuje skutečně probíhající procesy celého systému a umožňuje předpovídat reálné důsledky investičních záměrů. Toto řešení podstatně snižuje nejistoty vodohospodářského řešení i tím, že se zabývá statickým hodnocením důsledků proudění ve stokách.

2.2 SOUVISLÉ ŘEŠENÍ ODVODNĚNÍ

Kontinuita řešení retenčních nádrží spočívá v periodickém aktualizování dle nových požadavků, které udávají nové okolnosti jak z hlediska správy a údržby stokových sítí, tak z hlediska koncepčních změn rozvoje města [11]. Dnes existuje v daných oblastech verifikovaný simulační model a navíc jsou všechna data k dispozici. Tento model lze modifikovat a posoudit pomocí něho nové okolnosti, investiční záměry a návrhy na částečnou změnu koncepce.

2.3 SEZNAM SOUVISEJÍCÍCH NOREM

- ČSN 75 6261 Dešťové nádrže
- ČSN 75 6101 Stokové sítě a kanalizační přípojky
- ČSN 75 6262 Odlehčovací komory a separátory
- ČSN 75 0905 Zkoušky vodotěsnosti vodárenských a kanalizačních nádrží
- ČSN 75 2410 Malé vodní nádrže
- ČSN 75 2310 Sypané hráze
- ČSN 73 6005 Prostorové uspořádání sítí technického vybavení
- ČSN 75 6402 Čistírny odpadních vod do 500 ekvivalentních obyvatel
- ČSN 75 6930 Obsluha a údržba čistíren odpadních vod
- ČSN 01 3463 Výkresy inženýrských staveb – výkresy kanalizace
- TNV 75 6911 Provozní řád kanalizace
- DWA-A 138 Bemessung von Regenrückhalteräumen
- ATV-A 128 Richtlinien für die Bemessung und Gestaltung von Regenentlastungsanlagen in Mischwasserkanälen

3 PROČ AKUMULOVAT DEŠŤOVÉ VODY V RETENČNÍCH NÁDRŽÍCH?

Ve špatných geologických podmínkách, kdy geologická (všechny typy podloží), hydrogeologická (vysoká hladina podzemní vody) skladba oblasti neumožňuje vsakování přebytečné dešťové vody, je retence jedinou možností, jak uspokojivě vyřešit podmínky stavebního zákona pro retenci srážkové vody. Při vhodně zvoleném řešení se může retence vody stát ekonomicky výhodnou.

Cena veřejně prodávané vody bude neustále stoupat a využití zadržené vody ať už pro údržbu zahrady, mytí aut a techniky, či použití (po úpravě) pro praní a splachování WC bude stále více ekonomicky přijatelným východiskem. Při průměrném srážkovém úhrnu 660 mm za rok a při obvyklé ploše střechy kolem 180 m² bude možno při normovém koeficientu odtoku ze střechy (průměr = 0,95) akumulovat v retenční nádrži cca 120 m³ dešťové vody.

Retenční nádrže tvoří velice významnou složku krajiny, pozitivně ovlivňují její ekologickou stabilitu [1],[2]. Současný nepříliš uspokojivý stav prakticky všech retenčních nádrží v České republice je výsledkem dlouhodobého nezájmu o údržbu, nízké míry finančních prostředků, vkládaných v minulosti v této oblasti jak do údržby, tak do investic, ale i do prevence negativních vlivů. Aktuální problematika tvoří rozsáhlý komplex navzájem se ovlivňujících a provázaných hledisek. Při řešení problémů je nutno uvažovat jejich vazbu na celý komplex vodohospodářských problémů povodí a vzájemné interakce.

V současné době existuje velká řada důvodů pro omezení odtoku dešťové vody z jednotlivých nemovitostí (např. možnost využívání dešťové vody jako užitkové vody; snížení průtoku v kanalizaci za deště; snížení hydraulického zatížení a látkového znečištění na ČOV za deště; podpora obnovy podzemní vody apod.).

S ohledem na ochranu životního prostředí, ale i s ohledem na technické a ekonomické souvislosti je potřebné snižovat množství odváděných dešťových vod při využití všech možností, přes „propustné programy při úpravě zpevněných povrchů“, retenci, využití dešťové vody a přímé vypouštění do vodních toků. S myšlenkami na další generace je zcela jasné, že je nutné vzít odpovědnost za ochranu tohoto zdroje do svých rukou a co možná nejvíce soustředit pozornost na “náhradní zdroje“ vody využitelné s individuálními omezeními ve všech oblastech lidských potřeb.

4 ROZDĚLENÍ RETENČNÍCH NÁDRŽÍ

4.1 ROZDĚLENÍ RETENČNÍCH DEŠŤOVÝCH NÁDRŽÍ DLE FUNKCE

Podle funkce se retenční dešťové nádrže rozdělují na retenční, detenční, záchytné, průtočné a sedimentační (usazovací) [6]. V normě ČSN 75 6261 *Dešťové nádrže* není pojem *detenční nádrž* uveden. Namísto pojmu detenční dešťové nádrže se užívá starší pojem retenční nádrže, který je vzhledem k současnému nakládání s dešťovými vodami v zastavěných územích nevhodný.

4.1.1 Retenční

Slouží pro vyrovnání odtoku. Navrhují se, když maximální přítok do příčného profilu je větší než požadovaný odtok. Je doporučeno tyto nádrže osazovat bezpečnostními přelivy [4].

Podle prof. Ing. Pavla Urcikána, DrSc. a doc. Ing. Dušana Rusnáka, Ph.D. jsou retenční dešťové nádrže (RDN) navrhovány jak pro akumulaci a trvalé zachycení dešťového průtoku vsakováním do dna a do svahů nádrže, tak pro výpar z nádrže, případně s přepadem do vodního recipientu přes bezpečnostní přeliv [23].

4.1.2 Detenční

Slouží ke krátkodobé retenci části přívalové vlny a k transformaci a následnému regulovatelnému odtoku na ČOV nebo do stokové sítě [6]. Navrhují se z hygienických důvodů na jednotných stokových sítích obvykle jako podzemní nepropustné ŽB nádrže. Jsou nepropustné kvůli zabránění kontaminace podloží a podzemních vod. Mimo zastavěná území se tyto nádrže navrhují jako otevřené s propustným nebo nepropustným povrchem. Konstrukce těchto nádrží není určena pro sedimentaci, proto se z provozních důvodů navrhují před nádržemi lapače splavenin. V situacích, kdy navrhujeme otevřené nádrže, je nutné na začátku nádrže umístit sedimentační zónu, která by při jejím dostačujícím objemu měla pojmout kal obsažený v přítékajících dešťových vodách. Kvůli následnému odstraňování kalu ze dna nádrže je třeba, aby dno nádrže bylo zpevněné a aby byly do nádrže navrhnuté odpovídající přístupové cesty pro techniku. Pro zabránění usazování jsou instalovány vírové mísiče.

Detenční dešťové nádrže (DDN) se podle prof. Ing. Pavla Urcikána, DrSc. a doc. Ing. Dušana Rusnáka, Ph.D. navrhují na dočasnou akumulaci části dešťové přítokové vlny s cílem její transformace a zmenšení vrcholového dešťového průtoku [23].

4.1.3 Záchytné

Navrhují se v případech, kde se očekává tvorba vlny, která sebou přináší znečištění a na místech s dotokem do 15 minut (max. 20 minut) [6]. Umisťují se za OK s vysokou přelivnou hranou. Tyto nádrže mají hlavně retenční funkci. Po naplnění nádrže přebírá funkci bezpečnostního přelivu OK s vysokou přelivnou hranou, ze které jsou vody vedeny přes přeliv do recipientu nebo na škrťací trať která vede do ČOV. Tyto nádrže se navrhují na jednotných stokových sítích hlavně jako bezodtokové. V hlavním směru jsou prázdněny především gravitačním odtokem a ve směru vedlejším jsou přečerpávány [4].

Výhodou těchto nádrží umístěných v hlavním směru jsou menší prostorové nároky, přičemž není třeba spojovacího potrubí [6]. Nevýhodou jsou naopak vyšší nároky na výškové rozdíly mezi přítoky a odtoky. Ve vedlejším směru umístíme tyto nádrže, když je výškový rozdíl přítoku a odtoku nedostatečný. Nevýhodou takto konstruovaných nádrží je větší počet spojovacího potrubí a nutnost osazení nádrže pro čerpání vody z nádrže do kanalizace.

4.1.4 Průtočné

Navrhují se tam, kde neočekáváme tvorbu vlny výrazného znečištění [6]. Navrhují se i v územích s dotokem delším než 20 minut. Tyto nádrže se umisťují na jednotné stokové síti obvykle za odlehčovací komoru s vysokou přelivnou hranou. Průtočné nádrže se osazují přelivy, které slouží pro odvádění přebytečné vody do recipientu. Jejich funkce je hlavně čistící a retenční. Po naplnění nádrže jsou vody vedeny přes přeliv do recipientu [4].

4.1.5 Usazovací (sedimentační)

Slouží pro zachycení usaditelných a plovoucích nečistot [6]. Navrhují se jenom na dešťových stokách oddílné stokové síti. Jejich funkce je čistící a retenční. Obvykle nejsou obtékané, proto splňují i funkci průtočných nádrží. Nejčastější použití je pro zachycení povrchových vod odváděných z pozemních komunikací.

Mívají zatravněné dno, které je odizolované od podloží pomocí fólie nebo vrstvy nepropustné zeminy. Účinek je nejen mechanický, stejně jako v čistírenských usazovacích nádržích, ale i biologický [4]. Biologický účinek zajišťuje břehová část a vodní vegetace. Navrhují se na úplný přítok srážkových vod, které jsou přiváděny oddílnou stokovou soustavou.

4.1.6 Kombinované

Navrhují se jako soustava dešťových nádrží (kombinace záchytných a průtočných dešťových nádrží), kdy očekáváme počáteční splach s intenzivní koncentrací znečištění a následným přítokem s koncentrací vyrovnanou. První nádrž je záchytná a všechny další jsou např. průtočné [4].

Navrhují se na územích s dotokem delším než 20 minut a pokud se na území nachází několik odlehčovacích komor s vysokou přelivnou hranou [6]. Nespornou výhodou těchto nádrží je sedimentační a záchytná funkce v jenom objektu a možnost libovolně členit celkový objem této kombinované nádrže na sedimentační a záchytný oddíl. Nevýhodou jsou pak stavební a provozní náklady a obtížné hydraulické řešení přepadových prahů.

4.1.7 Akumulační stoky

Tyto stoky jsou záměrně předimenzovány a plní retenční funkci [6]. Navrhují se obvykle v kombinaci s odlehčovacími komorami s vysokou přelivnou hranou. Na odtoku z těchto stok se osazují škrťací tratě, které zajišťují maximální přijatelný odtok na ČOV v době srážky. Po skončení dešťů by vyprazdňování těchto stok nemělo překročit 15 hodin. Dle umístění odlehčení se tyto stoky dělá na akumulaci s odlehčením na odtoku a akumulaci s odlehčením na přítoku.

Příkladem navrhování a provozování akumulaci s odlehčením na přítoku mohou být akumulaci s odlehčením na přítoku realizované na stokové síti v Plzni.

Akumulaci s odlehčením na přítoku

Jsou svojí funkcí a dimenzemi podobné dešťovým záchytným nádržím. Z pohledu zachycení prvotního dešťového splachu jsou výhodnější. Jsou taktéž vhodnější pro akumulaci menší než 50 m³.

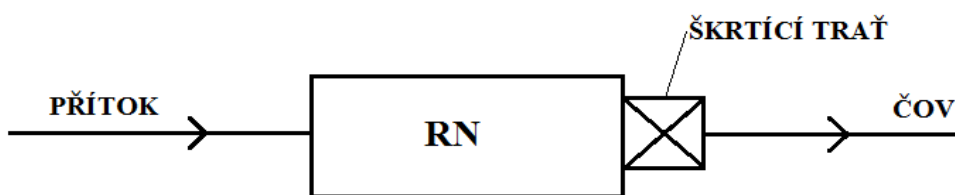
Akumulaci s odlehčením na odtoku

Tyto stoky zachycují prvotní dešťový splach jenom na dobu méně intenzivních dešťů. Funkcí se podobají dešťovým průtočným nádržím. Navrhují se jako dešťové průtočné nádrže s 50% zvětšením objemu pro horší sedimentační podmínky.

4.2 DĚLENÍ RETENČNÍCH DEŠŤOVÝCH NÁDRŽÍ DLE USPOŘÁDÁNÍ

4.2.1 Dešťové nádrže v hlavním směru

Schéma zapojení retenčních dešťových nádrží v hlavním směru je znázorněno na obr. 4.1. Navrhují se v případech dostatečných výškových poměrů na hlavních stokách [4]. Tyto nádrže jsou neustále protékány kanalizačními vodami, které jsou vedeny k ČOV nebo k recipientu. Na výtoku bývají nádrže vždy osazeny regulátorem odtoku.

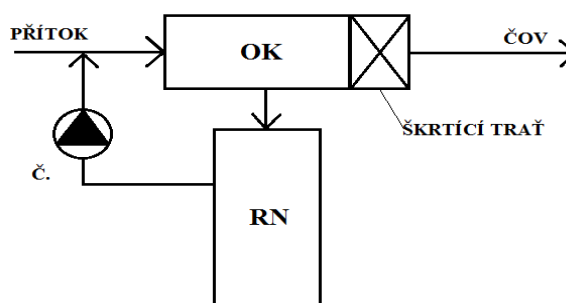


Obr. 4.1 - Příklad zapojení dešťové nádrže do stokové sítě v hlavním směru [4]

ČOV - čistírna odpadních vod, RN – retenční nádrž

4.2.2 Dešťové nádrže ve vedlejší směru

Schéma zapojení retenční dešťové nádrže ve vedlejší směru je znázorněno na obr. 4.2. Retenční nádrže ve vedlejší směru se navrhují tam, kde jsou nevyhovující výškové poměry hlavní stoky [4]. Za bezdeštných průtoků jsou nádrže prázdné, kanalizační vody odtékají do ČOV stokou, která vede mimo dešťovou nádrž. Za deště jsou nádrže plněny přes boční přelivnou hranu připojené OK. Tato OK je osazena škrticí trati umístěnou na odtoku směrem na ČOV.



Obr. 4.2 - Příklad zapojení dešťové nádrže do stokové sítě ve vedlejší směru [4]

ČOV – čistírna odpadních vod, RN – retenční nádrž, OK – odlehčovací komora, Č - čerpadlo

4.3 RETENCE DEŠŤOVÝCH VOD

Retenci dešťových vod můžeme rozdělit na:

- retenci dešťových vod pomocí ochranných retenčních nádrží
- decentralizovanou retenci dešťových vod (na jednotlivých nemovitostech)

4.3.1 Retence dešťových vod pomocí ochranných retenčních nádrží

V současnosti se stále více zvyšuje procento zastavěné plochy v urbanizovaných územích, což má za následek zvyšování objemu a špičky dešťového odtoku [1],[2]. Každé urbanizované území má za následek změnu charakteru přímého dešťového odtoku se snahou stanovit vhodné řešení odtokových poměrů v intravilánu formou retence dešťových vod. Problém velkých ploch můžeme řešit retencí srážek. Retenční nádrže nahrazují přirozené retenční vlastnosti krajiny, ochranu před velkými vodami, dešťovými odtoky, ale zachycují i smyvy půdy. Funkce ochranná je primární. Ostatní nádrže plní tuto funkci jako vedlejší.

Do skupiny ochranných retenčních nádrží patří [1],[2]:

- **Suché retenční nádrže** – tzv. *poldry* jsou takové nádrže, jejichž prostor je vyhrazen ke krátkodobému zadržení povodňových průtoků a následnému postupnému vypouštění vody. Poldr nemá prostor stálého nadržení vody a jeho retenční objem je 100%. Po odeznění povodně může být suché dno nádrže využíváno k hospodářským účelům, např. jako louka nebo pastvina. Z ekologického hlediska se preferují poldry víceúčelové, tzv. ekologické poldry, které mají prostor částečného nadržení vody a nezatěžují tak krajinu;
- **Retenční nádrže s přesně vymezeným ochranným prostorem** – nádrže, které slouží k zachycení části nebo celé povodňové vlny v ovladatelném resp. neovladatelném prostoru nádrže, transformují povodňovou vlnu a po jejím průchodu řízeně vyprazdňují ochranný prostor až po hladinu vymezeného zásobního prostoru, pro návrh takovéto nádrže je nutná znalost max. povodňových průtoků;
- **Protierozní nádrže** – plní především protierozní ochranné funkce, dále zachycují splaveniny, regulují průtoky vody, zlepšují kvalitu vody. Část vody se infiltruje do podzemních vod, takovéto nádrže jsou nazývány vsakovací protierozní nádrže;
- **Dešťové nádrže** - slouží k zachycení a krátkodobé akumulaci vod ze srážek. O způsobu využití srážek zachycených v těchto nádržích rozhoduje jejich kvalita a množství. V ČR se tyto nádrže využívají v malém měřítku;
- **Infiltrační výtopové nádrže** - slouží ke krátkodobému zadržení přebytku přitékající vody, jejímu částečnému využití k závlaze luk v údolních nivách řek a lužních lesů
- **Nárazové nádrže** - jsou určeny k vyrovnání nárazových průtokových vln ve vzdálených profilech při řízení průtoků.

4.3.2 Decentralizovaná retence dešťových vod

V této části bude popsána retence dešťových vod na jednotlivých nemovitostech (tzv. decentralizovaná retence) [1],[2]. Retence, využití a infiltrace srážkové 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. Důležitým elementem zachycení jsou zařízení pro omezení odtoku.

Pro omezení odtoku se používají zařízení k regulaci odtoku:

- škrťací trať – potrubí s tlakovým průtokem zajišťující požadovaný odtok;
- vírový regulátor – zařízení tovární výroby na obr. 4.3, který zajišťuje požadovaný regulovaný odtok, nepotřebuje elektrickou energii a vyžaduje minimální údržbu;
- filtrační lože – pro min. odtok z nádrže, stavebně je to drenáž v pískovém loži.



Obr. 4.3 - Vírový regulátor (Plečnickova výust') [12]

Zařízení sloužící k retenci dešťové vody [1],[2]:

- rybník s biotopem;
- retence na terasách, vodorovných a šikmých střechách;
- retenční nádrž na dešťovou vodu;
- retence na parkovištích a průmyslových plochách;
- retenční kanál;
- filtrační jímky a retenční filtrační nádrže;
- plastové voštinové bloky;
- vsakování s retenčním prostorem;
- retenční zařízení v kombinaci s potrubním vsakováním.

Tato zařízení mohou najít použití [1],[2]:

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

1) Rybník s biotopem

Jde o kombinaci biotopu a rybníku, ve kterém se může koupat. Při vyšších teplotách vody (nad 24°C) může dojít ke zvýšení koncentrací mikroorganismů (sinice, apod.).

2) Retence na terasách, vodorovných a šikmých střechách

Na střechách s pokryvem rostlinami nebo s pokryvem šterkopísku dochází ke značnému zachycení srážkových vod. Tuto možnost můžeme použít jen u úplně vodotěsných střech a teras, které jsou odolné proti kořenům. Dále je nutností posoudit dostatečnou únosnost střechy či terasy. Asfaltový nátěr je nevhodnou variantou kvůli možnému znečištění dešťové vody.

3) Zelená střecha

Způsobuje vzduší vody výhradně pro zachycení srážek – dešťové vody jsou vsakovány do půdy. Dle stavby zelené střechy může být všechna spadená srážková voda zadržena v půdním substrátu (intenzivní zazelenění), min. však podíl 30%. U zelených střech dochází k čištění díky protékání vody půdním substrátu. Díky ozelenění střech může také dojít ke zlepšení mikroklimatu a s tím spojeným utvářením rázu urbanizovaného území a redukce celkového odtoku srážkové vody. Zelená střecha je retenční zařízení s čistícím účinkem.

5 RETENCE DEŠŤOVÝCH VOD Z JEDNOTLIVÝCH NEMOVITOSTÍ

V současné době existuje celá řada důvodů pro omezení odtoku dešťové vody z jednotlivých nemovitostí [1], [2]. S ohledem na ochranu životního prostředí, ale i s ohledem na technické a ekonomické souvislosti je potřebné snižovat množství odváděných dešťových vod při využití všech možností.

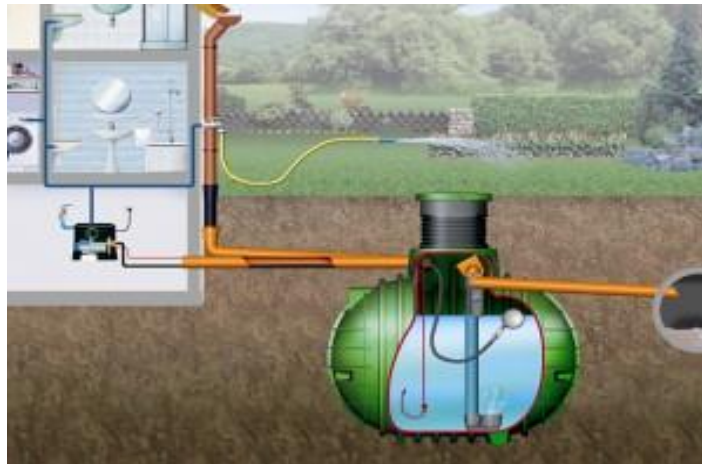
5.1 STŘECHY UMOŽŇUJÍCÍ ZADRŽENÍ VODY

Střechy zadržující vodu mohou být použity všude tam, kde je ozelenění střech nežádoucí, nebo kde na základě stávající zástavby nesmí dojít ke zvýšení zatížení střech. Retence dešťové vody díky zřízení zásobní nádrže na plochých střechách.

Redukce maximálního odtokového množství díky vypařování a zpomalování odtoku. Při tomto druhu retence nedochází k žádným čistícím účinkům.

5.2 RETENČNÍ NÁDRŽ NA DEŠŤOVOU VODU

Jedná se o krátkodobé zachycení dešťového odtoku na nemovitosti. Jeden z mnoha tvarových příkladů je uveden na obrázku 5.1. Pokud to místní podmínky dovolují, může retenční nádrž přetékat.



Obr. 5.1 - Domovní retenční nádrž [19]

5.3 RETENCE NA PARKOVIŠTÍCH A PRŮMYSLOVÝCH PLOCHÁCH

Omezení odtoku z těchto ploch dochází k jejich krátkodobému zatopení. Hloubka vzduché vody na těchto plochách se pohybuje v rozsahu několika cm. 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.

5.4 RETENČNÍ STOKA

Retenční objem je vytvořen potrubím o velkém průměru, na jehož konci je instalováno zařízení na omezení odtoku. Je důležité posoudit max. hladinu vzduťi vzhledem k ohrožení budov a přihlédnout k možné retenci ve všech připojených potrubích.

5.5 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 škrťí odtok, nebo ho úplně odstává. Díky protékání oživenou matečnři 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.

Filtrační jímka se může použít nezávisle na propustnosti půdy a eventuální kontaminace, jak pro předčištěné nebo silně znečištěné vodě (např. silnice s velkým provozem).

5.6 PLASTOVÉ VOŠTINOVÉ BLOKY

Retence pomocí voštinových bloků (obr. 5.2) je další modernři alternativou pro vytvoření podzemních prostor na dešťovou vodu.



Obr. 5.2 - RN složená z 60 ks tzv. rain bloků (OC v Otrokovicích) [14]

5.7 RETENČNÍ FILTRAČNÍ NÁDRŽ

Od filtrační jímky se liší větší hloubkou zadržované vody a přísným technickým provedením. Nádrže se nejvíce uplatňují při potenciálně velmi znečištěných plochách a zvýšeném riziku technických poruch, např. při dotocích z dálnic. Filtrační jímky a retenční filtrační nádrže spojují účinek zadržování vody s určitou čistící schopností. Retenční filtrační nádrž má smysluplné použití při plochách větších než 1 ha pro předčištění srážkových vod z tendenčně více znečištěných ploch.

5.8 VSAKOVÁNÍ S RETENČNÍM PROSTOREM

Retence je filtrace přes kombinaci s vsakováním vůči podloží utěsněné nádrže nebo příkopu s navazujícím vsakovacím pruhem. 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 listů), pravidelný posek a ořezávání vodních rostlin a prohlubování dle potřeby. Využití je při nízkých kvalitativních nárocích na vsakovanou vodu – především u dobře a velmi dobře propustného podloží.

5.9 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. 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).

6 KONSTRUKCE RETENČNÍCH NÁDRŽÍ

V současné době je na trhu obrovské množství konstrukčních řešení retenčních nádrží [7]. Pro výběr konstrukce nádrže musíme zohledňovat místní podmínky (umístění nádrže, klimatické podmínky, objem retence, atd.) a také požadavky na údržbu a čištění.

6.1 STAVEBNÍ ŘEŠENÍ RETENČNÍCH NÁDRŽÍ

Pro správný návrh retenční nádrže musíme myslet na čištění, které je prováděno mechanicky, hydraulicky nebo samočištěním [4]. Samočištěním retenční nádrže jsou myšleny činnosti, které nepotřebují obsluhu, proto osazují vířivými elementy pro zamezení vzniku sedimentů na dně nádrží nebo ve žlabech na dnech nádrží. Samočištění je výhodné používat u nádrží do objemu 500 m³. Nádrže, které se čistí mechanicky, by měli mít podélný sklon 3 ‰. V případech, kdy čistíme nádrž hydraulicky, je nutné příčné a podélné sklony upravit podle požadavků používaného čistícího zařízení. Žlaby, které se umísťují na dno nádrže, musí mít sklon stěn 1:1 a jejich sklon musí být takový, aby rychlost bezdeštného průtoku v těchto žlabech byla minimálně 0,6 m/s.

6.1.1 Přírodní retenční nádrže

Dle místních podmínek se navrhuje půdorysný tvar, který může být jak pravidelný, tak i nepravidelný [4]. Skladbu dna volíme dle uvažované funkce nádrže. U retenčních vsakovacích nádrží navrhujeme 10 – 20 cm silnou humusovou vrstvu kvůli jejím filtračním a biologickým funkcím. Sedimentační nádrže je nutné opatřit izolační vrstvou z nepropustné vrstvy zeminy nebo z jiných izolačních materiálů [6]. Pro příklad je uvedena přírodní nádrž v Praze na obr. 6.1.



Obr. 6.1 - Přírodní retenční nádrž (Praha 13 – Stodůlky) [24]

6.1.2 ŽB retenční nádrže

Tyto nádrže se s ohledem na umístění obvykle navrhují jako podzemní uzavřené nádrže (obr. 6.2) v zastavěném území [4]. Mimo tato území se navrhují jako nadzemní otevřené. Tvary těchto nádrží mohou být rozmanité, ale obvykle se setkáváme s obdélníkovým nebo kruhovým půdorysem nádrže. Tyto ŽB nádrže musejí splňovat podmínky vodotěsnosti, přičemž dna i stěny musí mít povrchovou úpravu, která umožňuje omyv.



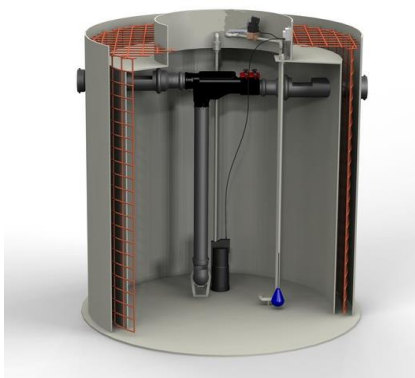
Obr. 6.2 - Podzemní prefabrikovaná betonová skládaná retenční nádrž ($V = 59,3 \text{ m}^3$) [13]

6.1.3 Speciální konstrukce retenčních nádrží

Na trhu je mnoho výrobců používajících mnoho technologií. Pro názorný příklad jsem vybral dva druhy domovní retence srážkových vod od firmy ASIO, spol. s r.o., která je na českém trhu už od roku 1993.

Akumulační systémy od firmy ASIO

AS-REWA (obr. 6.3) je podzemní nádrž na vodu, která primárně slouží k zachycení srážkové vody z okapů a podle potřeby může být využita k recyklaci dešťové vody v domácnosti nebo na závlahu zahrady. Jsou to plastové nádrže na dešťovou vodu a firma ASIO je vyrábí v několika variantách [20].



Obr. 6.3 - Systém AS-REWA [20]

AS-MONA (obr. 6.4) jsou staticky odolné nádrže s dlouhou životností. Jsou vyrobeny z jednoho kusu, a proto nehrozí riziko závady na svárech, praskání nebo netěsností. Jsou vyráběny rotačním litím. Tyto nádrže se osazují přímo do terénu [21].



Obr. 6.4 - Systém AS-MONA [21]

6.1.4 Podzemní retenční dešťové nádrže

Podzemní retenční nádrže bývají většinou tvořeny potrubím o velkém průměru nebo vodotěsnou jímkou, která je pod úrovní terénu, z betonu, bežešvého plastu nebo plastových bloků izolovaných fóliemi. Tyto podzemní nádrže umísťujeme především mimo budovy. Zařízení pro regulaci odtoku se osazují v nejnižších místech nádrže.

Pro omezování vnosu nežádoucích látek a sedimentů do retenčního prostoru nádrže se u vtoku doporučuje zhotovit konstrukčně oddělený usazovací prostor.

Tyto retenční nádrže musí být osazeny uzavíratelným otvorem pro vstup a odvětrání. Tuto funkci uzavíratelného otvoru pro přístup, odvětrání a případného bezpečnostního přelivu může plnit mříž, která je umístěna 150 mm nad okolním terénem [3].

Akumulační systémy od firmy HOBAS

Firma HOBAS vyrábí své systémy pro akumulaci vody ze sklolaminátu (GRP). Tyto systémy se skládají z jednotlivých tvarovek a trub [15]. Všechny díly systému (vtokové díly, akumulační části, revizní šachty, odtokové díly) se přivezou na stavbu, kde se následně skládají. Nespornou výhodou těchto výrobků je jejich nízká hmotnost, odolnost vůči chemickým látkám, dlouhá životnost a variabilita systému. Příklad uspořádání je uveden na obr. 6.5.



Obr. 6.5 - Akumulační systém firmy HOBAS [15]

6.2 RETENČNÍ NÁDRŽE A JEJICH VODOTĚSNOST

Zkoušky vodotěsnosti se provádí podle normy ČSN 75 0905 Zkoušky vodárenských a kanalizačních nádrží [8]. Tyto zkoušky mají za úkol ověřit vodotěsnost nových nebo stávajících nádrží. Z pohledu požadavků na vodotěsnost se retenční nádrže rozdělují dle optického posouzení úniků kapalin do tří tříd podle tab. 6.2.

Tab. 6.1 Zatřídění nádrží dle vizuálního posouzení úniků kapaliny [8]

Třída	Požadavek z hlediska průsaku
0	Jistý stupeň průsaku se připouští nebo je průsak kapaliny nevýznamný.
1	Globální nepropustnost. Průsak má být omezen na minimální množství. Připouští se několik povrchových skvrn nebo vlhkých míst.
2	Lokální nepropustnost. Průsak je všeobecně nepřipustný. Povrch nesmí být znehodnocen skvrnami.

Zkoušky vodotěsnosti se provádí před odstraněním pažení, obezdění, provizorních zásypů a dalších prací, jejichž cílem není zajištění vodotěsnost [8]. Nádrže se zkouší na úniky vody přetlakem v nádrži, nebo infiltrací podzemní vody vně nádrže. V průběhu plnění nádrže se provádí její kontrola. Když dojde k soustředným únikům vody nebo k ohrožení podloží nádrže nebo dalších objektů vodou, musíme plnění nádrže ukončit a závady odstranit. Po naplnění nádrže se nechají omočené povrchy nasáknout vodou a eventuálně se voda doplňuje. Doba nasáknutí se počítá od momentu ukončení plnění na úrovni zkoušené hladiny s odchylkou ± 20 mm.

Dle druhu materiálu nádrže je doba nasáknutí [8]:

- 96 hodin pro nádrže z prostého betonu, železobetonu a ostře pálených cihel;
- 30 minut u plastových nádrží;
- 24 hodin u nádrží z jiných materiálů.

Po nasáknutí nádrže se provádí další kontrola pro vyloučení vlivu slunečního záření, srážek a teploty vzduchu okolního prostředí pod bodem mrazu, kterou zjišťujeme:

- nedošlo-li k porušení nádrže;
- jsou-li těsné všechny zaslepené trouby, otvory a uzavřené armatury;
- zda je HPV pod dnem nádrže;
- nedochází-li k únikům vody.

Doporučená doba zkoušky vodotěsnosti činí 48 hodin, únik vody se zjišťuje vždy po 24 hodinovém intervalu.

Výsledek kontroly a zkoušky vodotěsnosti se považuje za přijatelný, pokud se u nádrže neobjevují vlhké místa, orosení nebo jednotlivé kapky na trvale viditelných plochách a neohrožují funkci nebo konstrukci nádrže [8].

7 FUNKČNÍ VYBAVENÍ NÁDRŽÍ

Retenční nádrže je nutné osazovat potřebným vybavením pro zajištění správné funkce nádrže [4]. Vybavení každé nádrže je odlišné kvůli typu, umístění a konstrukčnímu řešení nádrže. Nádrže s objemem nad 400 m³ se doporučuje vybavovat i hygienickými zařízeními. Také se doporučuje budovat přívod vody pro čištění nádrží. Otevřené nadzemní nádrže by se měly oplotit pro zamezení vstupu nepovolaných osob.

Druhy funkčního vybavení retenčních nádrží:

- regulátor odtoku;
- měřící technika;
- vybavení pro odstraňování nečistot z hladiny;
- bezpečnostní objekty;
- vybavení pro čištění nádrží.

7.1 REGULÁTOR ODTOKU

Toto zařízení slouží ke zmenšení odtoku z nádrže, případně k měření odtoku. Kvůli tomu může být menší průměr potrubí na níže položených systémech.

Děli se do dvou skupin [6]:

- Řízení odtoku;
- Regulování odtoku.

7.1.1 Deskové uzávěry a clony

Pro regulaci odtoku z retenčních nádrží se používají také:

- pevné deskové uzávěry;
- ručně, elektronicky nebo hydraulicky ovládané deskové uzávěry;
- pevné clony se škrťicím kruhovým otvorem.

Díky zmenšení průtokového průměru se dosáhne škrťicího účinku. Se zmenšením průměru se zvyšuje průtoková rychlost a vzniká tak místní energetická a tlaková ztráta. Rozlišujeme zaplavený a volný výtok tímto zmenšeným průměrem.

7.1.2 Plovákový regulátor odtoku

Toto zařízení je umístěno v šachtě a přítokové potrubí je napojeno na odtokové potrubí z nádrže [6]. Přitékající voda teče přes první hradidlo a odtéká přes druhé hradidlo. První hradidlo škrťí přítok, pro udržení konstantní výšky hladiny v regulátoru. Díky vztlaku plovák reguluje druhé hradidlo, aby nedocházelo k většímu odtoku, než chceme. Odtok je závislý na výšce hladiny v regulátoru, ne v nádrži. Regulace má odchylku v přesnosti maximálně $\pm 3,5\%$. Hradidla se sami zablokují, když dojde k jejich ucpaní. V situaci, kdy dojde k uspaní prvního přítokového hradidla, voda odteče z regulátoru, plovák klesne a přes páku se otevře první hradidlo na maximum. Naopak v situaci, kdy se ucpe druhé hradidlo, plovák stoupá až po úplné otevření hradidla.

7.1.3 Vírový odtokový regulátor

Účinek tohoto zařízení závisí na tangenciálním přítoku vody do regulátoru, který má válcový tvar [6], [10]. Díky tomu vzniká v regulátoru šroubovitý rotační pohyb vody se vzduťm vírovým jádrem ve střední části. V důsledku tohoto šroubovitého pohybu a výtokové clony, která je umístěna ve středu v dolní části regulátoru, se v odtoku vody vytváří vzduchem ředěný vzduť paprsek, jehož kinetická energie je korigována turbulencí a nasávaným vzduchem přes trubičku, umístěnou v horní části regulátoru, a narážením odtokového paprsku vody na dno odtokového žlabu. Skloněním tohoto zařízení do šikmé polohy zabráníme zpětným účinkům dolní hladiny v odtokovém žlabu na škrťící účinek.

Průměr vtoku do regulátoru má vliv na škrťící účinek, stejně jako průměr válce regulátoru a sklon šikmé polohy regulátoru. Také průměr výtokové clony (vyměnitelná) ve spodní části regulátoru má vliv. Díky vhodně zvolené velikosti regulátoru bude dosaženo bez problémů požadované přesnosti regulace.

7.1.4 Škrťící trat' na odtoku z nádrže

Zmenšením odtokového potrubí na tomto zařízení docílíme požadovaného regulačního účinku [6]. Toto zmenšení umožňuje neregulovaný průtok s volnou hladinou pouze maximálnímu hodinovému bezdeštnému průtoku. Po dobu dešťů protékají větší průtoky škrťící trati tlakovým prouděním. Cílem tohoto zařízení je omezení odtoku z nádrže během dešťů s limitem odtoku do 25%.

Odtokové poměry ve škrťící trati jsou ovlivněny [10]:

- průměrem potrubí škrťící trati a hydraulickou drsností;
- přítokem a rychlostí před vtokem do škrťící trati;
- tvarem vtokového otvoru do škrťící trati;
- délkou škrťící trati;
- hydraulickými podmínkami na výtoku ze škrťící trati;
- průtokem potrubí za škrťící trati.

7.1.5 Další typy regulátorů odtoku

- turbo-vírový regulátor odtoku;
- plováková klapka;
- hydraulicko-elektrický regulátor s vírovým regulátorem;
- ventilový regulátor.

7.2 MĚŘÍCÍ TECHNIKA

V dnešní době jsou kladeny větší a větší požadavky na získávání informací ohledně provozu a účinku retenčních nádrží. Nádrže, které jsou významné, je třeba vybavovat měřicími zařízeními [10]. Pro tyto zařízení musí být zavedena elektrická a telekomunikační síť. Průtoky, stavy hladin, polohy uzávěrů a pohyblivých hran můžeme sledovat pomocí senzorů. Data, které naměříme, se musí ukládat na datové nosiče nebo se přenášejí na dispečink. Na zájmovém území se doporučují měřit i srážkové úhrny pro posuzování činnosti odlehčovacích komor a působení srážek na vodní tok. U méně významných nádrží postačí pravidelná kontrola.

Pro měření úhrnů srážek se používají tzv. ombrometry nebo srážkoměry. Výška hladiny v nádrži se odečítá buď z latě, která je umístěna na stěně nádrže, nebo se používají plovákové, hydrostatické, kapacitní, ultrazvukové, radarové a izotopové hladinoměry. Pro měření průtoků se používají průtokoměry.

7.3 VYBAVENÍ PRO ODSTRAŇOVÁNÍ NEČISTOT Z HLADINY

7.3.1 Bubnové otočné filtry

Jsou to perforované nerezové válce čištěné pomocí kartáče otáčejícího se ve smyslu bubnu [6]. Obvykle jsou umístovány do potřebné výšky (dle typu nádrže) nade dnem nádrže. Když hladina vody v nádrži stoupá, síto se začíná zaplavovat a srážková voda vtéká z vnějšku dovnitř síta. Po zaznamenání enormního zaplavení síta senzorem se začne kartáč a síto otáčet. Znečištění je sítem vynášeno z vody a kartáčem strhnuto zpět do vody. Na opačné straně se znovu síto ponoří do srážkové vody. Velkou výhodou je mocnost filtrační plochy a mechanické čištění díky otáčejícího se kartáče.

7.3.2 Norné stěny

Tyto stěny se používají nejen u retenčních nádrží, ale i v mnoha jiných nádržích. Primární funkcí je zachycení plovoucího znečištění a ropných látek na hladině.

Podle funkce se norné stěny dělí na [17]:

- *plovoucí norné stěny vertikální* – stěna se pohybuje ve vertikálním směru pomocí pojezdů;
- *plovoucí norné stěny radiální* – stěna se pohybuje radiálně kolem osy uchycení, se stoupající hladinou je stěna nadlehčována, a proto nemůže dojít k podtečení ani přetečení;
- *pevné norné stěny* – jsou uchyceny pevně v konstantní výšce a znečištění zachycují až po zvýšení hladiny v nádrži.

7.4 BEZPEČNOSTNÍ OBJEKTY

Těmito objekty převádíme průtoky, které nádrž není schopna pojmout do zásobního prostoru nádrže. Obvykle jde o přelivy, přes které voda přepadá do odtokových žlabů, které jsou vedeny mimo nádrž a následně do vodního recipientu.

7.5 VYBAVENÍ PRO ČISTĚNÍ NÁDRŽÍ

V průběhu zachycování srážkových vod v retenčních nádržích dochází k zanášení dna sedimentujícími látkami [6]. Tento sediment musím v co nejkratší době z nádrže odstranit a transportovat na ČOV, skládku nebo se jich jiným způsobem zbavit. Čištění nádrží následuje hned po skončení dešťů a následném vyprázdnění nádrží. Důležitou částí čištění je opatrné nakládání se sedimenty, kvůli zamezení rozvíření a následnému odplavení kalu do recipientu.

Čisticími elementy se osazují nádrže, které nemají samočisticí dno. Tyto elementy jsou hydraulické, mechanické nebo jsou tvořeny kombinací dvou předešlých typů. Typ nádrže určuje, jaký druh čisticího vybavení použijeme [10].

7.5.1 Vyplachovací klapky

Sedimenty jsou po každé srážce smyty nárazovou vlnou utvořenou ve vyplachovací klapce [6]. Tyto klapky jsou obvykle z nerezové oceli (obr. 7.1), což je předurčuje k použití u otevřených venkovních nádrží. Klapky jsou excentricky zavěšeny na ložiscích a před naplněním vodou dojde k přemístění těžiště a následnému překlopení. Tento mechanismus vytvoří nárazovou vlnu, která spláchne všechen sediment usazený na dně nádrže [10].

Princip provozu těchto zařízení je s popisem i obrázky podrobněji popsán v kapitole 9.3 Provozní zkušenosti z praxe.



Obr. 7.1 - Plnění vyplachovací klapky [16]

7.5.2 Vyplachovací vodní děla

Jde o ručně ovládanou vodní trysku [6]. Tato tryska je vhodná pro čištění nádrží, u kterých nejde využít jiných metod. Výhodou tohoto zařízení je snadná obsluha, velký dosah proudu, možnost okamžitého provozu, možnost regulace trysky pro tenký, silný proud s dlouhým dosahem nebo s provzdušněným proudem a malým dosahem, atd.

7.5.3 Ponorné míchadla a tryskové čističe

Tyto zařízení mají za úkol promíchávat obsah nádrže a zabránit tak sedimentaci znečištění. Takto rozvířené srážkové vody jsou odváděny na ČOV. Čističe i míchadla se zapínají po dosažení stanovené hladiny v nádrži [10]. Při delším trvání deště může dojít k přepadu znečištěné vody přes přeliv rovnou do recipientu. Vodní tok je tak nárazově zatížen a nádrž tak ztrácí svoji ochrannou funkci. Kvůli tomu, že tento případ může nastat, doporučuje se například z Německých zdrojů osazovat těmito zařízeními pouze záchytné nádrže.

8 RETENČNÍ NÁDRŽE V ČR

Po celé České republice můžeme najít velké množství provozovaných retenčních dešťových nádrží. Tyto nádrže provozují příslušné vodárenské a kanalizační společnosti příslušných měst. V Brně je to firma Brněnské Vodárny a Kanalizace a.s., v Praze je to firma Pražské Vodárny a Kanalizace a.s. a v Olomouci je to firma Moravská vodárenská a.s.

S příslušnými zástupci těchto společností jsem mluvil osobně, či po telefonu. Dozvěděl jsem se stručné informace z konstruování, provozování a čištění retenčních nádrží, které tyto společnosti provozují.

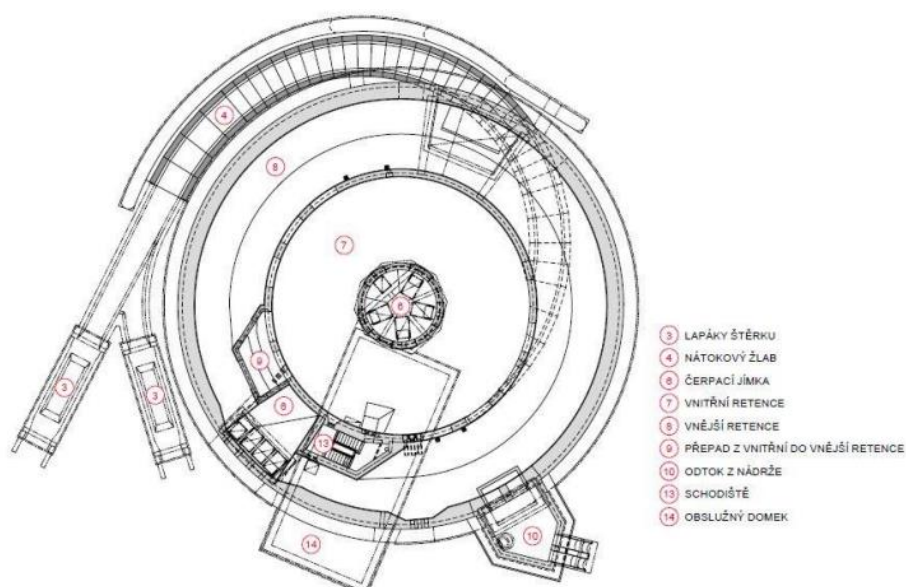
Olomoucké retenční nádrže jsou podle slov pracovníků, se kterými jsem telefonoval, nevhodně dimenzované a je na nich špatně navržen nátok. Nátok do retenčních nádrží je proveden přes čerpadla. Díky této skutečnosti se tyto čerpadla často ucpávají při delších dešťových událostech. Komplexnější čištění těchto nádrží zatím nebylo nutné. Průběžné čištění zmiňovaných čerpadel se provádí dle potřeby ručně. Celkový počet retenčních nádrží provozovaných Moravskou vodárenskou a.s. je 4.

Pražské vodárny nemají žádné z problémů vyskytujících se v Olomouci. Retenční nádrže mají dimenzované podle slov p. ing. Michala Dolejše dobře. Jejich provoz je až na výjimky bezproblémový. Jsou prováděny četné kontroly měřících zařízení pro zabezpečení správného chodu stokové sítě a samotných retenčních nádrží. Čištění ve větší míře podle slov p. ing. Michala Dolejše nebylo zapotřebí, protože tyto nádrže nebyly zatím vystaveny tak velkým průtokům, které by sebou přinášely tolik znečištění. Počet pražských retenčních objektů, které jsou provozovány společností PVK a.s. je 47. Mezi tyto objekty se řadí retenční nádrže i retenční stoky.

Brněnské Vodárny a kanalizace provozují celkem 13 retenčních nádrží. V tomto počtu jsou zastoupeny jak podzemní retenční nádrže, tak i otevřené zasakovací retenční nádrže. Absolvoval jsem prohlídku jedné z nich a to retenční dešťové nádrže Jeneweinova. Je to podzemní retenční železobetonová kruhová nádrž, jejíž celkový objem činí 8600 m³. Celkový objem se dále dělí na vnitřní objem (4000 m³) a vnější objem (4600 m³). Do této nádrže je přítok složen ze dvou přítokových stok. Tento přítok je veden nátokovým žlabem. Díky tomuto nátokovému žlabu, který kopíruje obvod nádrže a spirálovitě klesá až ke dnu nádrže, se voda neustále udržuje v rotačním pohybu. Kvůli rotačnímu pohybu nedochází k usazování znečištění na dně nádrže. Čištění této nádrže se provádí ručně za pomoci tlakové vody, která je přiváděna buď z nádrže na oplachovou vodu, nebo z řadu, a pracovníků s příslušným nářadím (lopaty, apod.).



Obr. 8.1 - Přítokový žlab [foto: T. Kolář]



Obr. 8.2 - Půdorys nádrže Jeneweinova [zdroj: BVK a.s.]

Obecně by se dalo říci, že kamenem úrazu je navrhování a dimenzování. Tyto činnosti pokládají provozovatelé retenčních nádrží za nejdůležitější. Proto by se neměli podceňovat. Čištění závisí na individuálním přístupu, ale musí být dodrženo.

Z mého pohledu je navrhování a samotné provozování retenčních nádrží důležitou součástí udržení jisté míry komfortu v urbanizovaných územích.

9 „WATER SQUARE“ – VODNÍ NÁMĚSTÍ

Dnes a denně přichází na svět nové a nové nápady jak v urbanizovaných územích zadržovat vodu. Toto zachycení vody lze využít i ku prospěchu městského veřejného prostranství. Tato myšlenka dala vzniknout projektu tzv. „vodního náměstí“. Po celém světě tak začínají pomalu vznikat podobné projekty.

Vodní náměstí (obr. 9.1) kombinuje zachycení vody se zlepšením kvality městského veřejného prostranství [18]. Je to vlastně náměstí, které se zaplaví za deště. Zachytí tak srážkovou vodu. Tento projekt lze chápat jako dvojí strategii. Investované peníze do vodní nádrže jsou tak více viditelné než u jiných typů nádrží. Také to vytváří příležitost pro vytvoření kvalitnějšího životního prostředí. Většinu času je náměstí suché a za deště je využito jako retenční prostor. Ukázkové provedení vodního náměstí je rozděleno na dvě hlavní části: sportovní areál a kopcovité hřiště. Dojde-li k silným dešťům, je srážková voda, která je zde shromažďována ze sousedních ploch, viditelná i slyšitelná díky přítoku na „vodní náměstí“. Krátké deště vyplní pouze ty nejnižší části náměstí. Při delším trvání a intenzitě deště se budou zaplavovat vodou další úrovně náměstí. Dešťová voda je filtrována před vpuštěním do systému.

Dešťová voda bude pozdržena na náměstí, dokud vodní systém ve městě nebude mít znovu dostatečnou kapacitu pro odvedení tohoto množství vody [18]. Potom bude voda odtékat do nejbližšího vodního toku. Proto můžeme říct, že je „vodní náměstí“ také opatřením pro zlepšení kvality povrchové vody v plochách veřejného prostranství. Poté, co bylo náměstí použito jako vyrovnávací prostor, bude náměstí vyčištěné. Proto je náměstí konstruováno s plynulým svahem. Typologický průzkum a návrh „vodního náměstí“ byl proveden v letech 2006-2007. Myšlenka „vodního náměstí“ se stala oficiální politikou v městském měřítku ve Vodním plánu města Rotterdam v roce 2007.



Obr. 9.1 - Vizualizace "vodního náměstí" v Rotterdamu [18]

10 PROVOZ RETENČNÍCH DEŠŤOVÝCH NÁDRŽÍ

10.1 VŠEOBECNĚ

Tato kapitola popisuje všeobecné podmínky provozování retenčních nádrží, proto je převzata z technické normy vodního hospodářství TNV 75 9011 *Hospodaření se srážkovými vodami*.

Pro všechny budované objekty a zařízení pro hospodaření s dešťovou vodou nebo jejich kombinace (dále jen systém HDV) se musí stanovit jejich vlastník [3]. Tento vlastník je po dokončení díla zodpovědný za jeho provozuschopnost.

Z hlediska provozu systému HDV je nutné dbát na zajištění vhodného přístupu ke všem částem objektů, na kterých bude v budoucnu potřeba provádět údržbu. Pro zajištění funkčnosti systému HDV jsou nutné správné stavební postupy a provádění stavby. Toto provádění by měla kontrolovat nezávislá autorizovaná osoba.

Zařízení a objekty HDV nacházejících se na veřejných prostranstvích je nutné označit informačními tabulemi, které zakazují jisté činnosti v blízkosti systému HDV (např. zákaz vstupu se psy, sportovních činností, apod.) nebo podávají další informace veřejnosti o funkci objektu/zařízení.

Zhotovitel nebo projektant systému HDV je povinen poskytnout/vypracovat vlastníkovy tzv. uživatelskou příručku (pro vodní díla podle vodního zákona č. 254/2001 Sb. se tato příručka nazývá Provozní řád) systému HDV.

Tento provozní řád musí obsahovat hlavně tyto informace [3]:

- technické specifikace zařízení a objektů HDV (umístění těchto zařízení a objektů HDV vůči stavebnímu pozemku, schéma systému HDV, základní návrhové parametry, regulovatelné hodnoty odtoku, vybrané závěry geologického průzkumu;
- krátké objasnění, jak celý systém HDV funguje, účel všech částí a rizika ztráty funkčnosti a následní poruchy;
- plány a požadavky údržby, popřípadě plány odběrů vzorků (zeminy, vody, atd.);
- výčet důsledků nedodržení plánu údržby;
- vymezení ploch na pozemku, na kterých jsou omezeny nebo zakázány vybrané aktivity (např. zákaz parkování nebo pojezdu v oblasti podzemního vsakovacího zařízení, pokud není dostatečně únosné);
- popis možností pro nakládání se sedimenty při jejich odstraňování z objektů HDV;

- postup činností pro případy, kdy dochází k přelití objektu HDV (např. při napojení bezpečnostního přelivu na pozemek samotné stavby);
- postup činností v případě, že dojde k haváriím;
- doporučení, jak se chovat v případech stavebních úprav nebo podzemních prací na pozemcích.

10.2 ÚDRŽBA

Údržbou retenčních nádrží se také zabývá technická norma vodního hospodářství TNV 75 9011 *Hospodaření se srážkovými vodami*.

Retenční dešťové nádrže je nutné udržovat v požadovaném stavu pomocí kombinace všech technických, administrativních a řídicích činností.

Rozdělení činností do tří skupin [3]:

- pravidelná údržba (čištění vtoku, apod.);
- příležitostná (občasná) údržba;
- oprava.

Pravidelnou údržbou jsou chápány činnosti, které jsou časově předvídatelné, např. údržba vegetace, odstraňování odpadků nebo preventivní kontroly.

Příležitostnou údržbou se rozumí činnosti hůře časově předvídatelné nebo prováděné jednou za delší časové období. Mezi tyto činnosti řadíme např. odstranění sedimentů ze sedimentačního prostoru nádrže.

Opravou chápeme činnosti, které odstraňují fyzické opotřebení zařízení/objektů HDV. Těmito činnostmi se zajišťuje původní funkčnost objektů. Potřeba těchto činností může být omezena správným návrhem a samotnou výstavbou zařízení. Opravy jsou potřebné v okolnostech způsobených nečekanými událostmi nebo místními podmínkami. Časový výskyt těchto situací nelze přesně určit. Opravy mohou zahrnovat i další úkony:

- opravu vtoku a odtoku z HDV zařízení/objektů;
- opravu erozí postihnutých částí;
- opravu vsakovacích vrstev;
- výměnu filtračních nebo geotextilních vrstev.

Mezi typické úkoly pravidelné údržby patří kontroly, odstraňování odpadků a listí, kosení trávy, pletí a údržba křovin všech objektů nebo zařízení HDV.

Příležitostnými činnostmi údržby je odstranění sedimentů, výměna vegetace a čištění propustných a polopropustných povrchů všech objektů nebo zařízení HDV.

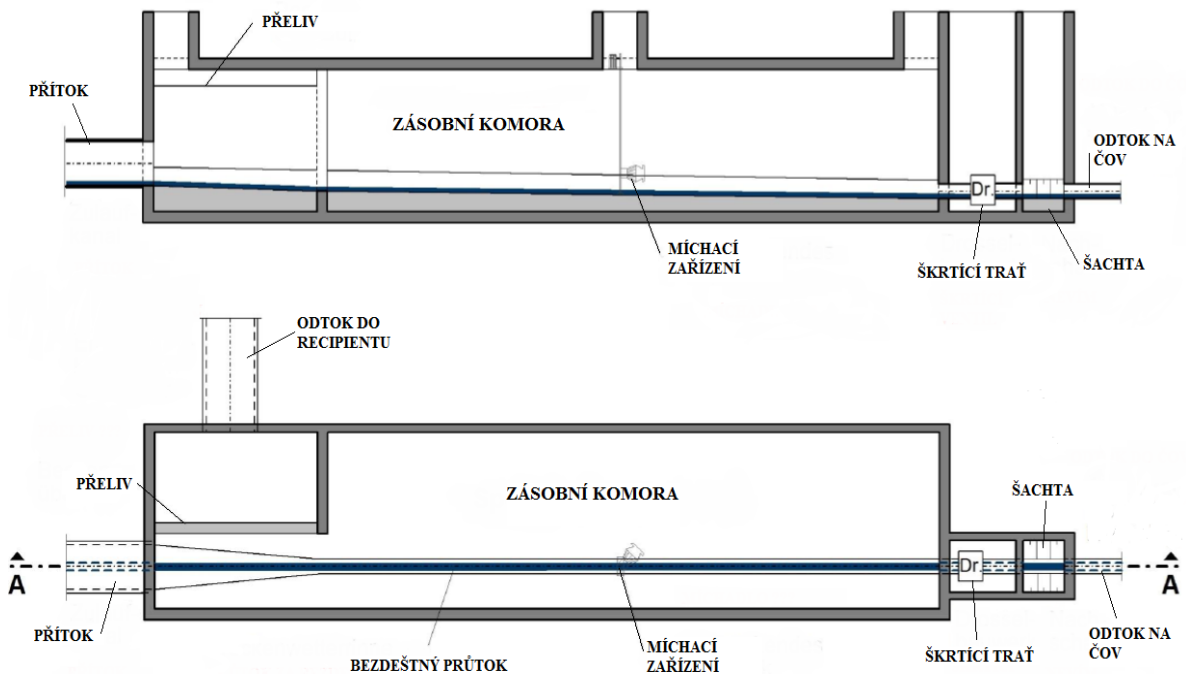
Do oprav řadíme výměny filtračních vrstev a opravy objektů/zařízení nebo jejich částí systému HDV [3].

10.3 PROVOZNÍ ZKUŠENOSTI Z PRAXE

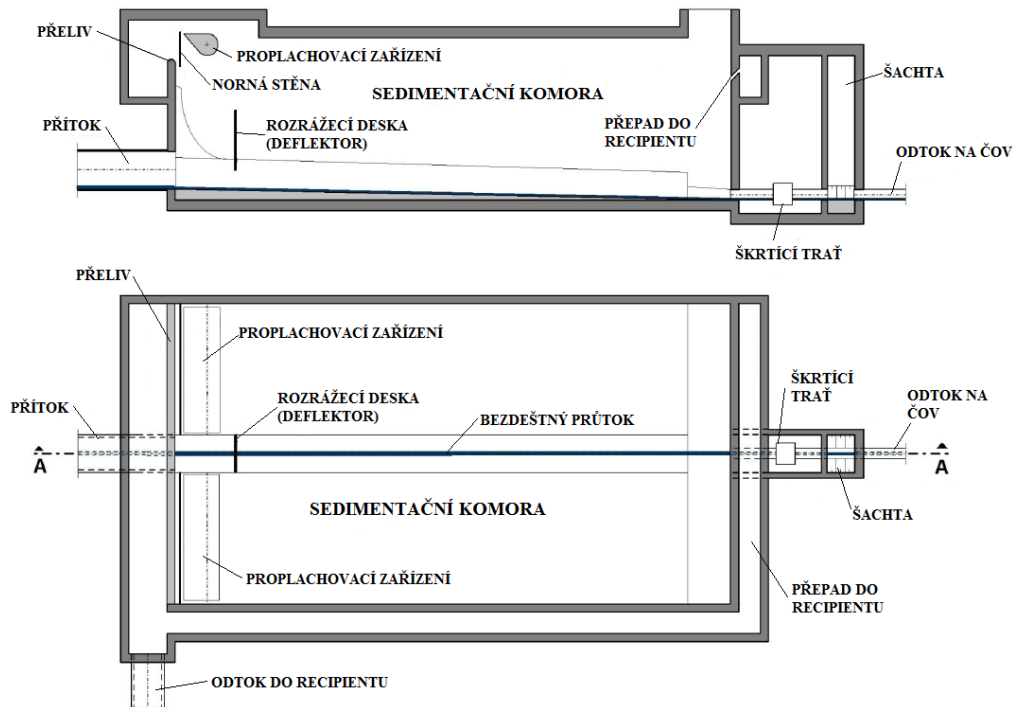
Tato kapitola detailněji popisuje průběh průtoků průtočnými a záchytnými retenčními nádržemi za deště a jejich následné čištění po skončení deště a vyprázdnění nádrže. Tyto poznatky a zkušenosti z praxe byly shromážděny a popsány v prezentaci německé asociace pro vodu, odpadní vody a odpad (DWA).

10.3.1 Základní uspořádání nádrží v hlavním [16]

- V hlavním směru teče bezdeštný průtok;
- Větší přítok do nádrže při deštích než maximální odtok škrťací tratě má za následek plnění nádrže;
- Zásobní komora a kanálek se plní a prázdní stejně dlouhou dobu (hydraulické spojení).



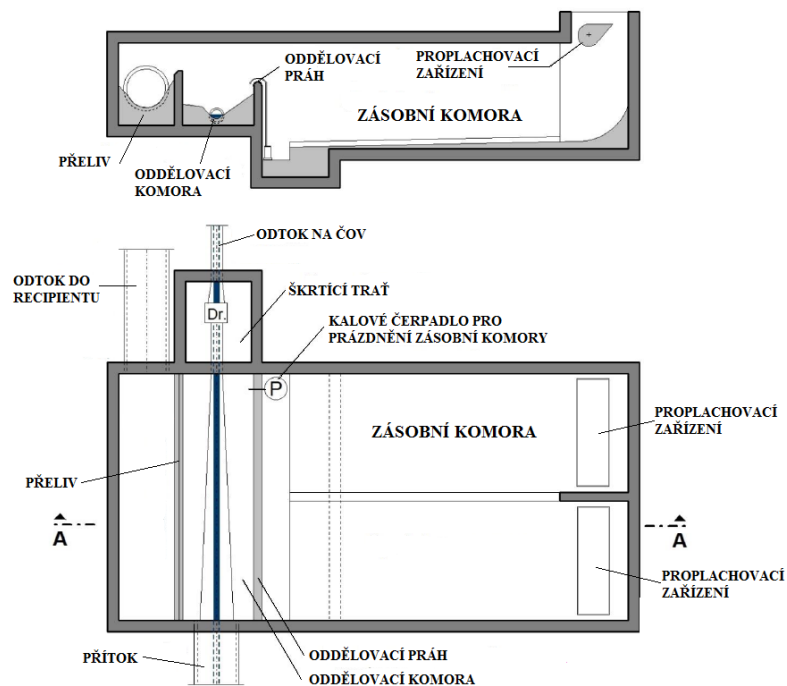
Obr. 10.1 - Základní uspořádání záchytné nádrže v hlavním směru [16]



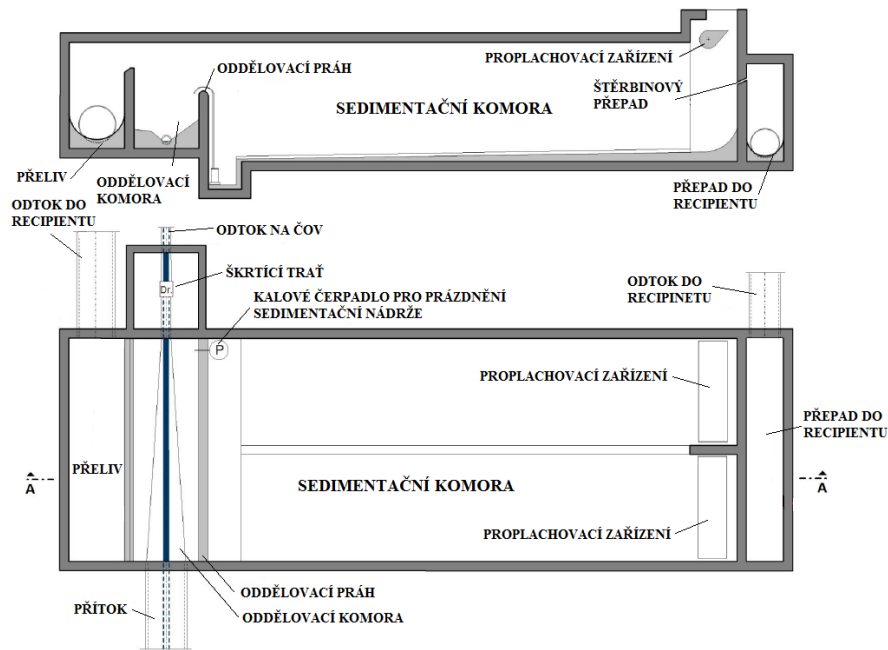
Obr. 10.2 - Základní uspořádání průtočné nádrže v hlavním směru [16]

10.3.2 Základní uspořádání nádrží ve vedlejším směru [16]

- Ve vedlejším směru protéká voda za bezdeštného průtoku nádrží přes oddělovací komoru;
- Za deště hladina vody stoupá > voda přepadá přes přeliv do zásobní komory;
- Po skončení deště hladina vody opadá v oddělovací komoře, teprve potom se začíná prázdnit zásobní komora;
- Zásobní komory RDN ve vedlejším směru jsou obvykle prázdněny čerpadly.



Obr. 10.3 - Základní uspořádání záchytné nádrže ve vedlejším směru [16]



Obr. 10.4 - Základní uspořádání průtočné nádrže ve vedlejším směru [16]

10.3.3 Základní provozní stavy

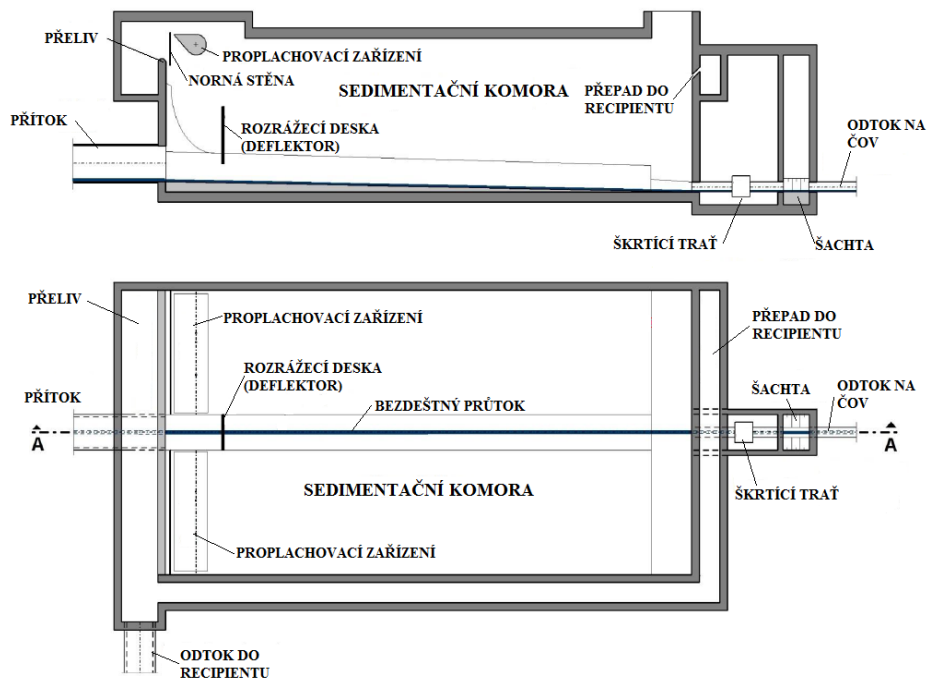
Příklad – průtočná dešťová nádrž v hlavním směru

1) Za bezdeštného průtoku

- Voda teče v otevřeném korytě
- Vzhledem k přítoku do nádrže je průtok menší než průtok protékající přes škrťací trať

$$Q_{př} < Q_{šk}$$

...je zcela přeměrován na ČOV [16]



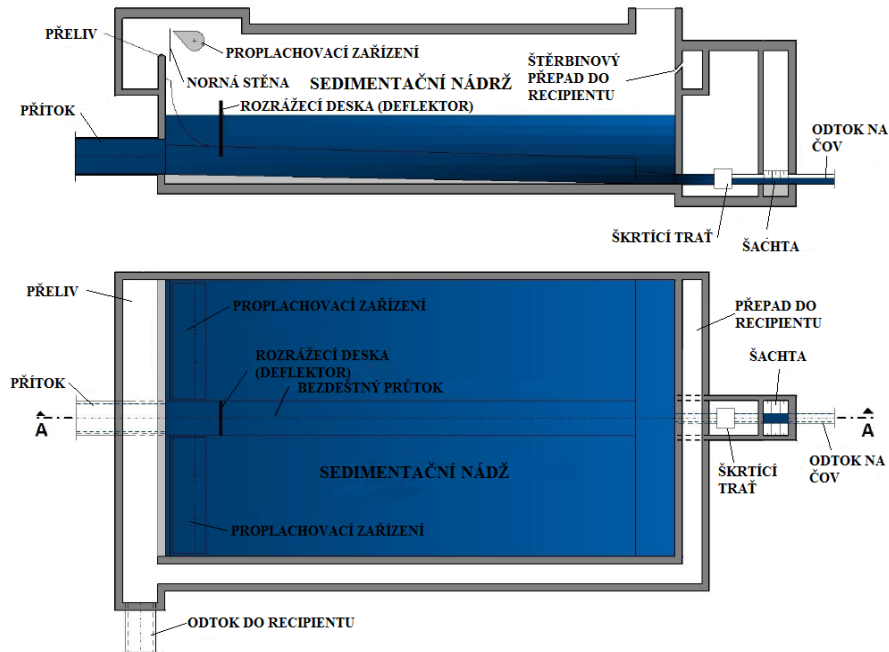
Obr. 10.5 - Bezdeštný průtok nádrží [16]

2) Průtok za deště

- Přítok za deště převyšuje škrcený odtok

$$Q_{př} > Q_{šk}$$

...škrticí trať nestíhá převést přítok > zásobní komora se začíná plnit [16]



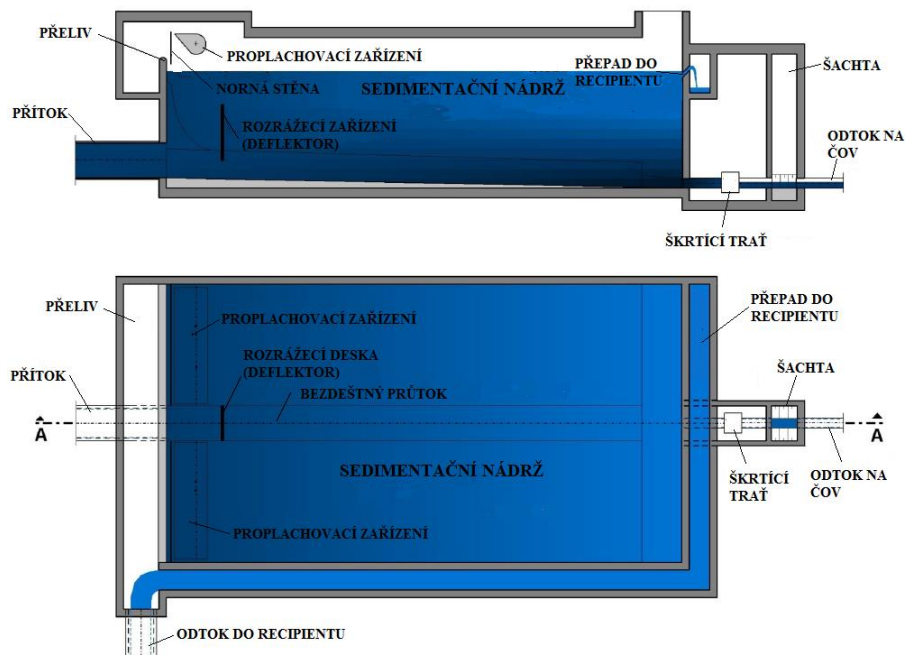
Obr. 10.6 - Průtok nádrží za deště [16]

3) Delší trvání deště

- Díky dlouhodobému překročení škrceného odtoku přepadá voda přes šterbinový přeliv a je odváděna do recipientu
- Pro funkčnost usazování v nádrži je odtok regulován přes šterbinový přeliv

$$Q_{př} > Q_{šk}$$

...nakonec hladina vody vystoupá až k přelivu do recipientu [16]



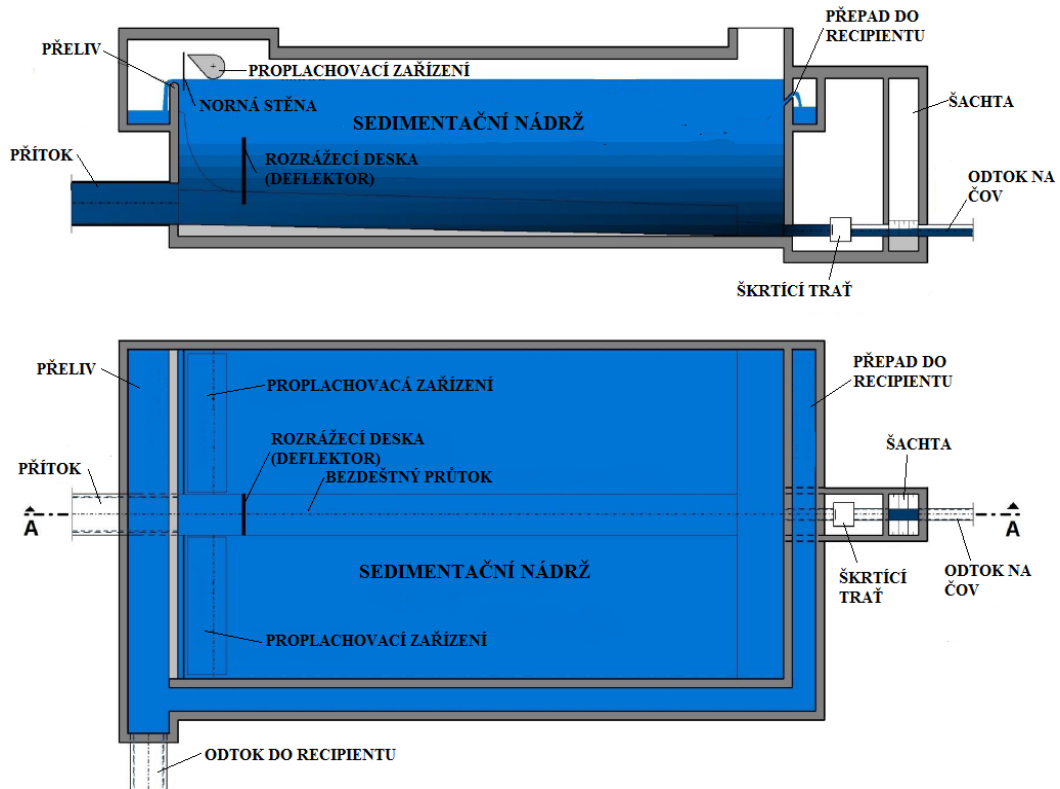
Obr. 10.7 – Průtok nádrží po delší dobu deště [16]

4) Extrémně dlouhé trvání deště

- V případech, že je škrťací trať plná a přítok převyšuje kritický odtok, přepadá voda přes bezpečnostní přeliv do recipientu
- Celý přítok je odlehčován do vodního toku > tento provozní stav je ojedinělý!

$$Q_{př} > Q_{Krit}$$

...hladina vody vystoupá v nádrži až na úroveň bezpečnostního přelivu [16]



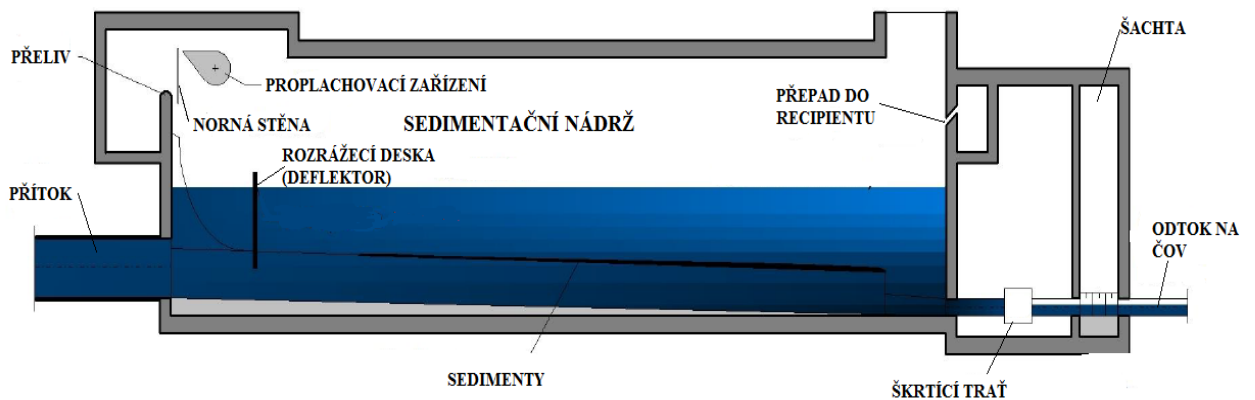
Obr. 10.8 - Přepad přes bezpečnostní přeliv [16]

5) Konec deště

- Jakmile dojde ke snížení přítoku vlivem konce deště, nádrž se opět začne prázdnit přes škrťací trať

$$Q_{př} < Q_{šk}$$

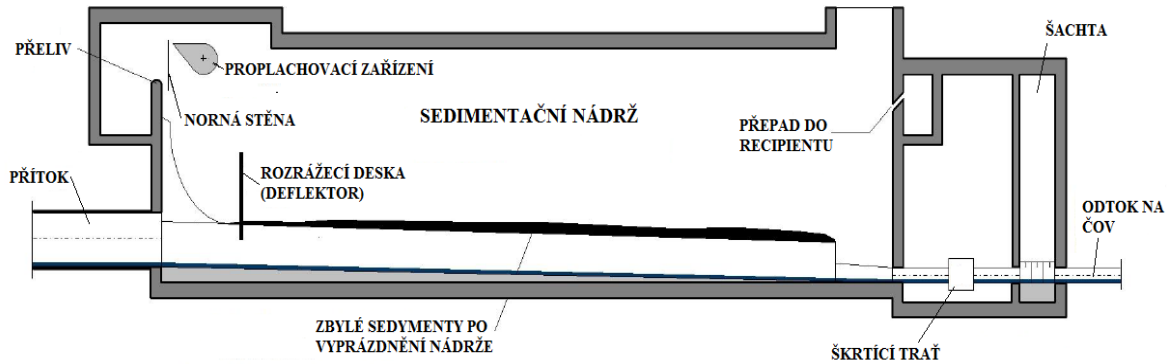
...nádrž se začíná prázdnit [16]



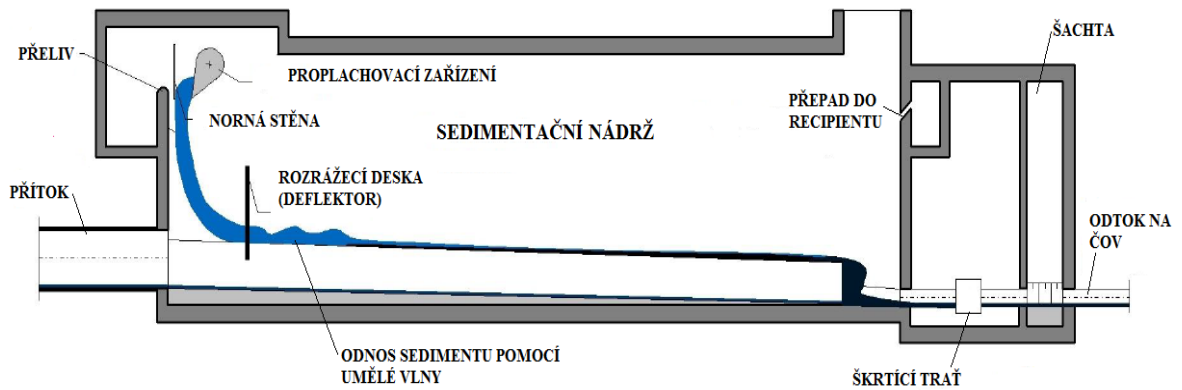
Obr. 10.9 - Prázdňení nádrže po konci deště [16]

6) Sedimenty v nádrži

- Po skončení deště sedimentují v nádrži nerozpuštěné látky, které musíme dopravit na ČOV
- Pro odstranění sedimentů se používají buď vířící zařízení pro zabránění sedimentace nerozpuštěných látek
- Nebo se nádrž po vyprázdnění čistí pomocí proplachovacího zařízení [16]



Obr. 10.10 - Příklad zbylého sedimentu na dně nádrže [16]



Obr. 10.11 - Ukázka použití proplachovacího zařízení [16]

11 ZNEČIŠTĚNÍ SRÁŽKOVÝCH VOD

Čistota srážkové vody je řešena v technické normě vodního hospodářství TNV 75 9011 *Hospodaření se srážkovými vodami*. Tato norma je odcitována odkazem číslo [3].

Základní dělení vody z hlediska čistoty:

- neznečištěná
- znečištěná

Srážkové vody, které odtékají z urbanizovaných ploch, jsou znečištěny látkami, které obsahuje ovzduší, a látkami, které pocházejí z materiálů a využívání odvodňujících ploch [3].

Znečištění ovzduší v lokálním měřítku je závislé na druhu a množství emisních zdrojů, na reliéfu a na meteorologických podmínkách území. Velké roční kolísání znečištění se objevuje díky zimnímu vytápění tuhými palivy. Nejvýznamnější činitelé způsobující znečištění pocházejí z atmosférické depozice jemné částice, patří sem také těžké kovy a persistentní organické sloučeniny. Nemůžeme zapomenout také na živiny (dusík a fosfor).

Z ploch, které chceme odvodňovat, se do srážkových vod dostávají např. vápník, křemík a hliník z betonových ploch, měď a kadmium z kovových úprav povrchů, zinek, a organické látky z plastických hmot, asfaltových povrchů, barevných nátěrů apod.

Péče o odvodňované plochy a jejich samotné užívání má za následek znečištění srážkových vod velkým počtem látek (např. listí a další organické hmoty, minerální oleje a jiné ropné uhlovodíky, exkrementy, jemné i hrubé nerozpuštěné látky, biocidy, těžké kovy nebo detergenty).

Kvalitu odtékajících vod ze střech ovlivňuje nejen lokální suchá a mokrá depozice, ale také samotné střechy (typ konstrukce: šikmá, plochá, apod.) a materiál, ze kterých jsou konstruovány.

Tab. 11.1 Průměrné hodnoty koncentrací chemického složení srážek v ČR (ČHMÚ, Košetice, 2004)

	Ca	Mg	Na	K	NH ₄ ⁺	Cl ⁻	Fe	Mn	NO ₃ ⁻
mg/l	0,37	0,06	0,25	0,19	0,9	0,31	0,017	0,007	2,4

- Na plochých střechách dochází díky vrstvě šterku k filtraci, adsorpci a biologickému rozkladu k většímu zadržení znečištění z mokrých i suchých depozic než na střechách šikmých. Prosáknutí skrze šterk obsahující vápník vede ke zvýšení hodnoty pH vody a její kyselinové neutralizační kapacity $KNK_{4,5}$, díky čemu se zvyšuje zachycení látek. Intenzivní vegetační střechy zachycují znečištění nejúčinněji, ale odtok z těchto střech bývá zbarven huminovými látkami. Pro ošetření těchto střech musíme pečlivě volit dávkování hnojiv a nesmíme používat postřiky, aby odtok neobsahoval persistentní organické látky nebo živiny.
- Za nečinné materiály považujeme střechy konstruované ze skla, plexiskla, kovové střechy potahované plasty a střechy pokryté taškami z pálené hlíny. Odtok z těchto střech obsahuje hlavně atmosférické depozice.
- Používání neošetřených kovových plechů z mědi, zinku nebo olova se do srážkových vod dostávají příslušné těžké kovy ve značné míře. I pouhé klempířské výrobky zhotoveny z kovu zapříčiňují zvýšení průměrných koncentrací kovů v odtékajících vodách. V případech, kdy je střecha celá z kovu a fasáda taktéž, jsou koncentrace velmi vysoké, a to hlavně na začátku odtoku vody (tzv. první splach).
- Betonové střechy se prokazují tím, že uvolňují částičky betonu a také tím, že mají drsnější povrch a s ním spojeny vyšší atmosférické depozice. U těchto střech musíme uvažovat se zvýšením obsahu jemných nerozpuštěných látek v odtékajících vodách [3].

Do srážkových vod, které odtékají z komunikací pro cyklisty a chodce, se dostávají z odvodňovaného povrchu hrubé i jemné nerozpuštěné látky (písek, obrus, šterk). Na povrchu těchto komunikací se také nachází odpadky, zvířecí exkrementy, listí nebo zbytky vegetace. V zimním období se tyto komunikace udržují pomocí posypových materiálů (jemné a hrubé nerozpuštěné látky) a soli (chloridy). Kvůli těmto druhům znečištění z komunikací pro cyklisty a chodce musíme uvažovat v odtékající vodě s mírně zvýšenými koncentracemi hrubých a jemných nerozpuštěných látek, dusíku a fosforu a patogenních mikroorganismů než ve vodách odtékajících ze střech.

Dopravní plochy a pozemní komunikace pro motorová vozidla obsahují znečištění způsobené emisemi ze spalování pohonných hmot, opotřebením pneumatik a brzd vozidel, korozi vozidel, únikem pohonných hmot, olejů, brzdových kapalin, rozmrazovacích prostředků a opotřebením samotné vozovky, materiály potřebných pro údržbu a opravu vozovek, apod. Nejhoršími znečišťujícími látkami odtékajících vod z komunikací jsou kvůli vysokým koncentracím nerozpuštěné látky, chloridy, těžké kovy (zinek, měď) a uhlovodíky (minerální oleje, benzín a nafta). Zbylé těžké kovy (Cr, Cd, Ni, Pb) se objevují v nižších koncentracích.

Míra znečištění srážkové vody z komunikací závisí na intenzitě dopravy, podílu nákladní dopravy a počet čištění komunikací v určitém období [3].

Znečištění srážkové vody z manipulačních ploch a skladišť musíme posuzovat individuálně s ohledem na druh plochy a s ohledem na úniky olejů a pohonných hmot, netěsnosti kontejnerů, výluhy zboží a stejné znečištění jako u pozemních komunikací. Kvůli nestálosti ve využívání takovýchto ploch je znečištění obtížně předpověditelné.

Obecně můžeme říct, že míra znečištění srážkové vody z více druhů ploch se rozděluje do tří skupin.

Skupiny znečištění [3]:

- nízké znečištění;
- střední znečištění;
- vysoké znečištění.

Výše uvedené druhy znečištění jsou nežádoucí, proto je naším zájmem velké procento takto znečištěných srážkových vod mechanicky předčišťovat (jemné a hrubé česle, usazovací části retenčních stok a nádrží pro sedimentující látky, aj.) [3]. Tímto mechanickým předčištěním můžeme předcházet četným haváriím v celém odvodňovacím systému (zanášení stok, ucpávání sedimenty, apod.).

Podle ČSN 75 7221 *Jakost vod – Klasifikace jakosti povrchových vod* se čistota vod dělí do 5 tříd jakosti:

Tab. 11.2. Třídy jakosti vod podle ČSN 75 7221 Jakost vod [9]

Třída	Název	Ovlivnění lidskou činností	Charakteristika ukazatelů	Barva značení na mapě
I.	Neznečištěná voda	Nebyla zásadně ovlivněna lidskou činností	Ukazatele jakosti vody nepřesahují hodnoty odpovídající běžnému přírodnímu znečištění	Světle modrá
II.	Mírně znečištěná voda	Byla lidskou činností ovlivněna jen mírně	Ukazatele jakosti vod dosahují hodnot, které umožňují existenci bohatého, vyváženého a udržitelného ekosystému	Tmavě modrá
III.	Znečištěná voda	Byla lidskou činností ovlivněna	Ukazatele jakosti vod nabývají hodnot, které nemusí vytvořit podmínky pro existenci bohatého, vyváženého a udržitelného ekosystému	Zelená
IV.	Silně znečištěná voda	Byla výrazně ovlivněna lidskou činností	Ukazatele jakosti vod nabývají hodnot, které vytvářejí podmínky umožňující existenci jen nevyváženého ekosystému	Žlutá
V.	Velmi silně znečištěná voda	Byla velmi výrazně ovlivněna lidskou činností	Ukazatele jakosti vod nabývají hodnot, které vytváří podmínky umožňující pouze silně nevyváženého ekosystému	Červená

Tyto třídy jakosti vod se klasifikují na základě výsledků odběrů, které se provádí nejméně dva roky, maximálně pět let (při frekvenci 12 - ti odběrů za rok). Tato skutečnost umožňuje mít pro výpočet charakteristické hodnoty minimálně 24 hodnot. Jakost vod se stanovuje pro jednotlivé ukazatele zvlášť.

Výsledky odběrů se vyjadřují tabelárně a obsahují (např. hodnocené období, aritmetický průměr hodnot, medián, třídu jakosti, aj.) a následně se vyznačují do mapy barevně podle zjištěné třídy.

Mezní hodnoty tříd jakosti vody jsou rozděleny [9]:

- obecné, fyzikální a chemické ukazatele;
- kovy a metaloidy;
- specifické organické látky;
- radiologické ukazatele;
- mikrobiologické a biologické ukazatele.

12 DIMENZOVÁNÍ RETENČNÍCH NÁDRŽÍ

Dimenzování retenčních nádrží má za úkol výpočet potřebného objemu pro retenci (zachycení) prvotní srážkové vlny. Tento objem musí transformovat dešťovou vlnu.

Retenční nádrže se dimenzují pomocí racionálních metod nebo simulačních modelů. Výpočetní metody můžeme používat pouze u jednoduchých stokových systémů. Mezi racionální metody dimenzování retenčních nádrží se řadí výpočetní postupy uvedené v ČSN 75 6261 *Dešťové nádrže*, výpočty pomocí redukované čáry náhradních intenzit dešťů podle Bartoška a také výpočty podle zahraničních norem (např. ATV – A 128, apod.).

Simulační modelování stojí na matematickém popisu fyzikálních dějů s numerickým řešením. Použití simulačního modelování se provádí na výpočetní technice. Simulační modelování provádíme v programech k tomu určených a těmi jsou např. HEC-RAS nebo SWMM.

12.1 RACIONÁLNÍ METODY

Výpočet pomocí těchto metod spočívá ve zjednodušených poloempirických vztazích, které mají limitovanou přesnost. Tyto výpočetní metody můžeme použít u jednoduchých stokových systémů [4].

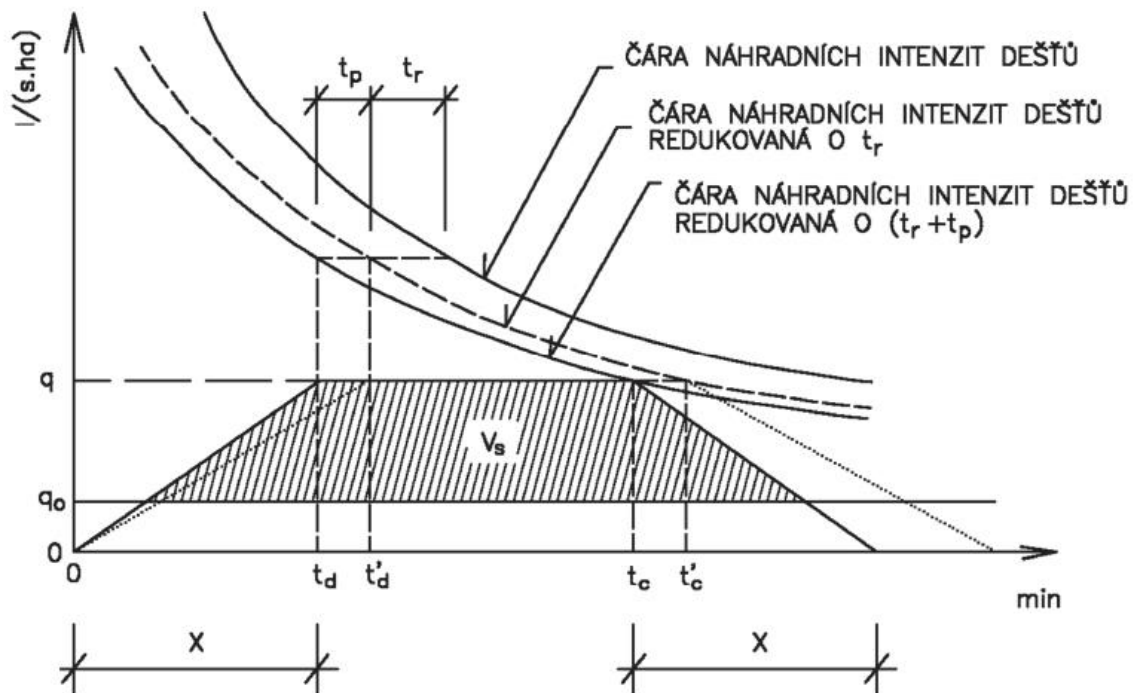
Za nejlépe zpracovaný racionální postup můžeme označit ATV-A 128 *Richtlinien für die Bemessung und Gestaltung von Regentlastungsanlagen in Mischwasserkanälen*. Tento postup používají ve zjednodušené verzi v mnoha zemích. U nás je využívána norma ČSN 75 6261 *Dešťové nádrže*.

12.1.1 Dimenzování dle ČSN 75 6261 *Dešťové nádrže*

Retenční dešťové nádrže

Objem retenční nádrže V v m^3 můžeme určit pomocí numerické integrace z hodnot redukované čáry náhradních intenzit dešťů (obr. 12.1). V tomto obrázku označuje V_S proměnnou plochu ohraničenou hydrogramem přítoku a odtoku, a zároveň vyjadřuje specifický objem retenční dešťové nádrže na jednotku plochy povodí pro zvolenou dobu trvání deště t_c .

Za hydrogram přítoku se zde dosazuje lichoběžníkový obrazec, u kterého do doby t_d (resp. $t_d = t_d + t_p$) přítok roste až do hodnoty q , do doby t_c (resp. $t_c = t_c + t_p$) je přítok konstantní a potom znovu klesá. Délkou x je označena stejná vzestupná a sestupná část lichoběžníkového obrazce. Za hydrogram odtoku je dosazen lichoběžníkový obrazec, který je ohraničen specifickým odtokem q_o (obr.12.1) [4].



Obr. 12.1 - Stanovení objemu retenční dešťové nádrže z hodnot redukované čáry náhradních intenzit dešťů [4]

Specifický objem retenční dešťové nádrže V_s se spočítá dle vzorce:

$$V_s = 0,06 \times q_c \times t_c - 0,06 \times q_o \left[t_c \times t_d \times \left(1 - \frac{q_o}{q_c} \right) \right] \quad (12.1)$$

kde V_s je specifický objem retenční dešťové nádrže v $[m^3 / ha]$;

q_c intenzita deště po dobu t_c odečtená na redukované čáře náhradních intenzit dešťů v $[l / (s \cdot ha)]$;

t_c doba trvání deště v $[min]$;

t_d doba dotoku vody stokovým systémem v $[min]$;

t_p doba povrchového odtoku ze vzorce podle Bartoška v $[min]$

q_o specifický odtok z dešťové nádrže do ČOV po dobu trvání deště v $[l / (s \cdot ha)]$, který se vypočte podle vzorce:

$$q_o = \frac{Q_o}{S_r} \quad (12.2)$$

kde Q_o je odtok z dešťové nádrže do ČOV v době deště v $[l / s]$;

S_r redukováná plocha povodí v $[ha]$, která se počítá dle vzorce:

$$S_r = S \times \psi \quad [m^2] \quad (12.3)$$

kde S je neredukovaná plocha povodí v $[ha]$;

ψ součinitel odtoku, stanovený jako vážený průměr z jednotlivých dílčích povodí.

Celkový objem retenční nádrže se vypočte dle vzorce:

$$V = V_s \times S_r \quad [m^3] \quad (12.4)$$

Po dosazení V_s, q_o se hodnota V vypočte dle vzorce:

$$V = 0,06 \times S_r \times q_c \times t_c - 0,06 \times Q_o \times \left[t_c + t_d \left(1 - \frac{Q_o}{S_r \times q_c} \right) \right] \quad [m^3] \quad (12.5)$$

V tabelárním výpočtu se pro různé hodnoty t_c, q_c hledá maximální hodnota objemu V .

Přibližně je možné spočítat objem retenční nádrže $V [m^3]$ dle vzorce:

$$V = 0,06 \times (q_c \times S_r - Q_o) \times t_c \quad [m^3] \quad (12.6)$$

V tabelárním výpočtu se pro různé hodnoty t_c, q_c hledá maximální hodnota objemu V .

Objem retenční dešťové nádrže navrhovaný racionální metodou se počítá podle stejné periodicity výskytu dešťů jako souvisící stokový systém. Použití menší periodicity se doporučuje, jen pokud je třeba odkanalizované povodí chránit nebo když není možné nádrž opatřit bezpečnostním přelivem.

Záchytné a průtočné dešťové nádrže

Objem záchytné a průtočné dešťové nádrže V se vypočte podle vzorce:

$$V = \gamma \times V_s \times S_r \quad [m^3] \quad (12.7)$$

Kde V_s je specifický objem záchytné a průtočné dešťové nádrže [m^3/ha].

Určí se dle obr. 12.2 jako funkce hodnot q_m, q_o .

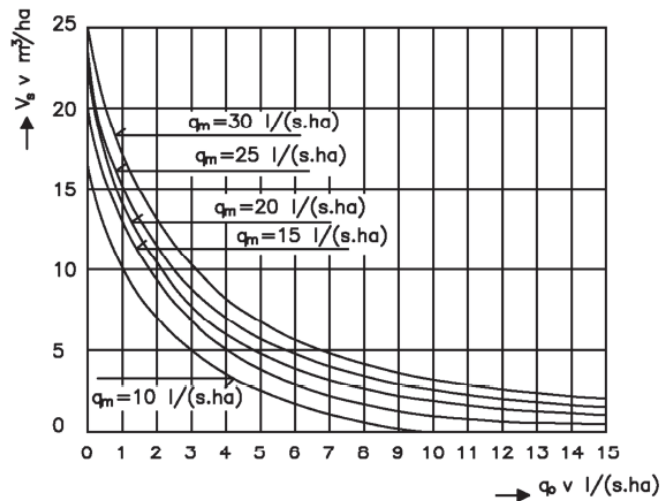
V případě dešťových stok oddílné soustavy se V_s určí pro hodnotu $q_o = 0$;

γ bezrozměrný opravný součinitel, který se určí dle hodnoty t_d z tab. 12.1;

ostatní proměnné hodnoty S_r, q_m, q_o, t_d jsou uvedeny výše.

Tab. 12.1 Hodnoty opravného součinitele γ [4]

t_d [min]	5	10	15	20	25	30	>30
γ	1,05	1,25	1,48	1,63	1,74	1,82	1,92



Obr. 12.2 - Dimenzování záchytných a průtočných dešťových nádrží [4]

Objemy záchytných dešťových nádrží zapojených v řadě za sebou se určí pro $q_o = 0$ a zvětší o hodnotu 5 m^3 na každý redukovaný hektar odvodňované plochy [4].

Tvar průtočných dešťových nádrží se navrhuje podle zásad daných hydraulickými podmínkami usazovací nádrží na ČOV.

Prostor v přítokové stoce, který je zahlcen případným zpětným vzduutím, se od vypočítaného objemu této nádrže neodečítá.

Usazovací dešťové nádrže

Tvary těchto nádrží se navrhují dle zásad daných hydraulickými podmínkami sedimentace [4]. Na stokových systémech se dimenzují hlavně s ohledem na fyzikální parametry suspendovaných částic (nerozpuštěné látky) a jejich objemovou koncentraci, dále pak na požadovanou dobu zdržení a na doporučovanou hodnotu povrchového zatížení. Postup návrhu se řídí normou ČSN 75 6401 *Čistírny odpadních vod pro více než 500 ekvivalentních obyvatel*.

12.2 BILANČNÍ METODY DIMENZOVÁNÍ DEŠŤOVÝCH NÁDRŽÍ

Do této části musíme zahrnout hlavně metody simulačního modelování, které umožňují sestavení základních podkladů pro dimenzování průtokových i objemových kapacit [4].

Objemy těchto nádrží můžeme určit integrací hydrogramů přitékajících nebo přelivných odkanalizovaných vod, které byly stanoveny z hyetogramů zatěžujících dešťů pomocí simulačních modelů. Opakovaným výpočtem pro různé řady zatěžujících dešťů můžeme získat množinu hodnot objemů nádrží, u které po statistickém vyhodnocení můžeme stanovit průměrnou dobu opakování, která připadá příslušným objemům nádrží.

12.2.1 The U.S. Army Corps of Engineer's River Analysis systém (HEC-RAS)

HEC-RAS je přístupný balíček programů, které jsou volně přístupné široké veřejnosti. Tyto programy umí počítat hydraulické výpočty přirozených i umělých toků. Tento program byl vytvořen *Centrem hydrologického inženýrství Americké armády*.

Části analyzování říčních koryt [10]:

- rovnoměrné proudění – výpočet hladin v profilech;
- nerovnoměrné proudění – simulace nerovnoměrného proudění;
- transport splavenin;
- analýza kvality vody – provádí analýzu teploty a všech složek vody.

12.2.2 EPA Storm Water Management Model (SWMM)

Tento program je dynamický srážko-odtokový model. Modeluje jednorázovou nebo dlouhodobou simulaci množství a kvality odtoku, převážně v urbanizovaných územích [22]. SWMM zpracovali tři organizace na základě získaného kontraktu s *Organizací životního prostředí* (EPA).

Na území USA je to nejznámější a také nejpoužívanější model. Je volně přístupný široké veřejnosti. První verze byla vydána v roce 1971 a stále vyhází nové vylepšené verze [5]. V současnosti je ke stažení verze 5.1.

Části modelu:

- řídicí blok – obsahuje vstupní data o povodích
- blok recipientů – simuluje cirkulaci vody v jezerech
- blok transportu dešťových vln – modeluje translaci dešťových vln (TRANSPORT)
- blok EXTRAN – modeluje transport dešťových vln
- blok akumulace dešťového odtoku a čištění vod – modeluje znečištění odtoku (STORAGE/TREATMENT)
- blok odtoku – modeluje tvorbu a koncentraci povrchového odtoku (RUNOFF)

Funkce *Storage Unit* slouží v tomto programu k zadávání akumulačních objektů. Vlastnosti těchto objektů lze v průběhu výpočtu měnit. Tvar objektu se popisuje pomocí funkční křivky, která je zadaná rovnicí $Plocha = A \times (hloubka)^B + C$ nebo tabelárně [10].

13 MODELOVÝ PŘÍKLAD NÁVRHU RETENČNÍ NÁDRŽE A RETENČNÍ STOKY

Objem retenční nádrže a retenční stoky jsou navrženy dle racionálních metod výpočtů. Výpočet je pro zadanou obec Horní Lapač. Hodnoty dešťů volím pro lokalitu Zlín při periodicitě $p = 0,5$ a $p = 0,2$ pro srovnání výsledků (tab. 13.1).

Tab. 13.1 Vydatnost náhradních intenzit dešťů pro lokalitu Zlín

Doba trvání deště t [min]	5	10	15	20	30	40	60	90	120
Vydatnost deště [l/(s·ha)] pro $p = 0,5$	293,0	214,0	170,0	138,0	103,0	82,3	60,4	43,8	34,6
Vydatnost deště [l/(s·ha)] pro $p = 0,2$	363,0	268,0	213,0	175,0	132,0	106,0	78,5	57,3	45,5

13.1 NÁVRH RETENČNÍ DEŠŤOVÉ NÁDRŽE

Vstupní data potřebná k výpočtu retenční nádrže pro dešť s periodicitou $p = 0,5$ jsou uvedena v tab. 13.2 a pro periodicitu $p = 0,2$ v tab. 13.4. Vypočítané objemy retenční dešťové nádrže pro dešť s periodicitou $p = 0,5$ jsou uvedeny v tab. 12.3 a pro periodicitu $p = 0,2$ v tab. 13.5. Výpočty jsou prováděny dle ČSN 75 6261 *Dešťové nádrže*

13.1.1 Návrh retenční nádrže s periodicitou $p = 0,5$

Tab. 13.2 Vstupní hodnoty pro výpočet retenční nádrže pro dešť s periodicitou $p = 0,5$

Plocha povodí S	7,24	[ha]
Odtokový součinitel ψ	0,28	[-]
Regulovaný odtok z nádrže Q_o na ČOV	2,6	[l/s]
Doba dotoku stokovou sítí t_d	15	[min]
Intenzita deště q_c (15 min)	170	[l/(s·ha)]
Doba trvání deště t_c	15	[min]
Specifický odtok q_o z nádrže spočtený dle rovnice 10.2	1,283	[l/(s·ha)]
Redukovaná plocha povodí S_r spočtená dle rovnice 10.3	2,027	[ha]

Tab. 13.3 Vypočítané objemy retenční nádrže dle ČSN 75 6261 pro dešť s periodicitou $p = 0,5$

Výpočet specifického objemu V_S dle rovnice 10.1	150,699	[m ³ /ha]
Výpočet celkového objemu V dle rovnice 10.4	305,467	[m ³]
Výpočet objemu V dle rovnice 10.5	305,469	[m ³]
Výpočet přibližného objemu nádrže V dle rovnice 10.6	307,791	[m ³]

Retenční nádrž pro dešť s periodicitou $p = 0,5$ má objem 320 m³. Nádrž bude navržena jako otevřená. Sklony břehů nádrže budou 1:2. Maximální výška hladiny bude 2,5 m. Půdorysná plocha při maximální hladině bude 255 m² při rozměrech 15 m × 17 m a půdorysná plocha ve dně nádrže bude 35 m² při rozměrech 5 m × 7 m.

13.1.2 Návrh retenční nádrže s periodicitou $p = 0,2$

Tab. 13.4 Vstupní hodnoty pro výpočet retenční nádrže pro dešť s periodicitou $p = 0,2$

Plocha povodí S	7,24	[ha]
Odtokový součinitel ψ	0,28	[-]
Regulovaný odtok z nádrže Q_o na ČOV	2,6	[l/s]
Doba dotoku stokovou sítí t_d	15	[min]
Intenzita deště q_c (15 min)	213	[l/(s·ha)]
Doba trvání deště t_c	15	[min]
Specifický odtok q_o z nádrže spočtený dle rovnice 10.2	1,283	[l/(s·ha)]
Redukovaná plocha povodí S_r spočtená dle rovnice 10.3	2,027	[ha]

Tab. 13.5 Vypočítané objemy retenční nádrže dle ČSN 75 6261 pro dešť s periodicitou $p = 0,2$

Výpočet specifického objemu V_S dle rovnice 10.1	189,398	[m ³ /ha]
Výpočet celkového objemu V dle rovnice 10.4	383,964	[m ³]
Výpočet objemu V dle rovnice 10.5	383,948	[m ³]
Výpočet přibližného objemu nádrže V dle rovnice 10.6	386,236	[m ³]

Retenční nádrž pro dešť s periodicitou $p = 0,2$ má objem 400 m³. Nádrž bude navržena jako otevřená. Sklony břehů nádrže budou 1:2. Maximální výška hladiny bude 2,5 m. Půdorysná plocha při maximální hladině bude 310 m² při rozměrech 15,5 m × 20 m. Půdorysná plocha ve dně nádrže bude 50 m² při rozměrech 5,5 m × 10 m.

13.2 NÁVRH RETENČNÍ STOKY

13.2.1 Návrh retenční stoky pro déšť s periodicitou $p = 0,5$

Potřebný objem retenční stoky je	$V = 320 \text{ m}^3$
Délka stoky od ČOV po zástavbu činí	$l = 295 \text{ m}$
Navrhované DN stoky	DN 1200
Délka jednoho kusu potrubí	$l = 2,5 \text{ m}$
Objem jednoho kusu potrubí	$V_{DN1200} = 2,83 \text{ m}^3$
Objem této stoky bude	$V_S = 115 \times 2,83 = 325,45 \text{ m}^3$
Délka této stoky bude	$L = 115 \times 2,5 = 287,5 \text{ m}$

Tento objem je dostatečný, aby zadržel objem srážky o délce trvání $t = 15 \text{ min}$ a jeho intenzitě $i = 170 \text{ l/(s}\cdot\text{ha)}$. Zachycený objem neohrozí nejbližší přípojky připojené do stokové sítě vzduším retenovaného objemu, proto je možnost retenční stoky na tomto území realizovatelná. Retenční stoka by mohla nahradit uvažovanou retenční stoku.

Retenční stoka bude navrhována z betonové hrdlové trouby DN 1200 TBP-Q 120/250 od výrobce Prefa Brno.

13.2.2 Návrh retenční stoky pro déšť s periodicitou $p = 0,2$

Potřebný objem retenční stoky je	$V = 400 \text{ m}^3$
Délka stoky od ČOV po zástavbu činí	$l = 295 \text{ m}$
Navrhované DN stoky	DN 1400
Délka jednoho kusu potrubí	$l = 2,5 \text{ m}$
Objem jednoho kusu potrubí	$V_{DN1400} = 3,85 \text{ m}^3$
Objem této stoky bude	$V_S = 105 \times 3,85 = 404,25 \text{ m}^3$
Délka této stoky bude	$L = 105 \times 2,5 = 262,5 \text{ m}$

Tento objem je dostatečný, aby zadržel objem srážky o délce trvání $t = 15 \text{ min}$ a jeho intenzitě $i = 213 \text{ l/(s}\cdot\text{ha)}$. Zachycený objem neohrozí nejbližší přípojky připojené do stokové sítě vzduším retenovaného objemu, proto je možnost retenční stoky na tomto území realizovatelná. Retenční stoka by mohla nahradit uvažovanou retenční stoku.

Retenční stoka bude navrhována z betonové hrdlové trouby DN 1400 TBP-Q 140/250 od výrobce Prefa Brno.

14 ZÁVĚR

Retenční dešťové nádrže a stoky na stokových sítích mají za úkol zachytit a transformovat přítoky za dešťů. Těchto schopností využíváme k ochraně stokových sítí, které nemají potřebné hydraulické vlastnosti ve smyslu objemu či odtoku z nich. Retenční nádrže a stoky také slouží k zachycení znečištění před vypuštěním do vodního recipientu.

Retenční dešťové nádrže se rozdělují podle jejich funkcí a podle jejich umístění ve stokových systémech. Při navrhování retenčních nádrží musíme brát ohledy na terénní poměry v oblasti, kde nádrž navrhujeme. V hlavním směru se převážně retenční nádrže navrhují v hlavním směru stokového systému, kdežto do vedlejšího směru se retenční nádrže navrhují ve více rovinatých územích. Retenční dešťové nádrže se dále dělí podle funkce na detenční, retenční, průtočné, záchytné, usazovací a kombinované.

S ohledem na umístění navrhované retenční nádrže se mění její konstrukční řešení. V urbanizovaných územích se velmi často navrhují ŽB nádrže. K výstavbě těchto nádrží se používají nejnovější technologie. Mimo zastavěná území se naopak často navrhují přírodní dešťové nádrže, které mají zatravněné dno a břehy a umožňují tak zasakování dešťové vody při přijatelné jakosti vody. V dnešní době se čím dál tím častěji používají prefabrikované retenční nádrže, které jsou z široké škály materiálů (plasty, prostý beton, ŽB, sklolaminát, apod.).

Retenční dešťové nádrže musejí být vybaveny provozními a monitorovacími zařízeními. Mezi tyto zařízení patří měřicí technika pro měření hladin a průtoků, zařízení sloužící pro regulování odtoku z nádrže, čerpadla a čerpací stanice, bezpečnostní zařízení a v neposlední řadě také čistící zařízení.

Retenční nádrže jsou monitorovány na dálku. Obsluha kontroluje stav retenčních nádrží obvykle po konci dešťů nebo po skončení čištění nádrže. Na dnech nádrží se usazují nerozpuštěné látky, které se musí odstraňovat. Tento sediment se čistí a vypouští do stokové sítě. Pokud to není možno, kvůli vysokému obsahu nežádoucích látek, musíme s těmito sedimenty nakládat jako s kaly z ČOV.

U nás v ČR se retenční nádrže navrhují výpočetními metodami, které jsou uvedeny v ČSN 75 6261 *Dešťové nádrže*. Postupy v této normě jsou zjednodušeny ze zahraničních norem. Retenční nádrže se dále navrhují pomocí simulačních modelů, které jsou zprostředkovávány např. simulační modely SWMM nebo HEC-RAS.

Dle ČSN 75 6261 *Dešťové nádrže* jsem navrhnul retenční nádrž pro zadanou obec Horní Lapač, kterou jsem poté nahradil vypočtenou retenční stokou. Obě možnosti jsem počítal pro dvě periodicity deště ($p = 0,2 ; 0,5$)

15 POUŽITÁ LITERATURA

Tištěné dokumenty:

- [1] WOFLGANG, Geiger a Dreiseitl HERBERT. *Neue Wege für das Regenwasser: Handbuch zum Rückhalt und zur Versickerung von Regenwasser in Baugebieten*. 2. München: Oldenbourg, 2001. ISBN 3-486-26459-1.
- [2] LUDWIG, Karl H.C., Dieter GRAU a Herbert DREISEITL (eds.), ROBINSON, M. *Water-Planning: Building und Designing with Water*. 1. Auflage Basel, Berlin, Boston: Birkhäuser, 2001. ISBN 3-7643-6410-6.
- [3] TNV 75 9011. *Hospodaření se srážkovými vodami*. 1. Praha: Sweco Hydroprojekt a.s., 2013.
- [4] ČSN 75 6261. *Dešťové nádrže*. 1. Praha: Český normalizační institut, 2004.
- [5] URČIKÁN, Pavel a Dušan RUSNÁK. *Stokovanie a čistenie odpadových vod I: Navrhovanie stokových sietí*. 2. Bratislava: STU v Bratislave, 2008. ISBN 978- 80-227-3435-6.
- [6] URČIKÁN, Pavel a Dušan RUSNÁK. *Stokovanie a čistenie odpadových vôd: Stokovanie II Navrhovanie stokových sietí*. 1. Vydanie – 1. Dotlač. Bratislava, 2011. ISBN 978-80-227-2854-6.
- [7] HLAVÍNEK, Petr, Jan MIČÍN a Petr PRAX. *Příručka stokování a čištění*. 1. Brno: NOEL, 2000. ISBN 80-86020-30-4.
- [8] ČSN 75 0905. *Zkoušky vodotěsnosti vodárenských a kanalizačních nádrží*. 1. Praha: Český normalizační institut, 2006.
- [9] ČSN 75 7221. *Jakost vod: Klasifikace jakosti povrchových vod*. 1. Praha: Český normalizační institut, 1998.
- [10] MAYS, Larry W. *Stormwater Collection Systems Design Handbook*. 1. New York, Chicago, San Francisco, Lisbon, London, Madrid, Mexico City, Milan, New Delhi, San Juan, Seoul, Singapore, Sydney, Toronto: McGRAW-HILL, 2001. ISBN 9780071354714.

Elektronické dokumenty:

- [11] ASOCIACE ČISTÍRENKÝCH EXPERTŮ ČESKÉ REPUBLIKY. *Metodická příručka: Posouzení stokových systémů urbanizovaných povodí*. Květen 2009. Dostupné z: http://www.opzp2007-2013.cz/soubor-ke-stazeni/17/5237-metodi-cka_prirucka_stokovy_system_090604.pdf

- [12] REKONSTRUKCE ODLEHČOVACÍ KOMORY - PLEČNÍKOVA VÝUSTĚ. *Www.ko-ka.cz* [online]. Praha: KO-KA s.r.o., 2005 [cit. 2016-05-18]. Dostupné z: http://www.ko-ka.cz/cz/kanalizace_Plecnikova_vyust.asp
- [13] BETONOVÉ RETENČNÍ NÁDRŽE (JÍMKY) NA ZACHYCENÍ DEŠŤOVÉ VODY - POŽÁRNÍ NÁDRŽE, *www.db-jimky.cz* [online]. Bystřice nad Pernštejnem: db Betonové jímky, 2012 [cit. 2016-05-18]. Dostupné z: <http://www.db-jimky.cz/betonove-retencni-nadrze.html>
- [14] OBCHODNÍ CENTRUM OTROKOVICE, *www.nicoll.cz* [online]. Vestec: Nicoll, 2013 [cit. 2016-05-18]. Dostupné z: <http://www.nicoll.cz/produkty/destovavoda/vsakovani-a-retence/reference/obchodni-centrum-otrokovice.html>
- [15] HOBAS: Systémy s akumulací, *www.hobas.cz* [online]. Uherské Hradiště: Hobas CZ, 2011 [cit. 2016-05-18]. Dostupné z: http://www.hobas.cz/fileadmin/Daten/REFERENCES/HCZ/1406_Retence_web_s_logem_k_dotaznikum.pdf
- [16] DITTMER, Ulrich. Fachliche Grundlagen für den Betrieb von Regenüberlaufbecken. In: *www.kan.at* [online]. Universität Stuttgart: Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft, 2013 [cit. 2016-05-20]. Dostupné z: https://www.google.cz/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwiF2IDXruiMAhUKVhoKHwB7CpQQFggbMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.kan.at%2FKontext%2FWebService%2FSecureFileAccess.aspx%3Ffileguid%3D%257B4029e709d9d14d71ac9b492f6c58ca71%257D&usq=AFQjCNGP6xENXHfxGbt0aMd_u__j979Ufg&sig2=5sYbPEIr5nGwmXXE1Y8lmQ&bvm=bv.122448493,d.d2s&cad=rja
- [17] Plovoucí normé stěny, *www.hydrosystemy.cz* [online]. Teplice: HST - Hydrosystemy, © 2016 [cit. 2016-05-20]. Dostupné z: <http://www.hydrosystemy.cz/plovouci-norne-steny>
- [18] Water squares, <http://www.urbanisten.nl> [online]. Rotterdam: Town of Rotterdam, 2010 [cit. 2016-05-21]. Dostupné z: <http://www.urbanisten.nl/wp/?portfolio=waterpleinen>
- [19] JAK UCHOVÁVAT VODU POD ZEMÍ. In: *Www.dumazahrada.cz* [online]. Praha: Časopis Dům&Zahrada, 2015 [cit. 2016-05-24]. Dostupné z: <http://www.dumazahrada.cz/zahrada/technika/22885-jak-uchovavat-vodu-pod-zemi/#.V0RVHkxkjQ>
- [20] AS-REWA, *www.asio.cz* [online]. Brno: ASIO, spol, 2014 [cit. 2016-05-24]. Dostupné z: <http://www.asio.cz/cz/as-rewa>

- [21] AS-MONA, *www.asio.cz* [online]. Brno: ASIO, spol, 2014 [cit. 2016-05-24].
Dostupné z: <http://www.asio.cz/cz/nadrze-na-vodu-as-mona>
- [22] Storm Water Management Model User's Manual Version
5.1. *Www.epa.gov* [online]. Cincinnati: EPA - United States Environmental
Protection Agency, 2015 [cit. 2016-05-25]. Dostupné z:
<http://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi?Dockey=P100N3J6.TXT>
- [23] *Sovak: Časopis oboru vodovodů a kanalizací* [online]. 2002, **11**(11) [cit. 2016-05-16]. ISSN 1210-3039. Dostupné z: [http://www.mzp.cz/ris/ekodisk-new.nsf/3c715bb7027b1c65c1256bb3007b7af2/2ef0ce2b6cb0b1c9c1256fc0003a3be4/\\$FILE/SOVAK%202002-11.pdf](http://www.mzp.cz/ris/ekodisk-new.nsf/3c715bb7027b1c65c1256bb3007b7af2/2ef0ce2b6cb0b1c9c1256fc0003a3be4/$FILE/SOVAK%202002-11.pdf)
- [24] Retenční nádrž N1 Stodůlky. In: *Http://www.lhmp.cz* [online]. Praha: Lesy hlavního města Prahy, 2016 [cit. 2016-05-25]. Dostupné z:
<http://www.lhmp.cz/vt/prazske-nadrze-2/retencni-nadrze/retencni-nadrz-n1-stodulky/>

SEZNAM TABULEK

Tab. 6.1 Zatřídění nádrží dle vizuálního posouzení úniků kapaliny [8]	27
Tab. 11.1 Průměrné hodnoty koncentrací chemického složení srážek v ČR (ČHMÚ, Košetice, 2004)	45
Tab. 11.2. Třídy jakosti vod podle ČSN 75 7221 Jakost vod [9]	48
Tab. 12.1 Hodnoty opravného součinitele γ [4].....	51
Tab. 13.1 Vydatnost náhradních intenzit dešťů pro lokalitu Zlín.....	54
Tab. 13.2 Vstupní hodnoty pro výpočet retenční nádrže pro déšť s periodicitou $p = 0,5$	54
Tab. 13.3 Vypočítané objemy retenční nádrže dle ČSN 75 6261 pro déšť s periodicitou $p = 0,5$	55
Tab. 13.4 Vstupní hodnoty pro výpočet retenční nádrže pro déšť s periodicitou $p = 0,2$	55
Tab. 13.5 Vypočítané objemy retenční nádrže dle ČSN 75 6261 pro déšť s periodicitou $p = 0,2$	55

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 4.1 - Příklad zapojení dešťové nádrže do stokové sítě v hlavním směru [4].....	17
Obr. 4.2 - Příklad zapojení dešťové nádrže do stokové sítě ve vedlejším směru [4].....	17
Obr. 4.3 - Vírový regulátor (Plečníkova výust') [12].....	19
Obr. 5.1 - Domovní retenční nádrž [19]	21
Obr. 5.2 - RN složená z 60 ks tzv. rain bloků (OC v Otrokovicích) [14].....	22
Obr. 6.1 - Přírodní retenční nádrž (Praha 13 – Stodůlky) [24]	24
Obr. 6.2 - Podzemní prefabrikovaná betonová skládaná retenční nádrž ($V = 59,3 \text{ m}^3$) [13].....	25
Obr. 6.3 - Systém AS-REWA [20]	25
Obr. 6.4 - Systém AS-MONA [21].....	26
Obr. 6.5 - Akumulační systém firmy HOBAS [15].....	27
Obr. 7.1 - Plnění vyplachovací klapky [16].....	32
Obr. 8.1 - Přítokový žlab [foto: T. Kolář].....	35
Obr. 8.2 - Půdorys nádrže Jeneweinova [zdroj: BVK a.s.].....	35
Obr. 9.1 - Vizualizace "vodního náměstí" v Rotterdamu [18].....	36
Obr. 10.1 - Základní uspořádání záchytné nádrže v hlavním směru [16].....	39
Obr. 10.2 - Základní uspořádání průtočné nádrže v hlavním směru [16].....	40
Obr. 10.3 - Základní uspořádání záchytné nádrže ve vedlejším směru [16]	40
Obr. 10.4 - Základní uspořádání průtočné nádrže ve vedlejším směru [16].....	41
Obr. 10.5 - Bezdeštný průtok nádrží [16]	41
Obr. 10.6 - Průtok nádrží za deště [16].....	42
Obr. 10.7 – Průtok nádrží po delší dobu deště [16]	42
Obr. 10.8 - Přepad přes bezpečnostní přeliv [16]	43
Obr. 10.9 - Prázdňení nádrže po konci deště [16]	43
Obr. 10.10 - Příklad zbylého sedimentu na dně nádrže [16]	44
Obr. 10.11 - Ukázka použití proplachovacího zařízení [16].....	44
Obr. 12.1 - Stanovení objemu retenční dešťové nádrže z hodnot redukované čáry náhradních intenzit dešťů [4].....	50
Obr. 12.2 - Dimenzování záchytných a průtočných dešťových nádrží [4].....	52

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

ČOV	čistírna odpadních vod
ŽB	železobeton
GRP	glass reinforced plastic (sklolaminát)
OK	odlehčovací komora
HPV	hladina podzemní vody
RDN	retenční dešťová nádrž
DDN	detenční dešťová nádrž
HDV	hospodaření s dešťovou vodou
Cr	chrom
Cd	cadmium
Ni	nikl
Pb	olovo
KNK _{4,5}	kyselinová neutralizační kapacita do pH = 4,5
Q _{př}	přítok do nádrže
Q _{šk}	škrcený odtok (průtok)
Q _{Krit}	kritický průtok

SEZNAM PŘÍLOH

1. Metadata
2. Prohlášení o shodě listinné a elektronické formy VŠKP

SUMMARY

Retention reservoirs and sewer on sewer systems make of capture and transform tributaries in the rain. We use these capabilities to protect sewerage networks that do not have the necessary hydraulic characteristics in terms of volume or runoff of them. Retention basins and sewer are also used to capture pollution before discharge into water recipient.

Retention rainwater tanks are decided to according to their functions and according to their location in sewer systems. When we are designing retention reservoir we must take account of terrain conditions in the area where the tank is proposing. In the main direction is largely retention basins suggest the main direction of the sewer system, but to the next direction of the retention basin are suggest more flat areas. Retention rainwater tanks are further divided by function for detention, retention, flow, capture, settlement and combined.

With regard to the proposed location of the retention tank changes its construction. In urbanized areas they are often suggested reinforced concrete tank. The construction of these reservoirs will use the latest technology. Outside built-up areas, by contrast, often suggest natural rainwater tanks, which have a grassy bottom and the banks and allow infiltration of rainwater at an acceptable water quality. Nowadays increasingly using precast retention tanks, which are from a wide range of materials (plastics, plain concrete, reinforced concrete, fiberglass, etc.).

Retention rainwater tanks must be equipped with operating and monitoring devices. These devices include measuring technique for measuring levels and flows, a device used to control runoff from the tanks, pumps and pumping stations, safety equipment and ultimately and cleaning device.

Retention tank are monitored remotely. The operator checks the status of retention ponds usually after the end of the rainy season or after cleaning the tank. On the day tank settle insoluble substances, which must be removed. This sediment is cleaned and discharged into the sewer network. If this is not possible, due to the high content of undesirable substances, we have these sediments treated as sludge from wastewater treatment plants.

According to ČSN 75 6261 rainwater tank I proposed retention basin for a given municipality Horní Lapač, which I then replaced by calculated retention sewer.