

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

**KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV**



**Případová studie využití srážkových a šedých vod  
v budově základní školy**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**Bc. Martina Kettnerová**

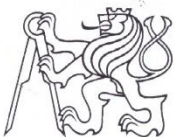
**Vedoucí diplomové práce:**

**Ing. Miroslav Urban, Ph.D.,  
K125**

**Konzultant:**

**Ing. Miroslav Urban, Ph.D.,  
K125**

**2017/2018**



## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Kettnerová Jméno: Martina Osobní číslo: 409632

Zadávací katedra: Katedra technických zařízení budov

Studijní program: Budovy a prostředí

Studijní obor: Budovy a prostředí

### II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Případová studie využití srážkových a šedých vod v budově základní školy

Název diplomové práce anglicky: Case study on treated greywater and rainwater reuse inside school building

Pokyny pro vypracování:

Cílem diplomové práce je navrhnout způsob využití šedých a dešťových vod v budově existující základní venkovské školy.

1. Rešerše se zaměřením na identifikaci potencionálních variant, výběr varianty a její ekonomické posouzení.
  - potenciál využití dešťových vod, potenciál využití šedých vod
  - ekonomické hodnocení řešení případové studie, zhodnocení technické proveditelnosti, výběr vhodné varianty.

2. Zpracování projektu ideálního řešení využití šedých a dešťových vod

Seznam doporučené literatury:

V PŘÍPRAVĚ - ČSN 756780 Využití šedých a srážkových vod v budovách a na přilehlých pozemcích  
DIN EN 16941-2 Vor-Ort-Anlagen für Nicht-Trinkwasser - Teil 2: Anlagen für die Verwendung von behandeltem  
Jan Šálek a kol., Voda v domě a na chatě: Využití srážkových a odpadních vod  
ČSN 75 6760 Vnitřní kanalizace

Jméno vedoucího diplomové práce: Miroslav Urban

Datum zadání diplomové práce: 2. 10. 2017 Termín odevzdání diplomové práce: 7. 1. 2018

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

*Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.*

2. 10. 2017

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

## **Prohlášení autora**

Prohlašuji, že jsem svoji diplomovou práci vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a podkladů.

V Chlumíně, 5. 1. 2017

podpis

## **Poděkování**

Ráda bych poděkovala Ing. Miroslavu Urbanovi, Ph.D. za ochotu a věcné rady při vedení mé diplomové práce.

# **Obsah**

1 Úvod .....	8
2 Voda v objektu .....	9
2.1 Kvalita vod.....	9
2.1.1 Druhy znečištění.....	9
2.1.2 Ukazatele kvality vody.....	9
2.1.3 Požadavky na kvalitu vody .....	10
2.1.4 Produkce odpadních vod .....	11
2.2 Druhy vod .....	11
2.2.1 Pitná voda.....	11
2.2.2 Užitková voda .....	12
2.2.3 Provozní voda.....	12
2.2.4 Odpadní vody .....	12
2.2.5 Srážková voda .....	13
3 Způsoby hospodaření s vodou v objektu .....	14
3.1 Nakládání s odpadními vodami .....	14
3.1.1 Kanalizační systémy.....	14
3.1.2 Decentralizované systémy.....	16
3.1.3 Využití odpadních vod .....	20
3.2 Hospodaření se srážkovými vodami .....	25
3.2.1 Konvenční způsoby .....	26
3.2.2 Přírodě blízká řešení.....	26
3.2.3 Využití srážkových vod.....	29
3.3 Hybridní systémy .....	31
4 Případová studie – Základní škola Chlumín.....	34
4.1 Popis objektu.....	34
4.1.1 Technika prostředí – Zdravotně technické instalace .....	35

4.2 Popis provozu .....	38
4.3 Bilance potřeby vody .....	39
4.3.1 Bilance potřeby pitné vody .....	39
4.3.1 Bilance potřeby provozní vody .....	40
4.4 Bilance produkce šedých odpadních vod.....	43
4.5 Bilance srážkové vody .....	45
4.6 Skutečná spotřeba vody .....	50
4.7 Možné varianty využití srážkových a šedých odpadních vod .....	53
4.7.1 Využití srážkových vod.....	53
4.7.2 Využití šedých odpadních vod .....	66
4.8 Doba návratnosti investic.....	76
4.8.1 Úspora a investiční náklady .....	76
4.8.2 Finanční návratnost .....	77
4.9 Výběr vhodné varianty.....	81
5 Vzdělávací program pro žáky a veřejnost .....	82
6 Závěr.....	83
Seznam použité literatury a podkladů .....	84
Seznam obrázků.....	86
Seznam tabulek.....	88
Seznam příloh.....	89

## **Anotace**

Práce se zabývá návrhem systému na využití šedých odpadních vod a srážkových vod v existující základní škole. Získaná provozní bílá voda bude využita na splachování WC, upravená srážková voda na závlahu školní zahrady. Projekt si klade za cíl zlepšení hydrologických podmínek v lokalitě, snížení spotřeby pitné vody pro provozy, kde není její použití hygienicky nutné a zlepšení povědomí veřejnosti o ekologickém nakládání s odpadními vodami.

## **Annotation**

The thesis proposes a design of a system for usage greywater and rainwater in an existing basic school. Treated greywater will be used for toilet flushing, treated rainwater for irrigation of school yard. Its aim is to achieve improvement of local hydrogeological conditions, reduction of potable water consumption where it is not necessarily needed and increase of public knowledge about ecological treatment with wastewater.

# 1 Úvod

Rostoucí spotřeba, rozsáhlá urbanizace krajiny ve vyspělých zemích a častější výskyt extrémních výkyvů počasí nás vedou k nutnosti lépe hospodařit s přírodními zdroji. Současně je jeden z dnešních požadavků na výstavbu udržitelnost. Zákon č. 17/1992 Sb. o životním prostředí definuje trvalou udržitelnost takto:

*Trvale udržitelný rozvoj společnosti je takový rozvoj, který současným i budoucím generacím zachovává možnost uspokojovat jejich základní životní potřeby, a přitom nesnižuje rozmanitost přírody a zachovává přirozené funkce ekosystémů.*

Mezinárodní organizace Global Footprint Network se zabývá výpočtem tzv. Earth Overshoot Date (EOD). Jde o ilustrativní datum představující den, kdy lidstvo vyčerpalo přírodní zdroje, které Země dokáže za rok obnovit. EOD je určováno od 80. let minulého století a od té doby se posunulo z poloviny prosince na začátek srpna (v roce 2017 připadlo EOD 2. srpna). Přestože není možné, aby byl výpočet takového dne naprosto přesný, ilustruje alarmující lidskou spotřebu přírodních zdrojů. Jedním z nejdůležitějších z těchto zdrojů je voda.

Pouze 60 % spotřeby vody v domácnostech vyžaduje použití pitné vody – osobní hygiena a mytí, příprava jídla, mytí nádobí, pití a mytí rukou. U ostatních činností, jako je splachování WC, praní, úklid a zalévání, je možné využít vodu s parametry užitkové vody. Řešením je recyklace odpadních vod a využití srážkových vod v objektu.

V mé práci se zabývám možnostmi využití upravených odpadních a srážkových vod v existující Základní škole Chlumín. Obec s 500 obyvateli leží ve Středočeském kraji, v okrese Mělník. Tato oblast je charakteristická nízkým ročním úhrnem srážek (dlouhodobý srážkový normál 587 mm/rok, republikový 686 mm/rok), nízkou hladinou podzemní vody, propustným podložím a vysokými letními teplotami. To má za následek malou vydatnost místních podzemních zdrojů vody a dlouhá suchá období v letních měsících, která ničí místní vegetaci. Hlavním smyslem této práce je přispět k dlouhodobému zlepšení hydrogeologických podmínek v lokalitě, dále snížením spotřeby pitné vody ovlivnit dopad objektu na životní prostředí a v neposlední řadě zlepšit povědomí laické veřejnosti o ekologických systémech v budovách. Jsem si vědoma toho, že dodatečná instalace takového zařízení může být finančně nevýhodná. Přesto se domnívám, že podobná řešení mají smysl a jsou důležitou investicí do budoucna.



## **2 Voda v objektu**

Voda do objektu vstupuje v různé kvalitě a také za různými účely. Můžeme ji rozlišovat např. podle způsobu použití na pitnou a užitkovou; podle způsobu vzniku na odpadní a srážkovou.

### **2.1 Kvalita vod**

Nejdůležitější charakteristikou vody v budovách je její mikrobiologická nezávadnost, která vylučuje šíření vodou přenosných onemocnění. Sledování mikrobiologické charakteristiky vody je zakotveno v české legislativě ve vyhlášce č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody. Už na počátku distribuce pitné vody je nejefektivnějším způsobem zamezení kontaminace výběr vhodného surového zdroje a jeho ochrana. „V současné době se za standardní přístup k zajištění nezávadnosti vody (využívané člověkem) považuje tzv. multibariérový systém ochrany, který je založen na principu existence několika vzájemně se doplňujících bariér, určených k záchytu jednotlivých kontaminant (či prevenci jejich vstupu do systému). Počet bariér se volí podle toho, kolik je při analýze rizik daného systému (tzv. water safety plans) identifikováno skutečných nebo možných nebezpečí.“ [1]

#### **2.1.1 Druhy znečištění**

Látky kontaminující vodu se vyskytují v několika podobách – rozpuštěné, nerozpuštěné; organické a anorganické. Organická znečištění mohou být biologicky rozložitelná, jako např. cukry a mastné kyseliny, nebo biologicky nerozložitelná, např. azobarviva. Mezi nejzásadnější druhy znečištění, které se při kvalitě vody v objektech sledují, patří těžké kovy, dusík, fosfor, kontaminace bakteriemi a viry.

#### **2.1.2 Ukazatele kvality vody**

Fyzikálně-chemické ukazatele charakterizující kvalitu vody jsou PH, teplota, tvrdost vody, biochemická (BSK<sub>5</sub>) a chemická (CHSK<sub>Ct</sub>) spotřeba kyslíku, obsah nerozpuštěných látek (NL), celkový organický uhlík (TOC), množství dusíku a fosforu, množství amoniakálního dusíku aj.

Podrobný seznam fyzikálních, chemických a organoleptických ukazatelů se nachází v Příloze č. 1, tabulce B k vyhlášce č. 252/2004 Sb.

Důležitější než fyzikálně-chemické ukazatele kvality vody je mikrobiologická kvalita. Kontaminace vody bakteriemi a jinými patogeny představuje výrazné zdravotní riziko především při použití vody jako pitné, ale také jako užitkové, kdy by mohlo dojít k nechtěné zpětné kontaminaci pitné vody, požití nebo kontaktu s kůží člověka. Není ovšem ekonomicky možné kontrolovat všechny druhy patogenů ve vodním zdroji. Proto se testuje přítomnost pouze několika nejzásadnějších indikátorů znečištění, jako je bakterie *Clostridium perfringens*, *Pseudomonas aeruginosa*, intestinální enterokoky (dříve fekální streptokoky) a koliformní bakterie. Pokud jsou ve vodě přítomny některé z těchto bakterií, je možné, že byla kontaminována fekáliemi, ať už přímo, nebo nepřímo – odpadní vodou. Tyto bakterie se mohou vyskytovat jak v odpadní splaškové vodě, tak v srážkové vodě. Srážková voda bývá kontaminována fekáliemi ptáků a malých savců. [2] [3]

Dalším druhem znečištění vody v objektu jsou viry. Jejich přítomnost a koncentrace závisí na zdraví a počtu obyvatel/uživatel objektu. Protože kontaminace viry nebývá tak obvyklá jako bakteriemi a fekáliemi, jejich přítomnost ve vodě se netestuje. Pokud je voda ošetřována desinfekcí, měla by být tato úprava stejně účinná při odstranění virů jako bakterií.

### **2.1.3 Požadavky na kvalitu vody**

Veškeré požadavky na kvalitu pitné vody a „teplé vody dodávané potrubím užitkové vody nebo vnitřním vodovodem, které jsou konstrukčně propojeny směšovací baterií s vodovodním potrubím pitné vody“ [3] jsou uvedeny ve vyhlášce č. 252/2004 Sb. Pro ilustraci zde uvádím mikrobiologické a biologické ukazatele pitné vody. Limitní počet jednotek u všech druhů bakterií je vždy nulový, tzn., že se nesmějí v testovaném vzorku vody vůbec objevit.

č.	ukazatel	jednotka	limit	typ limitu	Vysvětlivky
1	<i>Clostridium perfringens</i>	KTJ/100ml	0	MH	1
2	Intestinální enterokoky	KTJ/100ml	0	NMH	
		KTJ/250 ml	0	NMH	2
3	<i>Escherichia coli</i>	KTJ/100ml	0	NMH	
		KTJ/250 ml	0	NMH	2
4	koliformní bakterie	KTJ/100ml	0	MH	
		KTJ/250 ml	0	MH	2
5	mikroskopický obraz - abioseston	%	10	MH	3
6	mikroskopický obraz - počet organismů	jedinci/ml	50	MH	3,4
7	mikroskopický obraz - živé organismy	jedinci/ml	0	MH	3,4,5
8	počty kolonií při 22 °C	KTJ/ml	Bez abnormálních změn	MH	6
		KTJ/ml	200	DH	7
		KTJ/ml	100	NMH	2
9	počty kolonií při 36 °C	KTJ/ml	Bez abnormálních změn	MH	8
		KTJ/ml	40	DH	9
		KTJ/ml	20	NMH	2
10	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	KTJ/250 ml	0	NMH	2

tab. 1 - Mikrobiologické a biologické ukazatele pitné vody [3]

## 2.1.4 Produkce odpadních vod

Produkcí odpadních vod charakterizuje jednotka EO = ekvivalentní obyvatel. Tato jednotka vyjadřuje produkci látkového znečištění 60 g BSK<sub>5</sub>, tzn. biochemickou spotřebu kyslíku při procesu rozkladu organického znečištění na anorganické za 5 dnů v temnu a při teplotě 20°C. Počet ekvivalentních obyvatel slouží pro dimenzování systému nakládání s odpadními vodami.

## 2.2 Druhy vod

### 2.2.1 Pitná voda

Norma ČSN ISO 6107-1 definuje pitnou vodu jako „vodu jakosti vhodné k pití“. Dále je vymezen pojem v zákoně č. 258/2000 Sb. o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů: „Pitnou vodou je veškerá voda v původním stavu nebo po úpravě, která je určena k pití, vaření, přípravě jídel a nápojů, voda používaná v potravinářství, voda, která je určena k péči o tělo, k čištění předmětů, které svým určením přicházejí do styku s potravinami nebo lidským tělem, a k dalším účelům lidské spotřeby, a to bez ohledu na její původ, skupenství a způsob jejího dodávání.“ Ve vyhlášce č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody, je v § 3

uvedeno: „Pitná voda musí mít takové fyzikálně-chemické vlastnosti, které nepředstavují ohrožení veřejného zdraví. Pitná a teplá voda nesmí obsahovat mikroorganismy, parazity a látky jakéhokoliv druhu v počtu nebo koncentraci, které by mohly ohrozit veřejné zdraví.“

Mezi hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu patří např. výskyt bakterií a jiných organismů, přítomnost těžkých kovů a chemických látek, dusičnanů, amoniaku, pH, teplota, obsah vápníku ad. Kompletní seznam ukazatelů a jejich limity jsou v příloze č. 1, 2 a 3 k vyhlášce č. 252/2004 Sb.

### **2.2.2 Užitková voda**

Termín užitková voda se používá pro takovou vodu, která vyhovuje zdravotním požadavkům podle příslušných předpisů a technologickým požadavkům podle způsobu jejího využívání. S touto vodou může člověk přicházet do styku, ale nesmí ji používat k pití a pro přípravu potravin. Užitková voda je získávána nebo připravována v objektu, kde se následně využívá. Za užitkovou vodu může být označena voda, která nemá podle příslušných předpisů jakost pitné vody. [4]

### **2.2.3 Provozní voda**

Jak už z názvu vyplývá, provozní voda je voda pro různé provozní účely, jejíž jakost odpovídá příslušnému způsobu použití; např. dešťová nebo recyklovaná voda. [4]

### **2.2.4 Odpadní vody**

Za odpadní vody se považují takové vody, které mají po použití změněnou jakost (složení nebo teplotu), nebo vody odvedené do kanalizačních přípojek a stokových sítí. Pro nakládání s odpadními vodami se někdy používá nesprávný termín likvidace. Legislativa používá termín zneškodňování, což představuje vypouštění odpadních vod do povrchových nebo podzemních vod. Zákon upravuje pouze vypouštění vyčištěných odpadních vod. Běžné řešení napojení na veřejnou kanalizaci tudíž není zneškodňování odpadní vody, jak je definováno legislativou, je to pouze odvádění odpadních vod k jejich dalšímu čištění, např. v centrální ČOV. Stavebníkovi ukládá zákon nakládat s odpadními vodami jedním z těchto způsobů: odvést nebo vyčistit. [5]

#### 2.2.4.1 Rozdělení odpadních vod podle původu

Splaškové odpadní vody, které vznikají použitím pitné vody lidmi pro jejich hygienické činnosti, se dále dělí na:

- Žluté vody – odpadní voda obsahující pouze moč; zdrojem vody jsou zařizovací předměty umožňující její separaci (pisoáry)
- Černé vody – odpadní vody obsahující fekálie, toaletní papír a moč; voda z WC
- Šedé vody – neobsahují fekálie ani moč; vysoký obsah organických látek a pevných částic

Šedé vody se mohou dále dělit podle míry znečištění na:

- Světlé šedé vody – voda pocházející ze sprch, van a umyvadel
- Tmavé šedé vody – voda z kuchyňských dřezů, myček nádobí a praček

Šedá voda z kuchyní neobsahuje fekálie a moč. U šedé vody z koupelen to nelze vyloučit. Čištěním a desinfekcí šedé vody vznikne provozní voda, která se nazývá *bílá voda*. Tato voda nemá jakost pitné vody. [6]

#### 2.2.5 Srážková voda

V zákoně č. 254/2001 Sb., o vodách (vodní zákon) je v §5 odst. 3 uvedeno: „Při provádění staveb jsou stavebníci povinni zajistit vsakování nebo zadržování a odvádění povrchových vod vzniklých dopadem atmosférických srážek na tyto stavby (dále jen „srážkové vody“) v souladu se stavebním zákonem.“ Norma ČSN EN 1085 definuje srážkové vody jako „vody z atmosférických srážek, které dosud neobsahují látky z povrchu.“ Další související termín obsažený v normě jsou srážkové povrchové vody, definované jako „srážkové vody, které se nevsákly do podloží a jsou odváděny z povrchu terénu nebo budov do odvodňovacího systému.“

Sledováním složení srážkových vod se zabývají pracovníci Českého hydrometeorologického ústavu.

## **3 Způsoby hospodaření s vodou v objektu**

Běžně se v budovách setkáváme se systémy, které jsou jednosměrné – voda do objektu vstoupí, obyvatel/uživatel ji použije a poté, většinou se změnou kvality, voda odchází. Důvody, které jsem zmínila již v úvodu, nás vedou k přehodnocení tohoto nakládání s vodami a ke snaze přiblížit se v budovách přirozenému koloběhu vody v přírodě. [7, s. 8]

### **3.1 Nakládání s odpadními vodami**

Volba vhodného systému pro nakládání s odpadními vodami v domě závisí na několika faktorech. V první řadě jsou to místní podmínky jako existence stokové sítě nebo místní ČOV, nebo úplná absence veřejného systému nakládání s odpadními vodami. Dále pak charakter a množství produkovaných odpadních vod. A v neposlední řadě také ekonomické možnosti investora.

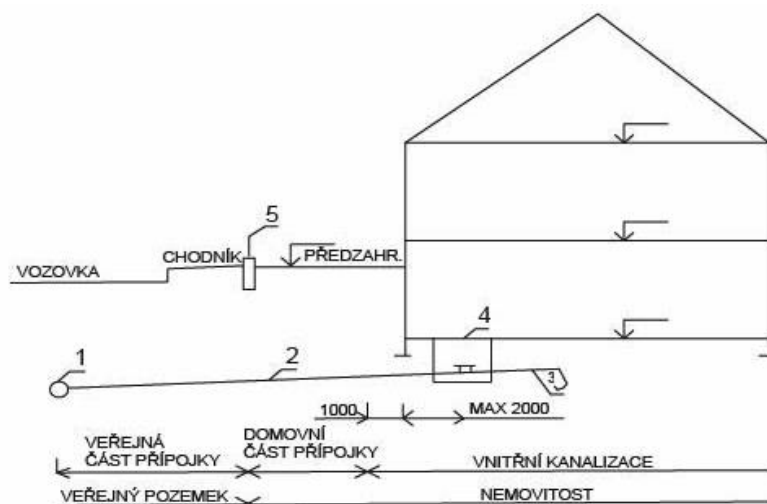
#### **3.1.1 Kanalizační systémy**

Kanalizační nebo také stokové sítě jsou většinou podzemní potrubní systémy zajišťující dopravu odpadních, příp. také srážkových vod, z místa jejich vzniku do místa, kde dojde k jejich zneškodnění, tzn. vyčištění a vypuštění do povrchových nebo podzemních vod. Návrh stokových sítí a kanalizačních přípojek se řídí normou ČSN 75 6101 Stokové sítě a kanalizační přípojky, evropskou normou ČSN EN 1610 Provádění stok a kanalizačních přípojek a jejich zkoušení a dále také ČSN EN 12889 Bezvýkopové provádění stok a kanalizačních přípojek a jejich zkoušení.

Základní dělení kanalizace je podle správy na **veřejnou** a **vnitřní**.

**Veřejná** kanalizace zahrnuje stokové sítě, objekty na stokové síti, čistírny s příslušným zařízením a kanalizační přípojku.

**Vnitřní** kanalizace, jak už název napovídá, je vnitřní systém budovy pro likvidaci odpadních vod v objektu a jejich odvod do kanalizační přípojky.



obr. 1 – Veřejná a vnitřní část kanalizace [8]

Dalším způsobem, jak kategorizovat kanalizační síť, je podle typu odvodnění zájmového území. Jedná se o **jednotný** a **oddílný** stokový systém.

**Jednotná** kanalizační síť je nejčastější odvodňovací systém většiny urbanizovaných sídel v ČR. V rámci jedné stokové sítě jsou dopravovány jak odpadní, tak srážkové vody společnou trubní sítí do čistírny odpadních vod. Velkou výhodou tohoto systému je jeho menší technická a ekonomická náročnost než systému oddílného. Jeho ekologická a hygienická rizika jsou ovšem větší. [7, s. 38]

**Oddílná** kanalizační síť je systém odvodnění, kde se jednotlivé odpadní vody a srážková voda nemísí, ale každá má svůj potrubní systém. Nevýhodou tohoto systému jsou větší investiční náklady a vyšší prostorové nároky pro vedení souběžných potrubí. [7, s. 39]

Možné způsoby dopravy odpadní vody ke konečnému místu jejich zneškodnění jsou **gravitační**, **tlakový** a **podtlakový** systém.

Nejběžnějším a normou ČSN 75 6101 Stokové sítě a kanalizační přípojky upřednostňovaným řešením je **gravitační** kanalizační systém. Tento systém využívá gravitačních sil, k transportu odpadních vod není potřeba žádné vnější síly, což je jeho největší výhoda. K tomu je zapotřebí dodržet minimální sklon doporučený normou, který závisí na použitém materiálu a standarty provozovatele sítě. Na stokové síti jsou pro možnost údržby a kontroly umístěny revizní šachty.

**Tlaková** kanalizace je použita všude tam, kde je nedostatečný přirozený spád nebo protispád trasy, v řídkce osídlených oblastech a objektech se sezónním provozem, v oblastech s vysokou hladinou podzemní vody nebo skalnatým podložím a při problematickém křížení inženýrských sítí a vodotečí. Tlakové kanalizační potrubí má menší průměr než gravitační a jeho trasa kopíruje okolní terén. Skládá se z kanalizační tlakové sítě a domovních čerpacích (sběrných) jímek (DČJ). Přetlak potrubní sítě vytváří čerpadla v DČJ. Každý objekt má svou DČJ, výjimečně může být jedna pro více objektů. Do jímky je odpadní voda z objektu svedena gravitačně. Hlavní nevýhody systému jsou závislost na elektrické energii (pro pohon čerpadel) a nutná pravidelná údržba čerpacích jímek.

**Podtlaková** kanalizace se používá při stejných místně geologických a provozních potížích jako tlaková. Její hlavní výhoda je v tom, že díky podtlaku se odpadní vody nemohou dostat ze systému do okolí. Proto se používá hlavně v oblastech, které je důležité chránit proti znečištění, např. ochranná pásma vodních zdrojů a chráněné přírodní oblasti. Systém se skládá ze sběrné šachty s automatickým podtlakovým ventilem, podtlakové kanalizační sítě a čerpací podtlakové stanice. Odpadní vody jsou dopravovány ze sběrné jímky do sítě až po naplnění retenčního objemu jímky. [5]

### 3.1.2 Decentralizované systémy

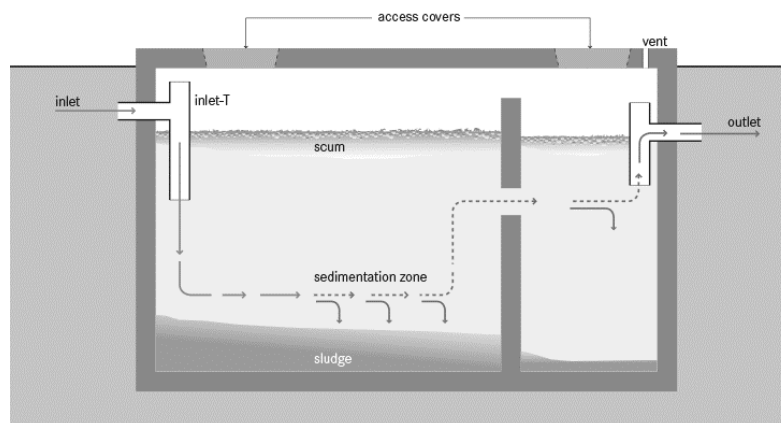
Principem decentralizovaného systému je řešení nakládání s odpadními vodami co nejbližší místu jejich vzniku, tzn. na pozemku objektu. Tento způsob je vhodný pro řídkce osídlené oblasti, kde by byla výstavba centralizovaného řešení ekonomicky nevýhodná. Většinou se jedná o nádrže, systémy nádrží a filtrů, ve kterých se odpadní voda zadržuje, čistí a poté vsakuje do podzemních vod nebo vypouští do vod povrchových. [7, s. 41]

Nejjednodušší a každému známé řešení je **jímka na vyvážení** neboli žumpa. Tato jímka je podzemní, musí být vodotěsná a bez jakéhokoli odtoku. Slouží pouze pro shromažďování splaškových odpadních vod před jejich dalším transportem. Podle ČSN 75 6081 Žumpy je přípustné budovat je pouze tam, kde není možné napojení na stokovou síť s centrální čistírnou odpadních vod, nebo kde není z ekonomických nebo jiných důvodů možné čištění odpadních vod v domovní ČOV. [7, s. 50]

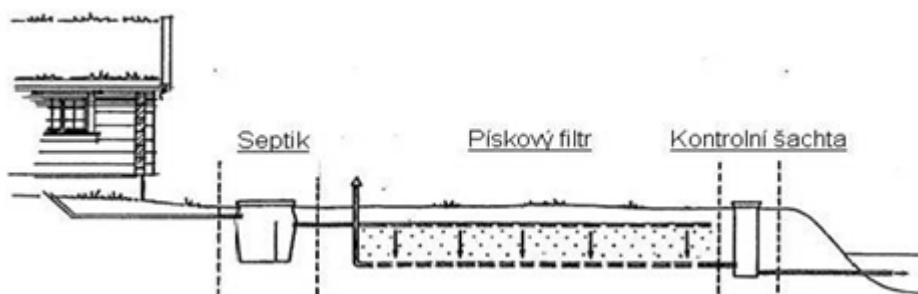
Oproti tomu **septik** je průtočná nádrž s několika komorami, která slouží k předčištění odpadních vod. V septiku dochází k usazení nerozpuštěných látek a vlivem aerobních procesů k mírnému poklesu organického znečištění BSK<sub>5</sub> a CHSK<sub>Cr</sub>. „Obvykle se používá jako



předstupu před dalším stupněm čištění – zemním filtrem, kořenové čistírny apod.“ Pro septiky do 50 EO platí norma ČSN EN 12566-1, nad 50 EO a do 500 EO se septiky provádí podle ČSN 75 6402. [7, s. 54]



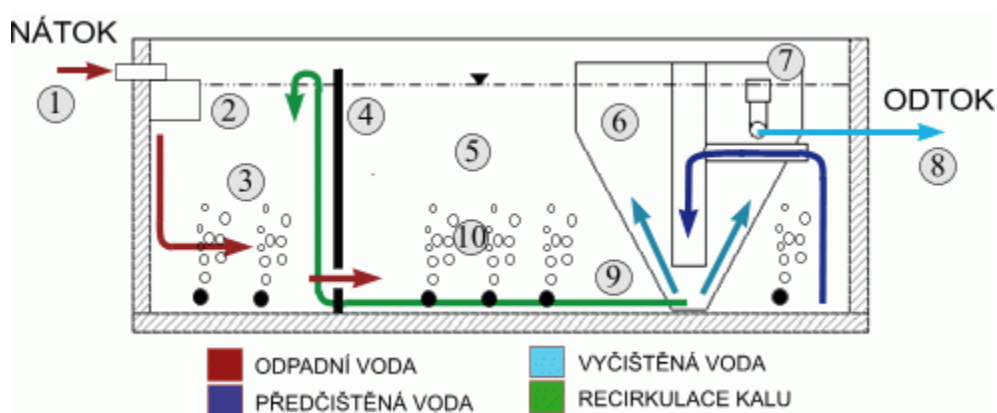
obr. 2 – Schéma dvoukomorového septiku (inlet – přítok; scum – pěna; sedimentation zone – usazovací prostor; sludge – kal; outlet – odtok; vent – odvětrání; access covers – přístup) ([https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/ef/Schematic\\_of\\_a\\_septic\\_tank\\_2.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/ef/Schematic_of_a_septic_tank_2.png))



obr. 3 – Schéma decentralizovaného systému čištění odpadních vod: septik – pískový filtr – odvod do povrchových vod ([http://www.aquaform.cz/images/septik\\_zarizeni.png](http://www.aquaform.cz/images/septik_zarizeni.png))

**Domovní čistírny odpadních vod** pracují na principu biologického čištění. Působením mikroorganismů dochází k rozkladu organických látek. Proces čištění může probíhat za přítomnosti vzdušného kyslíku = aerobně, nebo v prostředí bez kyslíku = anaerobně. Pokud jsou mikroorganismy rozptýlené ve vodě, mluvíme o tzv. aktivačním procesu (aktivaci), jestliže jsou vázány na pevný povrch (nosič), jedná se o biofilmový proces (biofiltry, nosiče biomasy

apod.). DČOV vyžaduje stálý, rovnoměrný přísun znečištění a dostatečný kalový a dosazovací prostor. V kalovém prostoru dochází k usazení nerozpuštěných látek, stejně jako u septiku. Dosazovací prostor slouží k dočištění vody mikroorganismy, buď rozptýlenými ve vodě nejčastěji ve formě vloček, nebo přisedlými na nosičích. Dalším stupněm čištění v DČOV jsou membránové bioreaktory. „Princip této technologie je v tom, že dobře biologicky vyčištěná voda je filtrována přes membránu, vloženou v aktivaci, která zabrání průchodu nerozpuštěných látek.“ Tím je dosaženo ještě nižších koncentrací základních ukazatelů znečištění v odtoku. [7, s. 55-60]

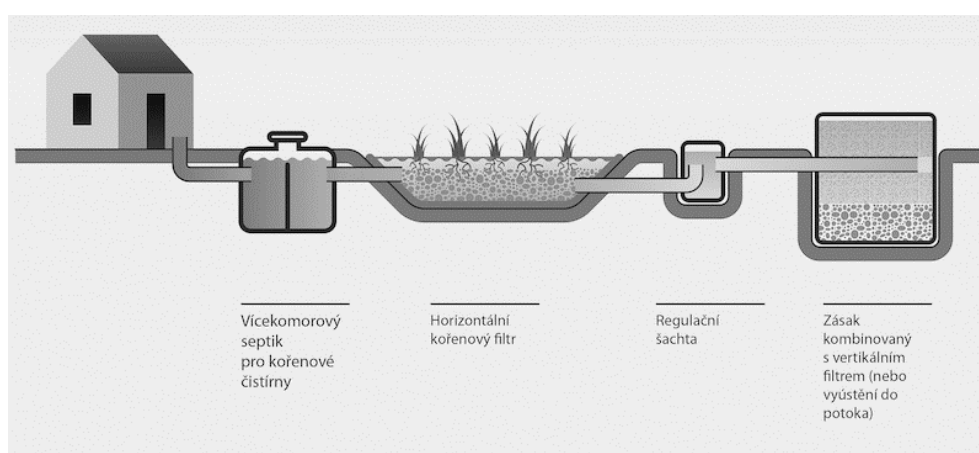


obr. 4 – Schéma DČOV – 1. nátok, 2. nátokový koš nebo česle, 3. denitrifikační prostor, 4. přepážka, 5. nitrifikační (aktivační) prostor, 6. dosazovací prostor, 7. odtokový žlab, 8. odtok, 9. recirkulace kalu, 10. provzdušňování

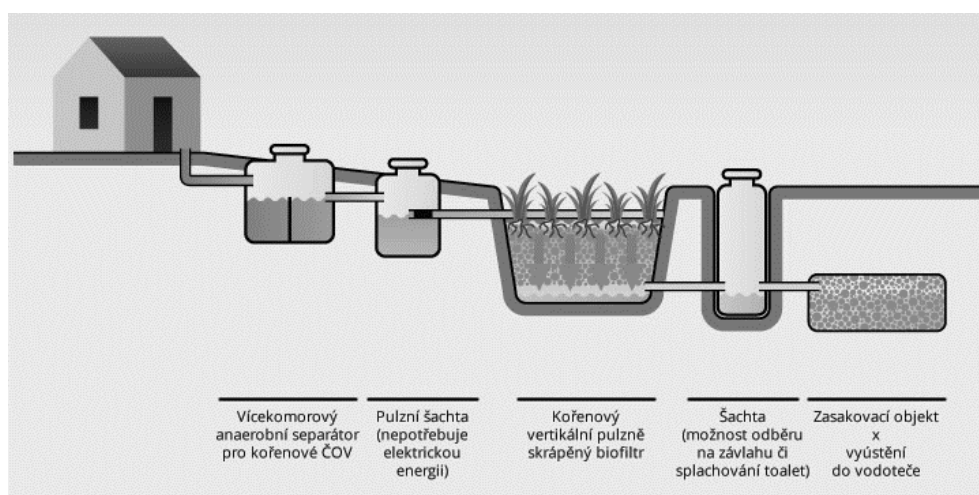
(<http://www.sekerka.biznysweb.cz/cz/cistirny-odpadnich-vod/balene-cistirny-odpadnich-vod/>)

„Mezi tzv. přírodní (extenzivní) technologie čištění odpadních vod patří **vegetační kořenové čistírny (VKČ)**. Jedná se o uměle vybudované zemní filtry osázené mokřadní vegetací – rákos obecný, chrastice rákosovitá, orobince aj. Základním principem tohoto způsobu čištění je průtok odpadní vody substrátem osázeným touto mokřadní vegetací. Substrát musí být dostatečně propustný, aby nedocházelo k jeho ucpávání a následnému povrchovému odtoku. K čištění dochází chemickými, fyzikálními a biologickými procesy v substrátu.“ [7, s. 62] Čistírna pracuje na principu aerobního i anaerobního čištění. Kořeny rostlin prorůstající substrátem dopravují vzdušný kyslík do filtrační oblasti, čímž dochází k aerobnímu čištění. Proces čištění má 3 fáze – mechanické předčištění v septiku, nádrži, kde dojde k oddělení hrubých nečistot a usazení nerozpuštěných látek; odbourání rozpuštěných látek a zachycení

zbytku nečistot ve filtračním loži (substrátu); nutná regulace výšky hladiny vody v mokřadu a kontrola jakosti vypouštěné vody. Filtrační lože neboli substrát je většinou praný štěrk osázený vegetací. Dochází v něm k rozkladu organických nečistot na oxid uhličitý a vodu – látky potřebné pro růst rostlin. Dusík získávají rostliny z rozkladu bílkovin. Bakterie obsažené v půdě ničí všechny choroboplodné zárodky. Plocha kořenové čistírny závisí na použitém substrátu, druhu mokřadních rostlin a charakteru znečištění odpadní vody. Rostliny mohou být emerzní (vynořené), subemerzní (ponořené) nebo plovoucí. U vynořených rostlin, které vyrůstají nad hladinu mokřadu, může být odtok povrchový, horizontální nebo vertikální. [5]



obr. 5 – Schéma horizontální VKČ (<http://www.kr-vysocina.cz/korenova-cistirna-odpadnich-vod-muze-byt-resenim-pro-male-obce/d-4072363>)



obr. 6 – Schéma vertikální VKČ (<http://www.korenova-cisticka.cz/o-korenovkach/fungovani/Korenova-cisticka-korenova-cistirna-schema-fungovani.html>)

### 3.1.3 Využití odpadních vod

Pro trvale udržitelnou výstavbu a provoz budov je klíčové odpovědné hospodaření se zdroji. Opatření na úsporu tepelné energie jsou v dnešní době již standardem. Další důležitou oblastí pro trvale udržitelný rozvoj staveb je vodní hospodářství.

#### 3.1.3.1 Využití tepla z odpadních vod

I zde můžeme dosáhnout úspory tepelné energie. Na českém trhu se již běžně vyskytují lokální výměníky tepla pro předehřev studené vody pro okamžitou spotřebu. Výměník se instaluje přímo v místě spotřeby teplé vody, tj. do sprchové vaničky, nebo v její blízkosti. Teplá odpadní voda prochází deskovým výměníkem a nepřímo ohřívá přiváděnou studenou vodu. Takto může být zvýšena teplota studené vody z běžných 10 °C na teplotu okolo 20 °C. Zmenší se tím podíl teplé vody, která se smíchává se studenou ve směšovací baterii. Tento systém snižuje spotřebu teplé vody na sprchování až o 45 %. [9]



obr. 7 – Lokální výměník tepla pro předehřev studené vody [9]

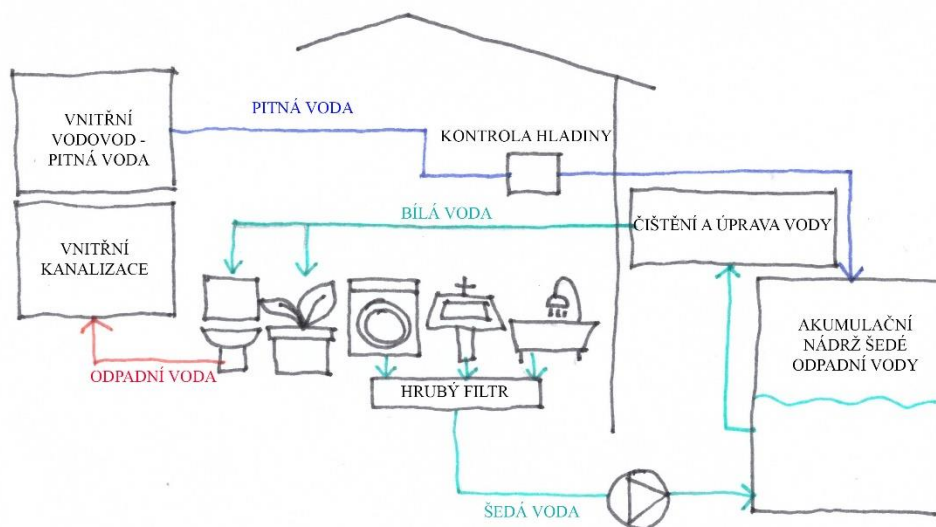
Další možností je centrální systém, např. instalace tepelného výměníku do kanalizace. Odpadní voda proudící přívodním nebo odvodním potrubím ČOV se stává zdrojem energie pro tepelné čerpadlo. Pro velké objekty je možná instalace přehřevu studené vody do zásobníku teplé vody. Tento centrální systém je vhodný pro objekty s produkcí většího množství odpadních vod. Odpadní voda může proudit výměníkem, systémem potrubí, instalovaném v zásobníku teplé vody, nebo může být akumulována a v případě potřeby využívána jako primární zdroj pro tepelné čerpadlo. Teplota vody v akumulární nádrži pro tepelné čerpadlo musí být neustále kontrolována, aby nedošlo ke snížení teploty vody pod bod mrazu. Tepelné čerpadlo musí mít i jiný zdroj tepla, aby v případě nedostatku tepla z odpadní vody mohlo nadále pracovat. Snížení potřeby tepla lze také docílit využitím procesní vody z průmyslových a výrobních procesů.

[7, s. 35]

### **3.1.3.2 Zpětné využití šedých odpadních vod**

V dnešní době cítíme stoupající zájem o úsporu pitné vody v budovách. Spotřebu vody v objektu lze nejprve snížit instalací úsporných zařízovacích předmětů a armatur, jako je nádržkový splachovač s možností malého 3l a velkého 6l spláchnutí, perlátor na vodovodní baterii, úsporné spotřebiče pro mytí a praní aj. Důležitým úsporným opatřením je také vědomé úsporné chování obyvatel/uživatel objektu.

Nejefektivnějšího snížení spotřeby pitné vody můžeme dosáhnout instalací zařízení na využívání upravených odpadních vod. Pro opětovné použití se využívá pouze šedá odpadní voda, ze které se čištěním stává provozní tzv. bílá voda (více kapitola 2.2.3.1). Provozní vodu je možné použít na splachování WC a pisoárů a na závlahu. [7, s. 30]



obr. 8 – Systém na využití šedé odpadní vody (vlastní zpracování dle [2])

Pro využití odpadních vod v objektu nemáme v České republice žádnou legislativní nebo normovou podporu. V současné době je v přípravě norma ČSN 75 6780 Využití šedých a srážkových vod v budovách a na přilehlých pozemcích. Cenné informace můžeme najít v zahraničních normách, evropské EN 16941-2 On-site non-potable water systems – Part 2: Systems for the use of treated greywater, britské BS 8525-1:2010. Greywater systems. Code of practice a BS 8525-2:2011. Greywater systems. Domestic greywater treatment equipment. Requirements and test methods.

Šedá odpadní voda by neměla být využívána bez předchozí úpravy, která by měla zahrnovat filtraci, akumulaci a sledování parametrů šedé vody, úpravu kvality a desinfekci. Pro úpravu kvality vody mohou být použity fyzikální, chemické nebo biologické postupy.

„Vybavení čistírny odpadních vod a její návrh vychází z typu natékajících odpadních vod a z požadavků na jakost bílé vody.“ [6, s. 10]

**Sběrný systém** pro šedou odpadní vodu představuje konvenční potrubní síť z běžných materiálů. Je nezbytné oddělit připojovací a odpadní potrubí šedé vody od ostatních splaškových odpadních vod, které nechceme recyklovat. Již v této části zařízení pro recyklaci šedé vody by měly být instalovány **hrubé filtry** pro zachycení větších nečistot

a nerozpuštěných látek, aby nedocházelo k zanášení následných komponent systému a poškození čerpadel. Zařízení pro úpravu šedých odpadních vod musí být vybaveno obtokem, který při údržbě, poruše nebo odstávce systému umožní odtok vody přímo do kanalizace. [10]

„Základním stupněm čištění šedých vod je **filtrace** a **sedimentace**. Mezi zařízení mechanického předčištění šedých vod patří česle, sedimentační nádrž, spádová a rotační síta a v případě nátoku vod z kuchyně i lapák tuků. Zařízení pro mechanické předčištění se navrhuji na maximální hodinovou produkci šedých vod  $Q_h$  [ $m^3/h$ ].“ [6, s. 10] Nádrž pro zadržení takto předčištěné šedé vody by měla být dimenzována tak, aby v ní voda nebyla zadržována více jak 24 hodin. [2]

Možnosti **fyzikální úpravy** šedé odpadní vody jsou filtrace přes zrnitý (pískový) filtr a membránová filtrace. Filtrační zrnitý materiál může být obohacen o různé aktivní sloučeniny, které pomáhají odstranit konkrétní látky obsažené v dané upravované vodě. Místo písku (zrnitého materiálu) mohou být alternativně použity vláknité, papírové nebo tkaninové filtry. Membránová filtrace spočívá v průtoku upravované šedé vody přes membrány s určitou pórovitostí, na kterých se zachytí nerozpuštěné látky. Čím menší je pórovitost membránových filtrů, tím vyšší kvality filtrované vody dosáhneme, ovšem za cenu vyšších tlaků skrz membrány, rychlejšího zanášení filtrů a vyšší spotřeby energie. [2] „Podle velikosti odseparovaných částic dělíme membránovou filtraci na mikrofiltraci (MF), velikost pórů od 0,1  $\mu m$  do 10  $\mu m$ ; ultrafiltraci (UF), velikost pórů od 1 nm do 0,1  $\mu m$ ; nanofiltraci (NF), velikost pórů od 0,1 nm do 1 nm; a reversní osmózu (RO), velikost pórů pod 1 nm.“ [6, s. 11] Tento stupeň předčištění nesnižují fyzikální, chemické ani biologické parametry šedé vody, proto pro dosažení požadované kvality provozní vody musí následovat další stupně čištění.

**Chemickou úpravou** šedé odpadní vody dojde k odstranění nerozpuštěných látek, organických látek a tenzidů (povrchově aktivní látky). Nejčastěji využívané metody jsou koagulace, elektrokoagulace a fotokatalytická oxidace. Koagulace neboli srážení je proces dávkování koagulantu přímo do upravované vody. Takto vysrážené látky se z vody odstraňují sedimentací nebo filtrací. Nevýhodou koagulace je produkce kalu. U světlých šedých vod (sprchy, vany, umyvadla) můžeme využívat elektrokoagulaci, kdy nastává srážení při průchodu proudu mezi dvěma elektrodami ponořenými v upravované vodě. Při fotokatalytické oxidaci dochází k rozkladu látek za přítomnosti fotokatalyzátoru a světelného záření. Jako fotokatalyzátor se nejčastěji používá oxid titaničitý  $TiO_2$ , na jehož povrchu dochází působením UV záření k rozkladu organických látek, např. na neškodnou vodu a oxid uhličitý. Fotokatalýzu

nemůžeme použít u tmavé šedé vody, protože vyšší podíl nerozpuštěných a organických látek znemožňuje propustnost UV záření na povrch  $\text{TiO}_2$  a tím snižuje efektivitu čistícího procesu. [2] [6]

Proces **biologické úpravy** šedé vody pro recyklaci je stejný jako u čištění odpadní vody u domovních čistíren (kapitola 3.1.2). Při anaerobním čištění je produkováno méně kalu a do systému není potřeba dodávat žádnou energii; nevýhodou je produkce metanu, který je při recyklaci šedé vody u běžných instalací nevyužitelný, a dále pak nižší účinnost čistícího procesu. Pro úpravu šedé vody je určitě vhodné používat aerobní procesy, které jsou efektivnější, např. aktivaci. „Aktivační procesy se doporučuje používat především u objektů s vysokou produkcí šedé vody. Systémy dosahují vysokého stupně vyčištění přiváděných znečištěných vod.“ [6, s. 12] Tento proces probíhá v aktivační nádrži, za přítomnosti aktivačního kalu. Nádrž musí být provzdušňována, aby bylo zajištěno dostatečné množství kyslíku pro udržení aerobního prostředí a voda v nádrži byla promíchávána. Další možností biologického čištění je použití biofilmových reaktorů, kde jsou mikroorganismy přisedlé na nosičích. Biofilmový reaktor je osazený v aktivační nádrži. Podle konstrukce nosiče, způsobu kontaktu s odpadní vodou a vzdušným kyslíkem rozlišujeme skrápěné, ponořené, rotační aj. biofiltry. Mezi biofilmové reaktory řadíme také vegetační kořenové čistírny (viz 3.1.2). Kombinací membránové technologie a procesu biologického čištění jsou membránové bioreaktory (MBR). MBR mohou být umístěny před, za nebo v aktivační nádrži.

**Desinfekce** upravené šedé vody je hlavním krokem odstranění patogenů z vyčištěné vody. Mezi nejběžnější chemické desinfekce patří chlór, a to díky jeho dostupnosti, ceně a na rozdíl od dalších desinfekčních prostředků, zůstávají ve vodě zbytky chlóru i po samotné desinfekci, což zabraňuje následnému šíření mikroorganismů. Nicméně, chlór zanechává toxické vedlejší produkty. Pro desinfekci světlé šedé odpadní vody se používá peroxid vodíku  $\text{H}_2\text{O}_2$ , který je bezpečnější než chlór, cenově se neliší, ale vyžaduje delší aplikační dobu. Ozón je nechemická alternativa chlóru a jedna z nejsilnějších desinfekcí. Oproti chlóru ale nezabraňuje opětovnému růstu bakterií a má vysoké provozní náklady. Proto se využívá hlavně při výskytu bakterií odolných proti chlóru. Účinný nechemický desinfekční proces je aplikace UV záření. UV záření efektivně vymytí E.coli a ostatní koliformní bakterie. Pro odstranění zlikvidovaných patogenů je po aplikaci záření nutná membránová filtrace. [2]



## 3.2 Hospodaření se srážkovými vodami

„Základní legislativní dokument týkající se vodního hospodářství v Evropském společenství je Směrnice 2000/60/ES Evropského parlamentu a Rady z 23. října 2000. Z tohoto dokumentu vychází česká legislativa. V odstavci 11 úvodního textu Směrnice 2000/60/ES je uvedeno:

*Politika pro životní prostředí má přispět k prosazování cílů zachování, ochrany a zvýšení kvality životního prostředí, při uváženém a rozumném využívání přírodních zdrojů a má být založena na principu předběžné opatrnosti, na principech přijímání preventivních opatření, nápravy škod na životním prostředí prvotně u zdroje a na principu, že znečišťovatel platí.*

Hospodaření s dešťovými vodami v obydlených oblastech České republiky těmto požadavkům neodpovídá.“ Srážková voda je stále vnímána jako problém, který je třeba co nejrychleji a nepozorovaně odvést z území, aby negativně neovlivnila zástavbu. Nedostatečná kapacita konvenčních odvodňovacích systémů, stokových sítí, a přesycení vodních toků srážkovou vodou z urbanizovaných území má za následek lokální záplavy a povodně. [11] Kromě toho má narušení přirozeného hydrologického režimu negativní vliv na dotaci podzemních vod, jejichž hladina se snižuje. V území s přirozeným vegetačním krytem se přibližně 60 % objemu srážkové vody dopadající na povrch vypaří, 25 % vody infiltruje do půdy, z toho přibližně polovina dotuje podzemní zásoby vody a pouze okolo 15 % zahrnuje povrchový odtok. V zastavěném území s vysokým podílem nepropustných ploch se vypaří pouze 30 % a zbylých 70 % tvoří povrchový odtok. To má vliv na vegetaci v urbanizovaném prostředí velkých měst. Městská zeleň není dostatečně zásobena vodou a tím pádem nemůže v požadované míře snižovat teplotu okolí pomocí transpirace. [7, s. 16, 17]

V posledních letech můžeme zaznamenat pozitivní obrat odborné i laické veřejnosti v oblasti hospodaření se srážkovými vodami. Od zasakovacích a retenčních systémů decentralizovaného odvádění srážkových vod do podzemních nebo povrchových vod se společnost posunula k využívání srážkových vod v budovách. Posledním velkým impulzem bylo vyhlášení dotačního programu pro vlastníky rodinných domů, který umožňuje získání příspěvku na vybudování systému na využití srážkové a odpadní vody v domácnosti i na zahradě.

### 3.2.1 Konvenční způsoby

Jednotné nebo oddílné kanalizační systémy jsou nejběžnější způsoby nakládání se srážkovými vodami v urbanizovaných územích. Z dnešního pohledu jde již o překonaný systém. Vyhláška č. 501/2006 Sb. o obecných požadavcích na využívání území v §20 odst. 5 uvádí:

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

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

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

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

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

Legislativa tedy upřednostňuje přirozené hospodaření se srážkovými vodami, jako je vsakování nebo odvádění do recipientu, nicméně připouští také odvod srážkových vod kanalizačním systémem.

### 3.2.2 Přírodě blízká řešení

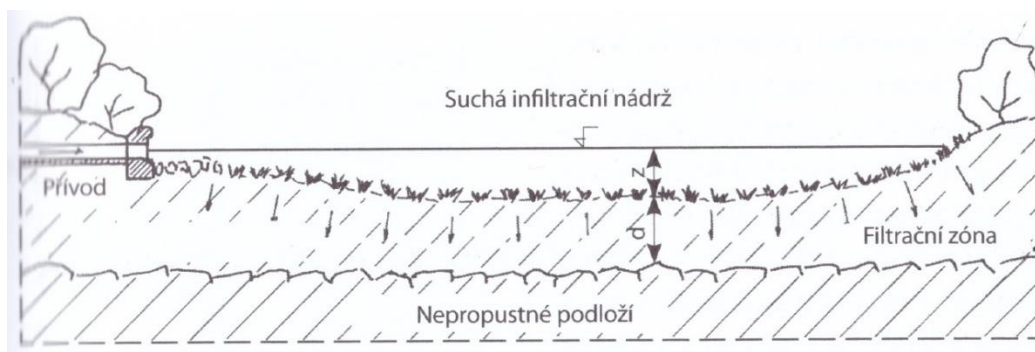
Principem přírodě blízkého hospodaření se srážkovými vodami v urbanizovaném povodí je v maximální možné míře napodobit přirozené odtokové charakteristiky lokality před její urbanizací. Prioritou je vypořádat se se srážkovými vodami v místě jejich vzniku a napodobit přirozený koloběh vody. Nejlepší opatření a zařízení jsou taková, která podporují výpar, vsak a pomalý odtok do hydrologického systému. Vhodná jsou též zařízení přispívající k zachování přirozeného koloběhu vody a ochraně vodních toků, jako akumulace s následným využíváním dešťové vody a retence s regulovaným odtokem. [11] „Tato řešení mají řadu ekologických a ekonomických výhod:

- zadržování a vsakování srážkových vod snižuje objem i maxima povrchového odtoku, tím se snižuje hydraulické a látkové zatížení toků;

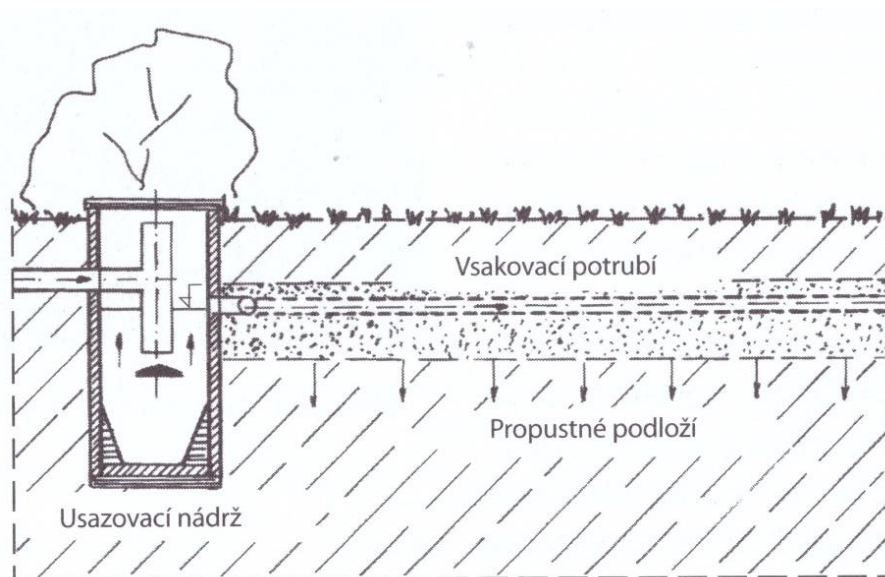
- vsakování do podzemí se obnovuje zásoba podzemních vod a zásobování recipientů v době sucha
- snížení množství srážkových vod umožňuje navrhovat menší profily stok a objemy dešťových nádrží a zmenšuje zatížení čistírny odpadních vod, čímž se zvyšuje účinnost jejich čištění
- zadržení srážkových vod v terénu se projeví zvýšeným výparem a zlepšením mikroklima v urbanizovaných oblastech
- zařízení pro hospodaření se srážkovými vodami je často součástí ploch veřejné zeleně a estetickým přínosem pro urbanizované území
- využívání akumulovaných srážkových vod v nemovitostech jako vody užitkové (splachování WC, závlaha, praní, úklid) se snižuje potřeba pitné vody.“

Při návrhu opatření nebo zařízení na odvodnění je nutné mít na paměti, že toto musí být na pozemku majitele odvodňované nemovitosti. Dále je nutné zohlednit přítomnost vhodného recipientu (povrchového toku nebo podzemních vod), hydropedologické a hydrogeologické podmínky ve vztahu ke kapacitě jímacího území, přítomnost starých ekologických zátěží a jejich vliv na odvodnění (průsak nebezpečných látek, poddolované území aj.), ochranná pásma vodních zdrojů, topografii území a v neposlední řadě typ odvodňovaného zastavěného území. [7, s. 19]

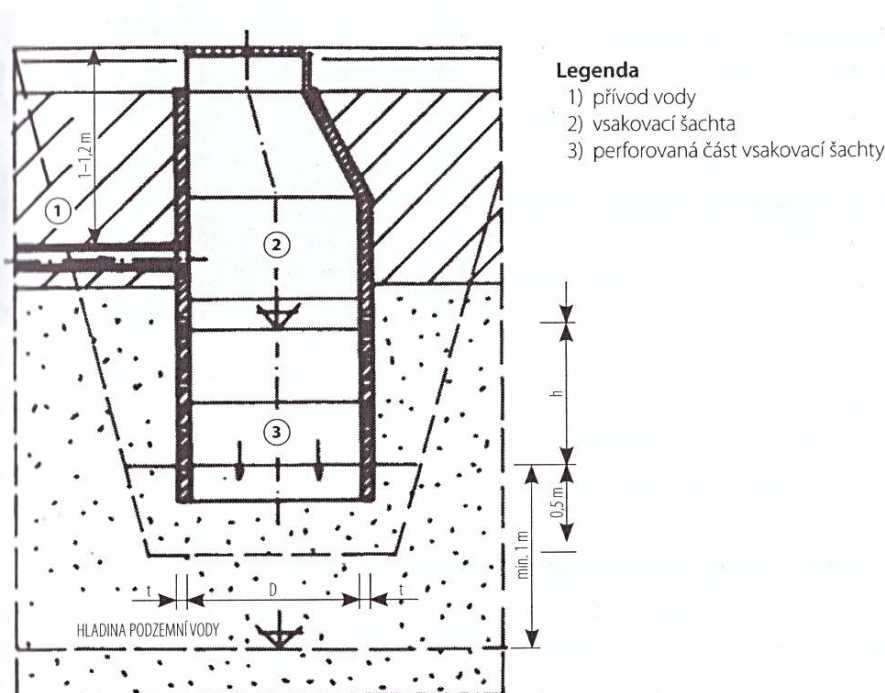
Mezi nejčastěji používané objekty pro hospodaření se srážkovými vodami patří plošné zasakování, zasakovací průleh, prvek průleh a rýha, systém prvků průleh-rýha, zasakovací nádrž, zasakovací rýha, zasakovací podzemní objekty, retenční objekty a mokřady neboli malé vodní nádrže. Tyto objekty mohou plnit funkci vsakování, retence, čištění, evapotranspirace a regulaci odtoku. Volba technického řešení objektu hospodaření se srážkovými vodami by měla probíhat vzhledem k místním okrajovým podmínkám. [7, s. 20, 21]



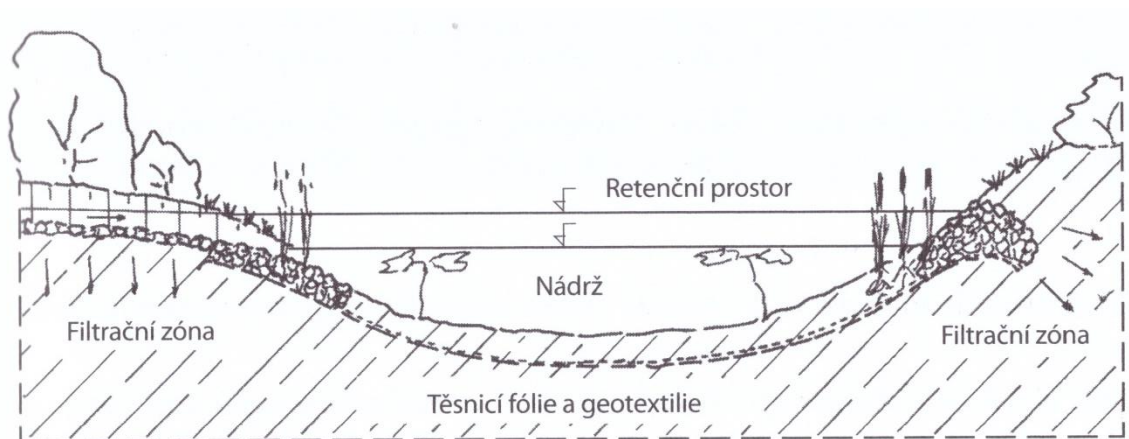
obr. 9 – Zasakovací průleh [7]



obr.10 – Vsakovací rýha [7]



obr. 11 – Vsakovací šachta [7]

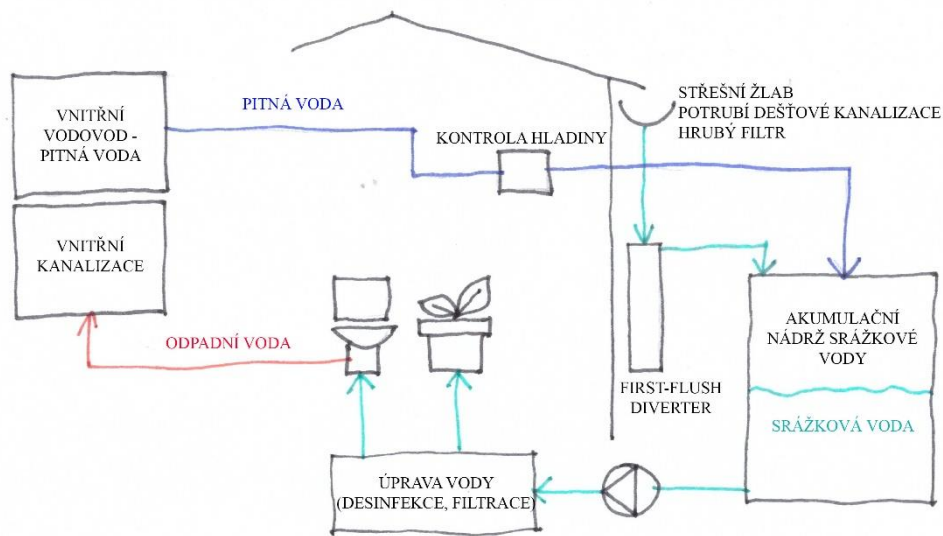


obr. 12 – Malá vodní nádrž s břehovou filtrací [7]

### 3.2.3 Využití srážkových vod

Hospodaření se srážkovými vodami je dalším důležitým prvkem trvale udržitelného rozvoje. V některých zemích (Německo, Velká Británie ad.) je již řadu let využívání srážkových vod v objektech zakotveno v legislativě a ověřeno v praxi. Tato skutečnost potvrdila pozitivní ekonomický a vodohospodářský dopad tohoto způsobu hospodaření se srážkovými vodami. Na českém trhu existuje řada technologií umožňujících využití srážkových vod, od těch nejjednodušších využívající akumulované vody pouze pro závlahu, až po složitější technologie s úpravou vody a využitím v objektech. Hojně využívání těchto systémů v praxi nezáleží pouze na technickém rozvoji a možnostech trhu, ale především na změně myšlení, informovanosti a vzdělanosti společnosti, ať už na úrovni státní správy (stavebních, vodohospodářských úřadů, zákonodárců), škol i široké veřejnosti. [11]

Úprava srážkové vody není na rozdíl od šedé odpadní vody tak složitá. Přesto musí být podrobena několika krokům čištění, aby byla zajištěna její hygienická nezávadnost. Filtrovaná srážková voda je nejčastěji využívána pro závlahu zeleně, dále upravená také pro splachování WC, praní a úklid. Nejvyšší potenciál úspor a návratnosti má instalace systému v oblastech bohatých na srážky. Výhoda srážkové vody je v tom, že její podstatně menší znečištění než u odpadní vody, umožňuje akumulaci až na 20 dní. Proto v deštivých obdobích je možné akumulovat dostatek vody pro možné období sucha.

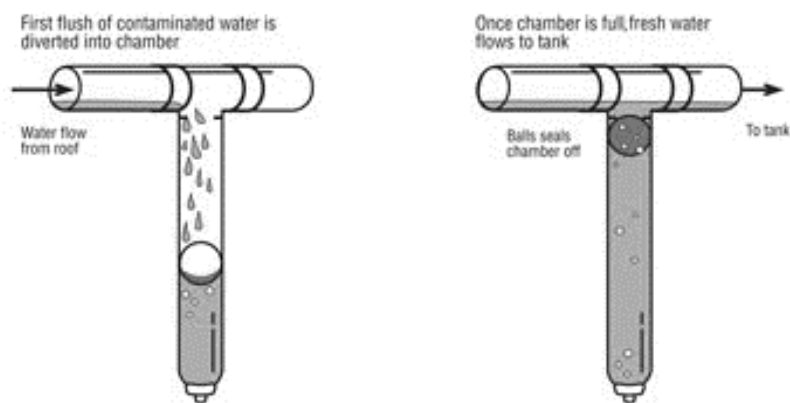


obr.13 – Systém pro využití srážkové povrchové vody (vlastní zpracování dle [2])

Na rozdíl od odpařování vody u srážkové vody je potřeba věnovat zvýšenou pozornost již na začátku systému pro její zadržování, **systému odvodnění střechy**. Na kvalitu srážkové vody má vliv sklon a materiál střechy. Obecně je lepší vyšší sklon a hladší povrch střešního pláště. Z použitého materiálu střešní krytiny se mohou uvolňovat látky znečišťující povrchové srážkové vody, např. dopadající voda na betonový neupravený povrch vyplavuje uhličitán vápenatý, který zvyšuje pH vody; pozinkované, měděné střešní krytiny a krytiny obsahující olovo uvolňují do srážkové vody dané kovy; povrchové srážkové vody ze zelených střech se vyznačují vyšším obsahem rozpuštěných iontů a organického uhlíku. Nejnížší kvalitu vykazují povrchové srážkové vody z dřevěných střech (šindel apod.). Nejvhodnější jsou šikmé střechy s kovovými nebo betonovými střešními krytinami. Kovové krytiny mají jednu výhodnou vlastnost, díky dopadajícímu solárnímu záření dokáží zvýšit teplotu svého povrchu natolik, že dojde k částečné likvidaci bakterií a fekálií obsažených ve vodě.

První stupeň **hrubé filtrace** by měl být umístěn přímo na výtok z okapů. Tím je zabráněno usazování organického materiálu v nádrži, zmírněna koroze potrubního systému, snižuje se pravděpodobnost poškození čerpadel a četnost čištění následných filtrů.

Pro odklon prvotního přívalu vody, který je nejkontaminovanější, slouží tzv. **first-flush diverter**. Zachytí nečistoty spláchnuté ze střechy prvním přívalem vody, čímž zlepšuje kvalitu zachycené vody v nádrži. Objem tohoto zařízení záleží na množství a povaze znečištění, které je splavováno ze střechy. [2] Při minimálním znečištění můžeme počítat 0,5 l objemu komory na 1 m<sup>2</sup> střechy, při silném znečištění až 2 l objemu komory na 1 m<sup>2</sup> střechy. [12]



obr. 14 – First-flush diverter (První příval kontaminované vody je odkloněn do komory. Jakmile je komora naplněná, čerstvá voda odtéká do nádrže.) [12]

Materiál akumulční **nádrže** má menší vliv na kvalitu zachycené vody než systém odvodnění střechy. Nátok do nádrže se doporučuje volit boční kvůli eliminaci víření částic v nádrži. Směrem ke dnu kvalita vody klesá, proto by odtok z nádrže neměl být níž než 0,5 m nade dnem. Pokud použijeme plovoucí filtr v nádrži, může být odtok níž, což vyžaduje nutnou častou údržbu a odkalování filtru a nádrže.

Vzhledem k tomu, že voda může ze střechy splavit nebezpečné patogeny (trus ptáků, malí hlodavci), při použití srážkové vody jako vody užitkové v objektech je na zvážení, zda neaplikovat ještě dodatečné ošetření takto přefiltrované vody. Desinfekce UV lampou nebo chlorace jsou vhodnými způsoby zajištění zdravotní nezávadnosti srážkové vody. [2]

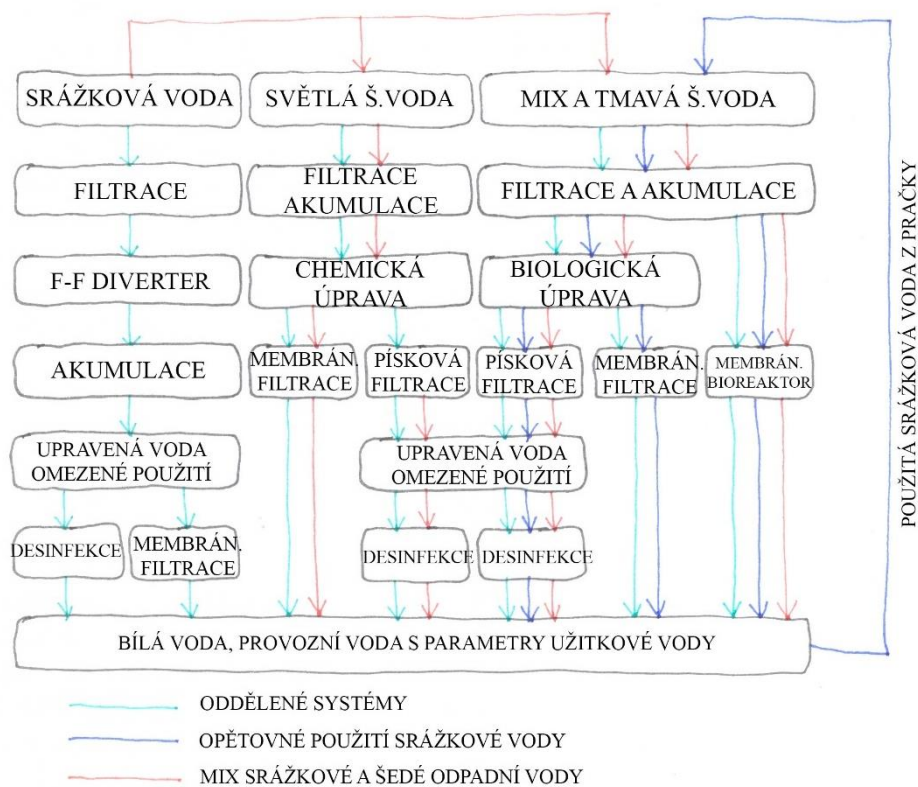
### 3.3 Hybridní systémy

Hybridní systémy kombinují využívání srážkových vod a systém pro zpětné využití šedých odpadních vod. Jejich výhodou je vyšší potenciál úspor a návratnosti investice než při instalaci



dvou oddělených systémů. Produkce šedé vody závisí pouze na obsazenosti objektu osobami, množství srážkové vody na počasí. Proto se tyto systémy mohou výhodně doplňovat; při nízké obsazenosti může být šedá voda doplňována z akumulární nádrže srážkové vody, protože ta může být skladována po delší dobu a tím k dispozici v případě potřeby; zato produkce šedé odpadní vody je nezávislá na přírodních podmínkách, voda pro závlahu zeleně bude k dispozici i v době sucha. Dalšími přínosy instalace hybridního systému v urbanizovaných oblastech jsou kontrolovaný odtok přívalové srážkové vody a tím omezení vodní eroze a lokálních záplav a snížení množství odpadní vody proudící centrálním systémem kanalizační sítě. Přesto při návrhu jednotlivých částí hybridního systému musíme postupovat jako při návrhu oddělených systémů. [2]

V odborné literatuře se můžeme setkat se třemi hlavními možnostmi návrhu hybridního systému. Obrázek č. 15 graficky znázorňuje doporučené postupy úpravy srážkové a šedé odpadní vody jednotlivých systémů.



obr. 15 – Doporučené postupy návrhu úpravy systémů srážkové a šedé odpadní vody (vlastní zpracování dle [2])



- **Oddělené systémy**

- úprava vod odděleně – filtrace, čištění, desinfekce
- využití odděleně – upravená srážková voda – praní prádla, splachování WC, zálaha; upravená šedá voda – splachování WC, zálaha

Jak bylo popsáno výše, kvalitu srážkové povrchové vody můžeme ovlivnit již při návrhu materiálu sběrného systému, dešťových okapů a svodů, a akumulční nádrže. Dále je doporučováno instalovat first-flush diverter a ošetřit zachycenou vodu desinfekcí. Tím docílíme požadované hygienické kvality upravené vody.

Světlá šedá odpadní voda musí být chemicky vyčištěna, filtrována a desinfikována. Pokud využíváme tmavou šedou odpadní vodu nebo směs tmavé a šedé, měli bychom do procesu čištění zařadit také biologickou úpravu vody, protože tmavá šedá voda obsahuje velké procento organických nečistot. [2]

- **Opětovné použití srážkové vody**

Jedná se o integrovaný systém, ve kterém je využívána nejprve upravená srážková voda, která je poté jako šedá odpadní voda znovu vyčištěna a použita. Srážková voda může být nejprve použita pro potřeby praní, následná šedá odpadní voda pro splachování WC a zálahu. Tento systém je neefektivnější v oblastech bohatých na srážky. [2]

- **Mix srážkové a šedé odpadní vody**

Tento systém může mít dvě varianty:

- mix srážkové a šedé odpadní vody v jedné nádrži, společná úprava
- oddělená úprava jednotlivých vod, akumulace vyčištěných vod v jedné nádrži

Výhodou první varianty je snížení koncentrace nečistot a patogenů v šedé odpadní vodě díky naředění srážkovou vodou, dále pak pozitivní vliv na životnost membrán a ostatních částí filtrů. Tohoto efektu bude docíleno pouze se zdrojem kvalitní srážkové vody. Pokud bude tento systém využíván v oblastech s kyselými dešti, nebo bude koncentrace patogenů ve srážkové povrchové vodě vysoká, může být efekt zcela opačný. U tohoto hybridního systému je nutné nejprve ověřit místní podmínky a provést další výzkumy a měření. [2]

## **4 Případová studie – Základní škola Chlumín**

### **4.1 Popis objektu**

Objekt školy se nachází na okraji zastavěného území obce. Má půdorysný tvar T a je situován podél přílehlé místní komunikace. Stavba je z poč. 20. stol., v roce 2011 prošla rozsáhlou rekonstrukcí z části financované Středočeským krajem. Objekt má 2 nadzemní podlaží, podkroví, je částečně podsklepen a zastřešen sedlovou střechou se štítem na jižní straně objektu. V suterénu objektu je umístěna plynová kotelná a zásobníky teplé vody. V 1.NP je tělocvična, šatny, WC, umývárna nádobí a výdej kuchyně. Ve 2.NP jsou dvě třídy, sborovna, ředitelna a WC. V podkroví jsou tři třídy.



*obr. 16 – ZŠ Chlumín, [www.skolachlumín.cz/zakladni\\_skola.htm](http://www.skolachlumín.cz/zakladni_skola.htm)*

Nezastavěná plocha pozemku školy slouží jako školní zahrada. V současné době je vybavena několika herními prvky, sportovním hřištěm, část slouží jako parkoviště pro automobily zaměstnanců školy. Jelikož škola využívá objekt teprve krátkou dobu, není zahrada plně využita. V koncepci rozvoje školy jsou zahrnuty zahradní úpravy, vysazení nové zeleně, zapojení do systému ekoškola pro využití zahrady k výukovým účelům apod.



*obr. 17 – ZŠ Chlumín, katastr nemovitostí*

#### **4.1.1 Technika prostředí – Zdravotně technické instalace**

Škola je zásobována vodou z veřejného vodovodního řádu. Vnitřní vodovod je napojen na vodovodní přípojku v 1.PP v kotelně za hlavním uzávěrem. Od vodoměrné sestavy jsou hlavní ležaté rozvody vedeny k jednotlivým odběrním místům, stoupacímu potrubí a k zásobníkům TV. Původní vnitřní rozvody vody byly v roce 2011 vyměněny za nové plastové.



*obr. 18 – Vodoměrná sestava ZŠ Chlumín*

Příprava TV je zajišťována dvěma stacionárními zásobníkovými ohřivači DZ DRAŽICE OKC 300 NTR/BP o objemu 2x300 l. Zásobníky jsou v 1.PP v kotelně a jsou napojeny na dva plynové kotle, které zajišťují také ohřev topné vody. S ohledem na délku rozvodů je

k zásobníkům navržena nucená cirkulace. Na cirkulačním potrubí je před zásobníky osazeno cirkulační čerpadlo WILO STRATOS ECO Z 25/1-5 BMS (se 100 % zálohou) s uzavíracími ventily, filtrem, zpětným ventilem a spínacím přístrojem WILO – SK 601.



*obr. 19 – Stacionární zásobníky TV a plynové kotle, 1.PP ZŠ Chlumín*

Veškeré vnitřní rozvody jsou provedeny z plastového potrubí kopolymer polypropylen Hostalen PPR 5216, Grau 34 v tlakové třídě PN 16. Potrubí TV a cirkulace je provedeno z trubek WAVIN EKOPLASTIK STABI v tlakové třídě PN 20. Potrubí je ke stavebním konstrukcím připojeno pomocí objímek s gumovým těsněním proti přenosu hluku do stavební konstrukce. Rozvody jsou vedeny ve stavebních drážkách, přízdívkách, v podlaze/pod stropem a jsou opatřeny předepsanými armaturami, kulovými kohouty a tepelnou návlekovou izolací.

V prostupech stěnami a stropní konstrukcí je potrubí opatřeno molitanovými pouzdry. Prostupy jsou dobetonovány. Prostupy požárními úseky jsou opatřeny průchodkami INTUMEX, PROMAT, HILTI příslušné požární odolnosti. Veškerá potrubí jsou opatřena návlekovou izolací. Hlavní ležaté a stoupací rozvody jsou opatřeny tepelnou izolací TUBOLIT DG, rozvody

SV tl. 13 mm, rozvody TV a cirkulace tl. 30 mm, připojovací potrubí k zařizovacím předmětům tl. 13 mm.

Objekt je odkanalizován gravitačně hlavním ležatým svodem vnitřní kanalizace DN150 do stávající žumpy a čerpací šachty tlakové kanalizace, dále stávající tlakovou kanalizační přípojkou do veřejné tlakové kanalizace. Jímka je umístěna na severu pozemku, před objektem. Do hlavního ležatého svodu jsou svedeny vedlejšími větvemi veškeré odpadní vody ze ZŠ.

Odvodnění výdejny kuchyně a umývárny nádobí je provedeno ležatým svodem vedeným pod podlahou 1.NP v násypu. Trasa ležatého svodu je vedena do chodby. Napojení na hlavní ležatý svod je v místě stoupacího potrubí K5.

Na ležatém svodu je v místnosti umývárny dívek osazen do vstupní revizní šachty RŠ1 (1 000/800 mm) čistící kus DN125. Šachta je vybavena stupadly, dno šachty vyspádováno k čistícímu kusu. Revizní šachta je přístupna pro kontrolu přes poklop pro zadláždění.

Ležaté svody kanalizace vedené v zemi jsou provedeny z tvrdého PVC, SN4, řada E pro pokládku do země, s naformátovanými nástrčnými hrdly a jazýčkovým těsnícím kroužkem ze syntetického kaučuku.

V objektu je osm svislých odpadů K1-K8 (DN100-DN70), které jsou větrány 500 mm nad rovinou střechy pomocí ventilačních hlavic. Svislé odpady jsou provedeny z trub a tvarovek pro horkou odpadní vodu z polypropylenu, s nástrčnými hrdly (HT-systém PIPELIFE-FATRA). Stoupací potrubí je izolováno zvukově a proti rosení izolací TUBOLIT AR tl. 5 mm.

Připojovací potrubí je provedeno z trub a tvarovek pro horkou odpadní vodu z polypropylenu, s nástrčnými hrdly (HT-systém PIPELIFE-FATRA). Připojovací potrubí je izolováno zvukově a proti rosení izolací TUBOLIT AR tl. 5 mm.

Dešťové vody jsou likvidovány na vlastním pozemku. Střechy školy jsou odvodněny žlaby a vnějšími svody na terén. Vnější okapy jsou měděné.

## 4.2 Popis provozu

Jedná se o dvoutrídni základní školu pro první stupeň. Provoz školy by se dal rozdělit do dvou období – období školní docházky a prázdnin. Prázdniny v průběhu roku jsou v délce maximálně 5–10 pracovních dní, nejdelší prázdniny jsou dvouměsíční v létě.

Škola se otvírá v 7:00, vyučování začíná v 8:00 a končí v 11:45 nebo ve 12:45. Vyučovací hodina trvá 45 minut, přestávka mezi hodinami je 5, 10 až 15 minut. Po vyučování se otvírá školní družina, která končí v 16:00. Děti mají možnost účastnit se po vyučování odpoledních kroužků, na výběr je kroužek zobcové flétny, angličtiny, pohybové hry, výtvarný kroužek nebo tzv. dívčí klub. Kroužky probíhají každý den od 13:00 do 15:00. Průměrný počet dětí účastnících se odpoledních školních aktivit je 10-20. Kapacita školní družiny je 30 žáků.

Kapacita objektu:	60 žáků
Současná obsazenost:	54 žáků
	6 zaměstnanců
	<u>60 osob</u>

Počet vyučovacích dnů:

prázdniny:	podzimní	2 dny
	vánoční	5 dnů
	pololetní	1 den
	jarní	5 dnů
	letní	$8 \cdot 5 + 1 = 41$ dnů
celkem		<u>54 dnů</u>
průměrný počet pracovních dnů		250 dnů
počet vyučovacích dnů		$250 - 54 = \underline{\underline{196}}$ dnů

## 4.3 Bilance potřeby vody

### 4.3.1 Bilance potřeby pitné vody

Provoz školy: 196 dnů v roce (průměrně 200 dní v roce)

Obsazenost osobami: škola 54 žáků...15 l/os.den, 3 m<sup>3</sup>/os.rok

6 zaměstnanců...15 l/os.den, 3 m<sup>3</sup>/os.rok

jídelna 50 jídel...15 l/jídlo.den, 3 m<sup>3</sup>/jídlo.rok

koeficient denní nerovnoměrnosti  $k_d = 1,5$

koeficient hodinové nerovnoměrnosti  $k_h = 1,8$

#### Průměrná denní potřeba vody

$$Q_{24} = os \cdot q$$

$$Q_{24} = 0,015 \cdot 60 + 0,015 \cdot 50 = 1,65 \text{ m}^3/\text{den}$$

#### Maximální denní potřeba vody

$$Q_d = Q_{24} \cdot k_d$$

$$Q_d = 1,65 \cdot 1,5 = 2,475 \text{ m}^3/\text{den} = 0,03 \text{ l/s}$$

#### Maximální hodinová potřeba vody

$$Q_h = Q_d \cdot k_h$$

$$Q_h = 0,03 \cdot 1,8 = 0,054 \text{ l/s} = 0,194 \text{ m}^3/\text{h}$$

#### Roční potřeba vody

$$Q_{\text{rok}} = 60 \cdot 3 + 50 \cdot 3 = 330 \text{ m}^3/\text{rok}$$

### Výpočtový průtok vnitřního vodovodu (ČSN 75 5455)

$$Q_d = \sum f_i \cdot Q_A \cdot \sqrt{n_i} \quad \text{pro ostatní budovy s převážně rovnoměrným odběrem vody}$$

$f_i$  součinitel výtoku

$Q_A$  jmenovitý výtok jednotlivými druhy výtokových armatur a zařízení, [l/s]

$n_i$  počet měrných jednotek

$f_i$  WC = 0,7; pisoár, umyvadlo, výlevka, dřez, myčka = 1

$Q_A$  WC, pisoár = 0,15; umyvadlo, výlevka, dřez, myčka = 0,2 [l/s]

$n_i$  13xWC, 5x pisoár, 20x umyvadlo, 3x výlevka, 2x dřez, 1x myčka

$$Q_d = 0,7 \cdot 0,15 \cdot \sqrt{13} + 1 \cdot 0,15 \cdot \sqrt{5} + 1 \cdot 0,2 \cdot \sqrt{20} + 1 \cdot 0,2 \cdot \sqrt{3} + 1 \cdot 0,2 \cdot \sqrt{2} + 1 \cdot 0,2 \cdot \sqrt{1}$$

$$\underline{Q_d = 2,44 \text{ l/s}}$$

#### **4.3.1 Bilance potřeby provozní vody**

Denní potřeba provozní vody [6]

$$Q_{24} = Q_d + Q_{tech} + q_{zal} \cdot A_{zal} \quad [\text{l/den}]$$

$Q_d$  denní potřeba provozní vody pro využití v budově, [l/den], bez zalévání nebo kropení

$Q_{tech}$  denní potřeba vody pro technologické procesy, [l/den]

$q_{zal}$  potřeba vody pro zalévání nebo kropení, [l/m<sup>2</sup>.den]

$A_{zal}$  plocha, která se zalévá nebo kropí, [m<sup>2</sup>]

$$Q_d = q_{wc} \cdot n + q_{pis} \cdot n \quad [\text{l/den}]$$

$q_{wc}$  specifická potřeba vody pro splachování záchodových mís, [l/os.den]

$q_{pis}$  specifická potřeba vody pro splachování pisoárů, [l/os.den]

$n$  počet měrných jednotek (počet osob)



$$q_{wc} = q_o * p \quad [l]$$

$q_o$  splachovací objem, [l], podle navržených splachovačů

$p$  počet použití záchodové mísy jednou osobou během dne

$$q_o = q_v + 2 * q_m / 3 \quad [l]$$

$q_v$  objem vody při velkém spláchnutí, [l], podle navržených splachovačů

$q_m$  objem vody při malém spláchnutí, [l], podle navržených splachovačů

Ve škole jsou instalovány WC JIKA LYRA PLUS 826387 s velkým spláchnutím 6 l a malým 3 l.

$$q_v = 6 \text{ l}$$

$$q_m = 3 \text{ l}$$

$$q_o = 6 + 2 * 3 / 3 = 4 \text{ l}$$

$$q_{wc} = q_o * p$$

$p = 1,5$  počet použití WC ve školách, ženy i muži, záchodové mísy (podle přílohy A, tabulky A1)

$$q_o = 4 \text{ l}$$

$$q_{wc} = 1,5 * 4 = 6 \text{ l/os.den}$$

$$Q_d = q_{wc} * n + q_{pis} * n \quad [l/den]$$

$q_{pis} = 0$  pisoáry nejsou ve škole používány

$$n = 60 \text{ os}$$

$$q_{wc} = 6 \text{ l/os.den}$$

$$Q_d = 6 * 60 = 360 \text{ l/den}$$

$$Q_{24} = Q_d + Q_{\text{tech}} + q_{\text{zal}} * A_{\text{zal}} \quad [\text{l/den}]$$

$$Q_{\text{tech}} = 0 \quad [\text{l/den}]$$

$$q_{\text{zal}} * A_{\text{zal}} = 0 \text{ l/m}^2 \cdot \text{den} \quad \text{v této fázi není navržen systém zavlažování}$$

$$\underline{Q_{24} = Q_d = 360 \text{ l/den}} \quad \text{potřeba provozní vody pro splachování WC}$$

### Roční potřeba provozní vody

$$Q_r = Q_d * d + Q_{\text{zal}} * A_{\text{zal}} \quad [\text{l/rok}]$$

$Q_d$  denní potřeba provozní vody pro využití v budově, [l/den], bez zalévání nebo kropení

$d$  počet dnů v roce, kdy se provozní vody používá = počet vyučovacích dní

$Q_{\text{zal}}$  roční potřeba provozní vody pro zalévání nebo kropení, [l/m<sup>2</sup>.rok]

$A_{\text{zal}}$  plocha, která se zalévá nebo kropí, [m<sup>2</sup>]

$$Q_d = 360 \text{ l/den}$$

$d$  = počet pracovních dní – prázdniny

prázdniny:	podzimní	2 dny
	vánoční	5 dní
	pololetní	1 den
	jarní	5 dní
	letní	8*5 + 1 = 41 dní
celkem		54 dní

průměrný počet pracovních dní = 250 dní

$$d = 250 - 54 = 196 \text{ dní počet vyučovacích dní}$$

$Q_{\text{zal}} * A_{\text{zal}} = 0 \text{ l/rok}$  v této fázi není navržen systém zavlažování

$$\underline{Q_r = Q_d * d = 360 * 196 = 70\,560 \text{ l/rok} = 70,560 \text{ m}^3/\text{rok}}$$

## 4.4 Bilance produkce šedých odpadních vod

Objem vyprodukované šedé odpadní vody

$$Q_{prod} = \sum_{i=1}^m q_{prod,i} \cdot n_{mj,i}$$

$q_{pro}$  produkce šedé vody na měrnou jednotku a den, [l/den]

$n_{mj}$  počet měrných jednotek stejného druhu

$m$  počet druhů měrných jednotek

$q_{prod,1} = 5$  l/den      produkce šedé vody – umyvadla čajová kuchyňka

$n_{mj,1} = 7$       počet umyvadel, které nejsou používána pro mytí rukou po použití WC (třídách, čajové kuchyňce a ředitelně)

$q_{prod,2} = 32$  l/den      myčka nádobí (objem vany 32 l)

$q_{prod,3} = 10$  l/den      kuchyňské dřezy, pouze oplach

$q_{prod,4} = 50$  l/den      úklid (5x10l kýbl)

Pokud není produkce šedé vody na měrnou jednotku a den ( $q_{prod}$ ), v l/den, známa, může se stanovit podle vztahu:

$$q_{prod} = \sum_{i=1}^j q_{\varepsilon,i} \cdot n_{\varepsilon,i}$$

$q_{\varepsilon}$  produkce šedé vody pro příslušnou činnost, [l]

$n_{\varepsilon}$  počet činností stejného druhu prováděných během jednoho dne, *stejně, jako použití WC*

$j$  počet druhů činností prováděných během dne

$q_{\varepsilon,5} = 3$  l      mytí rukou

$n_{\varepsilon,5} = 1,5$

$q_{prod,5} = 3 \cdot 1,5 = 4,5$  l

$n_{mj,5} = 60$  os

$Q_{prod} = 7 \cdot 5 + 32 + 10 + 50 + 4,5 \cdot 60$

$Q_{prod} = 397$  l/den

### Výpočtový průtok šedé odpadní vody

$$Q_{ww} = K \times \sqrt{(\sum DU)} \text{ [l/s]}$$

$K = 0,7 \dots$  součinitel odtoku

<b>Způsob odběru vody</b>	<b>K</b> <b>[l<sup>0,5</sup>/s<sup>0,5</sup>]</b>
Rovnoměrný odběr vody (bytové domy, rodinné domky, penziony, úřady)	0,5
Rovnoměrný odběr vody (budovy občanského vybavení sídliště)	0,7
Skupiny zařizovacích předmětů s nárazovým odběrem vody (např. hromadné umývárny, sprchy)	1,0
Skupiny zařizovacích předmětů se zvláštním odběrem vody (laboratoře v průmyslu)	1,2

*tab. 2 – Součinitel odtoku*

DU (výpočtový odtok): umyvadlo = 0,5; výlevka = 2,5; dřez, myčka = 0,8

19x umyvadlo, 4x výlevka, 2x dřez, 1x myčka

$$Q_{ww} = 0,7 \times \sqrt{(19 \times 0,5 + 2 \times 2,5 + 4 \times 0,8 + 0,8)}$$

$$\underline{Q_{ww} = 3,01 \text{ l/s}}$$

## 4.5 Bilance srážkové vody

Průměrný roční nátok srážkové vody [6]

$$V_d = A \cdot \psi_d \cdot h_r \cdot \eta \quad [l/rok]$$

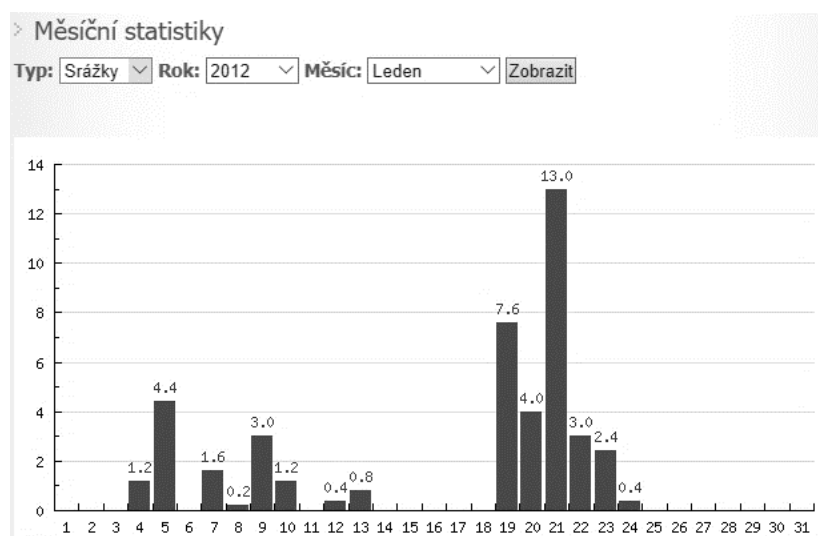
- $A$       půdorysný průmět odvodňované střechy, [m<sup>2</sup>]  
 $\psi_d$      součinitel využití srážkových povrchových vod (viz tabulka C.2 v příloze C [6])  
 $h_r$      dlouhodobý srážkový normál, [mm]  
 $\eta$       hydraulická účinnost mechanického filtru (podle údajů výrobce nebo přibližně  $\eta = 0,9$  až  $0,95$ )

Dlouhodobý srážkový normál pro Středočeský kraj, ve kterém se obec nachází, je 587 mm/rok. Tato hodnota je průměrná a orientační pro celé území kraje, který zahrnuje velké a rozličné území. Proto jsem se rozhodla získat konkrétnější data z co nejbližší lokality obci. Protože z oficiálních zdrojů, jako je například Český hydrometeorologický ústav, lze získat také jen roční průměrné úhrny pro velká území, hledala jsem podrobnější zdroj dat, neoficiální, ale přesto relevantní. Na webové stránce [in-pocasi.cz](http://in-pocasi.cz) sdílí data z méně i více profesionálních meteorologických stanic amatérští meteorologové. Jedna taková stanice se nachází nedaleko obce Chlumín, v obci Kojetice, cca 10 km vzdálená. Jedná se o stanici Davis Vantage Pro 2 od výrobce Davis Instruments. Čidlo teploty a vlhkosti je umístěno 2 m nad zemí a anemometr cca 10 m nad zemí.



*obr. 20 – Stanice Davis Vantage Pro 2, [www.in-pocasi.cz/meteostanice/stanice.php?stanice=kojetice](http://www.in-pocasi.cz/meteostanice/stanice.php?stanice=kojetice)*

Z této stanice jsem získala denní úhrny srážek z let 2012–2016.



obr. 21 – Denní úhrny srážek, leden 2012, [www.in-pocasi.cz/meteostanice/stanice.php?stanice=kojetice](http://www.in-pocasi.cz/meteostanice/stanice.php?stanice=kojetice)

Vypočítala jsem celkové měsíční a roční úhrny a průměrné denní úhrny srážek:

leden	2012	2013	2014	2015	2016	prům.	nátok [l/d]
1	0	0	0	0,2	0,6	0,16	42,4
2	0	0	0	3	0	0,60	159,0
3	0	0,8	0	0,2	0	0,20	53,0
4	1,2	10,6	1,2	1,4	1,2	3,12	826,7
5	4,4	0,4	6,6	0,8	1,6	2,76	731,3
6	0	2,2	0	0	3,2	1,08	286,2
7	1,6	2,6	0	0,2	0	0,88	233,2
8	0,2	2,2	0	3,4	0,2	1,20	318,0
9	3	0	0,2	0	0	0,64	169,6
10	1,2	2,4	0	7,8	2,4	2,76	731,3
11	0	0,2	0	0,2	1,4	0,36	95,4

12	0,4	0	0	0	0,4	0,16	42,4
13	0,8	0	0	0	0,8	0,32	84,8
14	0	3	0,4	0	0,2	0,72	190,8
15	0	0,4	2,4	0	0,6	0,68	180,2
16	0	0	0	0	0,2	0,04	10,6
17	0	0,2	1	2,6	1,6	1,08	286,2
18	0	1,8	0	0	0	0,36	95,4
19	7,6	0	1	0	0	1,72	455,7
20	4	0	3	0	0,8	1,56	413,3
21	13	2,8	4,6	0	0	4,08	1 081,0
22	3	0	0,6	0,8	0	0,88	233,2
23	2,4	0	0,4	1,4	4,2	1,68	445,1
24	0,4	0	0,4	0	0	0,16	42,4
25	0	0	0	0	2,2	0,44	116,6
26	0	0	0	0,6	0	0,12	31,8
27	0	2	1,4	2,8	0	1,24	328,6
28	0	0,8	0	0	2	0,56	148,4
29	0	1,8	0	0,6	0	0,48	127,2
30	0	6,2	0	0	0	1,24	328,6
31	0	1	0	0	0,2	0,24	63,6
celkem	43,2	41,4	23,2	26	23,8	31,52	

*tab. 3 – Denní, roční, průměrné roční úhrny z meteostanice Kojetice pro leden*

Z těchto dat jsem určila průměrný roční úhrn srážek pro tuto oblast.

měsíc	průměrný měsíční srážkový úhrn [mm]
leden	31,5
únor	18,4
březen	29,6
duben	43,9
květen	60,9
červen	62,9
červenec	76
srpen	50,4
září	49,4
říjen	43,8
listopad	32,5
prosinec	23,2
průměrný roční úhrn srážek $h_r$ [mm]	523

tab. 4 – Vypočtené průměrné měsíční srážkové úhrny

Když porovnáme takto získanou hodnotu s dlouhodobým srážkovým normálem z ČSN 75 6780, přílohy C, tabulky C.1, který je 590 mm/rok, vidíme, že přestože se jedná o neoficiální zdroj z amatérské meteostanice, odchylka není velká. Z vlastní zkušenosti vím, že tato oblast je spíše sušší.

Průměrný roční nátok srážkové povrchové vody:

$$A = 392 \text{ m}^2$$

$$\psi_d = 0,8 \quad \text{nepropustná vrstva (keramická střešní krytina)}$$

$$V_d = A * \psi_d * h_r * \eta$$

$$\underline{V_d = 392 * 0,8 * 523 * 0,9 = 147\,612 \text{ l/rok}}$$



### Výpočtový průtok srážkové vody

$$Q_r = i \cdot A \cdot C \quad [l/s]$$

$i$  intenzita deště [ $l/s \cdot m^2$ ]

$A$  půdorysný průmět odvodňované plochy nebo účinná plocha střechy [ $m^2$ ]

$C$  součinitel odtoku dešťových vod [-]

Položka	Druh odvodňované plochy, popřípadě druh úpravy povrchu	Sklon povrchu a na něm závislý součinitel (C)		
		do 1 %	1 % až 5 %	nad 5 %
1.	Střechy s propustnou horní vrstvou tlustší než 100 mm	0,5	0,5	0,5
2.	Střechy ostatní	1,0	1,0	1,0
3.	Asfaltové a betonové plochy, dlažby se záhlvkou spár	0,7	0,8	0,9
4.	Dlažby s pískovými spárami	0,5	0,6	0,7
5.	Upravené štěrkové plochy	0,3	0,4	0,5
6.	Neupravené a nezastavěné plochy	0,2	0,25	0,3
7.	Sady, hřiště	0,1	0,15	0,2
8.	Zatrávněné plochy	0,05	0,1	0,15

tab. 5 – Součinitel odtoku dešťových vod, ČSN EN 12056-2

$$i = 0,03 \text{ l/s} \cdot \text{m}^2$$

$$A = 392 \text{ m}^2$$

$C = 1$  střechy ostatní se sklonem povrchu nad 5 %

$$Q_r = 0,03 \cdot 392 \cdot 1 = 11,76 \text{ l/s}$$

Jmenovitá světlost vnitřního odpadního potrubí DN	Hydraulická kapacita vnitřního dešťového odpadního potrubí $Q_{RWP}$ [ $l/s$ ] stupeň plnění $f = 0,30$	Hydraulická kapacitavnějšího dešťového odpadního potrubí $Q_{RWP}$
70	3,2	2,0
90	4,8	
100	8,1	3,0
125	12,6	6,0
150	25,0	9,0

tab. 6 – Hydraulické kapacity dešťového odpadního potrubí, ČSN EN 12056-2

→ Jmenovitá světlost vnitřního odpadního potrubí pro  $Q_r = 11,76 \text{ l}$  a stupeň plnění  $f = 0,30$  by měla být DN 125.

## 4.6 Skutečná spotřeba vody

Od zřizovatele školy, obecního úřadu Chlumín, jsem získala informace o odběrech pitné vody v posledních letech.

rok	2012	2014	2015	2016
spotřeba [m <sup>3</sup> /rok]	129	108	117	149
počet osob	32	39	47	52
spotřeba [m <sup>3</sup> /os.rok]	4,031	2,769	2,489	2,865
spotřeba [m <sup>3</sup> /d]	0,658	0,551	0,597	0,760
spotřeba [m <sup>3</sup> /os.d]	0,0206	0,0141	0,0127	0,0146

tab. 7 – Roční a denní spotřeby vody ZŠ Chlumín

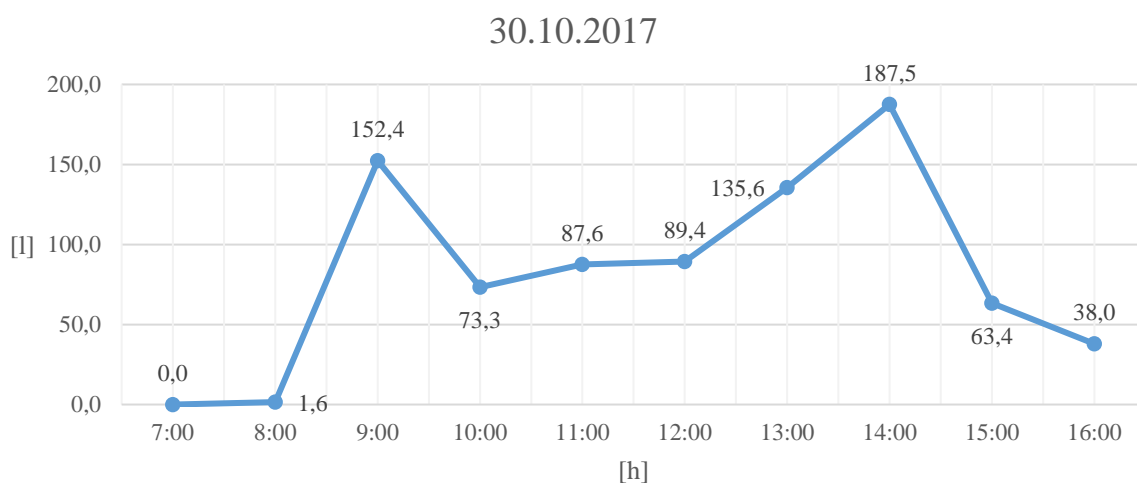
Na přelomu měsíce října a listopadu 2017 jsem jeden pracovní týden prováděla hodinové odečty stavu vodoměru v ZŠ Chlumín. Získaná data charakterizují průběh spotřeby vody v budově během celého dne a týdne. Jednalo se o charakteristický školní týden, ve škole se nekonaly žádné akce ani výjimečné události, celý týden probíhalo klasické vyučování, kterého se účastnili všichni žáci.

[h]	30.10.2017 [l]	31.10.2017 [l]	01.11.2017 [l]	02.11.2017 [l]	03.11.2017 [l]
7:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8:00	1,6	84,2	9,7	11,8	7
9:00	152,4	69,8	96,4	114,8	99,3
10:00	73,3	75,3	73,4	80,7	66,4
11:00	87,6	100,7	94,6	59,7	43,8
12:00	89,4	83,7	125,8	93,1	64,1
13:00	135,6	151,6	67,4	146,0	143,8
14:00	187,5	112,8	215,2	95,2	134,9
15:00	63,4	79,6	80,3	90,0	76,1
16:00	38,0	24,7	0,7	36,4	34,2
celkem	828,80	782,4	763,6	727,7	669,6
	0,829	0,782	0,764	0,728	0,670

tab.8 – Hodinové odečty vodoměru ZŠ Chlumín

### Charakteristický rozvrh školního dne:

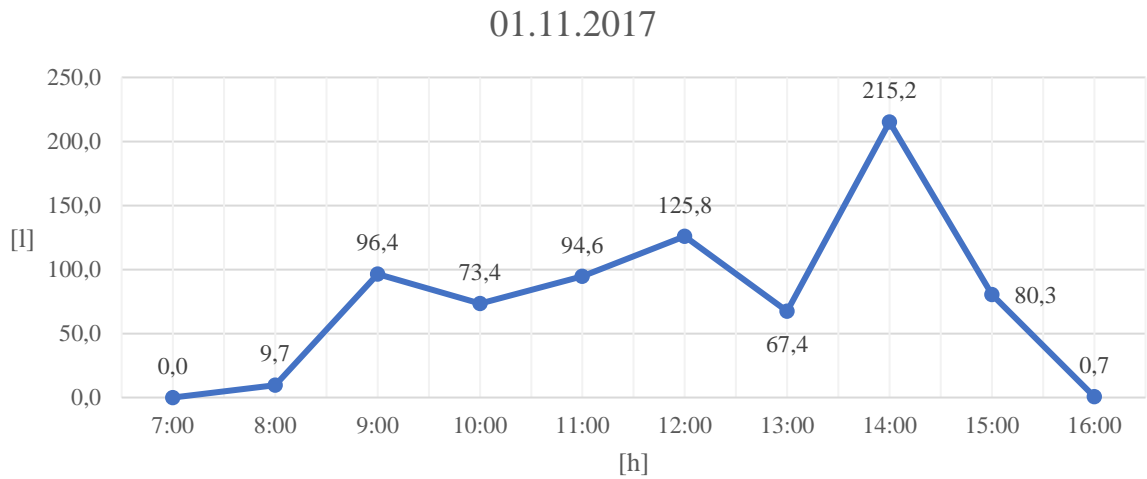
- 7:00 otevření školy
- 8:00 začátek vyučování
- 8:30 – 9:00 dopolení úklid budovy, 1. NP
- 11:45 – 12:00 výdej obědů, mytí nádobí
- 12:45 – 13:00 výdej obědů, mytí nádobí
- 11:45/12:45 konec vyučování, otevření školní družiny
- 14:00 – 15:30 odpolední úklid budovy, 2. NP a podkroví
- 16:00 konec školní družiny



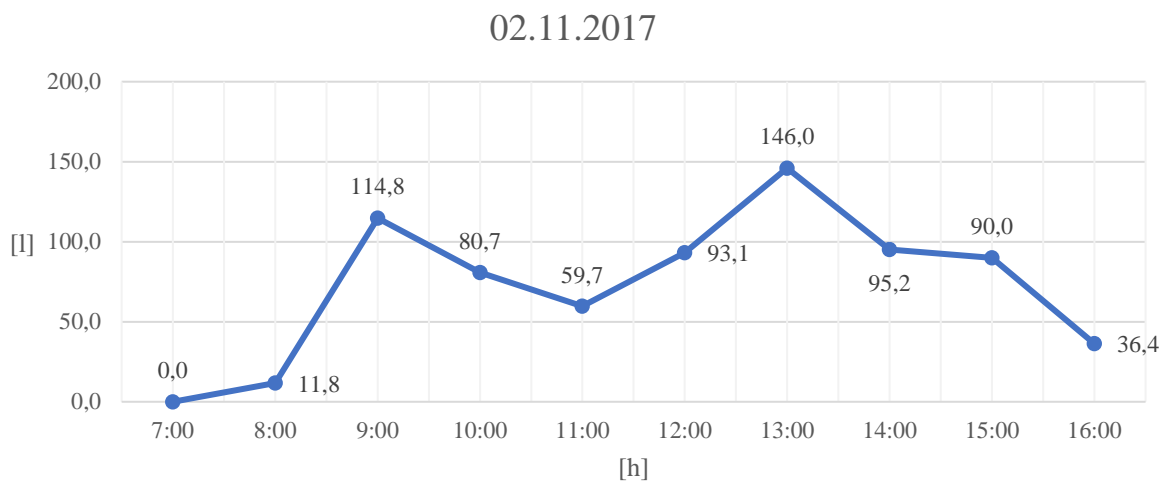
obr. 22 – Graf průběhu spotřeby vody, pondělí 30. 10. 2017



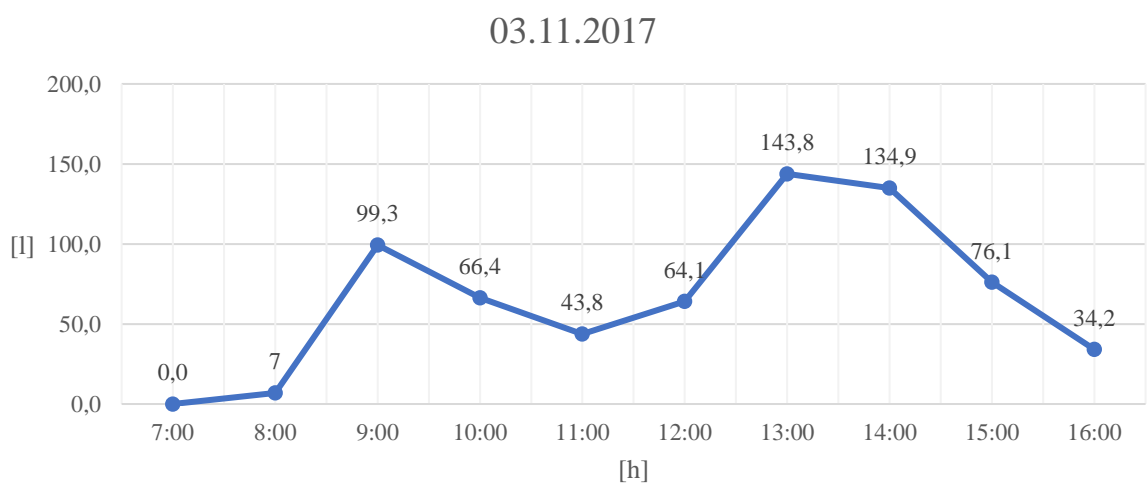
obr. 23 – Graf průběhu spotřeby vody, úterý 31. 10. 2017



*obr. 24 – Graf průběhu spotřeby vody, středa 1. 11. 2017*

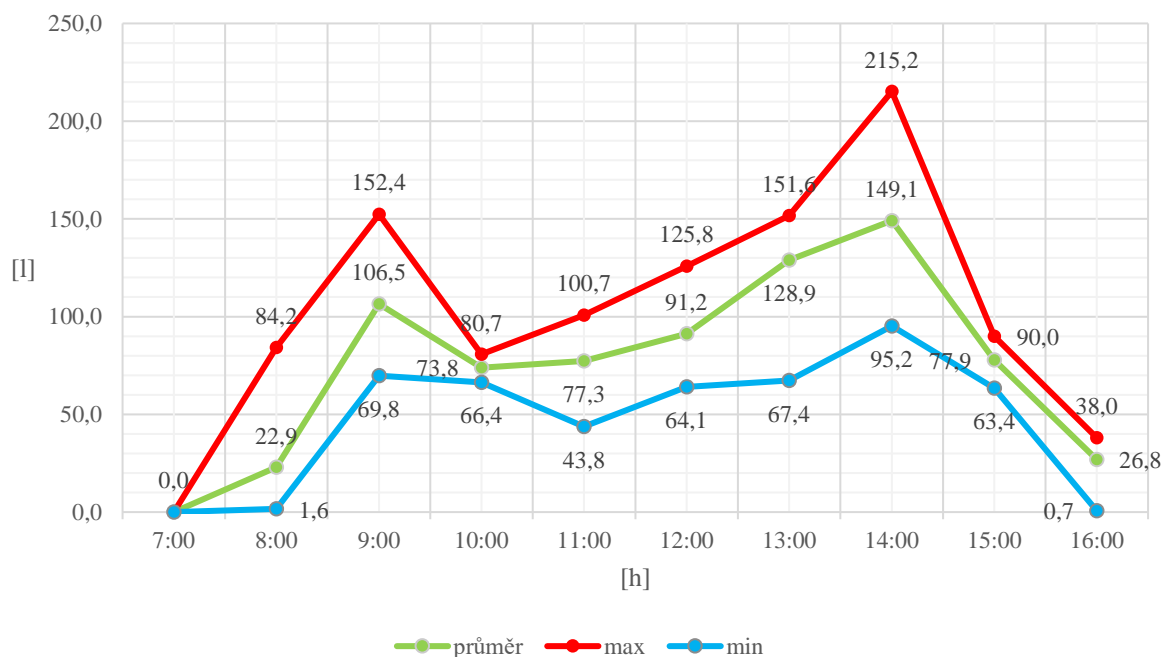


*obr. 25 – Graf průběhu spotřeby vody, čtvrtek 2. 11. 2017*



*obr. 26 – Graf průběhu spotřeby vody, pátek 3. 11. 2017*

30.10. - 03.11.2017



obr. 27 – Graf průběhu spotřeby vody, vyhodnocení

## 4.7 Možné varianty využití srážkových a šedých odpadních vod

Upravené srážkové a vycištěné šedé odpadní vody je v objektu ZŠ Chlumín možné použít pro splachování WC a závlahu zahrady.

Geometrie vnitřních rozvodů pitné vody umožňuje při návrhu využít pro rozvod provozní vody v budově existující ležaté a přípojovací potrubí studené vody. Potrubí pro rozvod provozní vody bude v návrzích úplně odpojeno od zbývajících rozvodů pitné studené vody. Bude navrženo nové stoupací potrubí provozní vody pro zásobování WC v 2. NP.

### 4.7.1 Využití srážkových vod

System pro využití upravené srážkové vody se skládá z existující dešťové kanalizace – venkovních okapů a svodů, dále z nádrže pro zachycení a akumulaci srážkových vod, filtru, čerpadla a systému pro doplňování pitné vody do nádrže nebo do rozvodu provozní vody.

V předešlé kapitole jsme získali data o denní potřebě provozní vody a průměrném ročním nátoku srážkové vody. Tato čísla budeme potřebovat pro návrh systému.

$Q_d = 360 \text{ l/den}$  denní potřeba provozní vody pro využití v budově, bez zalévání nebo kropení

$V_d = 147\,612 \text{ l/rok}$  průměrný roční nátok srážkové povrchové vody

### **Návrh systému pro pokrytí potřeby provozní vody – splachování WC**

#### Návrh objemu akumulací nádrže

Návrh se provádí na potřebu provozní vody na 14 až 21 dní (2-3 týdny) pro zajištění dostatku vody v období mezi dešti.

#### Objem nádrže podle potřeby vody

$$V_v = Q_d * R * z / 1000$$

$Q_d$  denní potřeba provozní vody pro využití v budově, [l/den], bez zalévání nebo kropení

$R$  koeficient využití srážkové vody

$z$  koeficient optimální velikosti nádrže, zohledňuje potřebnou zásobu vody na období mezi dešti

$$Q_d = 360 \text{ l/den}$$

$R = 1$  využití srážkové vody na náhradu 100 % celkové spotřeby

$z = 20$  obvykle 20, zohlednění potřebné zásoby vody na období mezi dešti = 2-3 týdny suchého období = 14-21 dní

$$\underline{V_v = 360 * 1 * 20 / 1000 = 7,2 \text{ m}^3}$$

### Objem nádrže podle množství využitelné srážkové vody

$$V_p = V_d * z / 1000 * 365$$

$V_d$  průměrný roční nátok srážkové povrchové vody, [l/rok]

$z$  koeficient optimální velikosti nádrže, zohledňuje potřebnou zásobu vody na období mezi dešti

$$V_d = 147\,612 \text{ l/rok}$$

$$z = 20$$

$$\underline{V_p = 147\,612 * 20 / 1000 * 365 = 8,1 \text{ m}^3}$$

posouzení:

$V_N = \min(V_v; V_p)$  minimálně potřebný objem velikosti akumulací nádrže

$$V_v = 7,2 \text{ m}^3$$

$$V_p = 8,1 \text{ m}^3$$

$$\rightarrow V_N = V_v = 7,2 \text{ m}^3$$

$V_N < V_p \rightarrow$  spotřeba srážkové vody je menší, než možnosti střechy

### **Návrh systému pro závlahu zahrady**

V této práci se zabývám pouze návrhem nádrže pro akumulaci srážkové vody a s ní souvisejícím zařízením. Konkrétní zavlažovací systém bude navržen při zahradních úpravách, které jsou plánovány v koncepci rozvoje školy. Podle údajů o potřebě provozní vody pro zalévání nebo kropení uvedených v ČSN 75 6780 je možné stanovit velikost plochy, kterou je teoreticky možné zalévat s daným průměrným ročním nátokem srážkové vody.

$h_r = 523 \text{ mm}$  dlouhodobý srážkový normál

$V_d = 147\,612 \text{ l/rok}$  průměrný roční nátok srážkové povrchové vody (střecha)

### Roční potřeba provozní vody na zalévání nebo kropení

$$Q_r = Q_{zal} * A_{zal} \text{ [l/rok]}$$

$Q_{zal}$  roční potřeba provozní vody pro zalévání nebo kropení, [l/m<sup>2</sup>.rok]

$A_{zal}$  plocha, která se zalévá nebo kropí, [m<sup>2</sup>]

$Q_{zal} = 60 \text{ l/m}^2 \cdot \text{rok}$  roční potřeba provozní vody pro zalévání nebo kropení

### Velikost zavlažované plochy

→  $A_{zal} = V_d / Q_{zal}$  plocha, která se zalévá nebo kropí, [m<sup>2</sup>]

$$A_{zal} = 147\,612 / 60 = 2\,460 \text{ m}^2$$

výměra pozemků v KN – zastavěná plocha (střecha) = plocha zahrady

$$1921 + 1279 - 392 = 2\,808 \text{ m}^2$$

Nejsou započítané zpevněné plochy, plochy zabírající hrací prvky, zeleň. Odhaduju, že dešťová voda by na volné zatravněné plochy vystačila.

Objem nádrže na srážkovou vodu pro zalévání nebo kropení je této fázi projektu možné navrhnout podle množství využitelné srážkové vody.

### Objem nádrže podle množství využitelné srážkové vody

$$V_p = V_d * z / 1000 * 365$$

$V_d$  průměrný roční nátok srážkové povrchové vody, [l/rok]

$z$  koeficient optimální velikosti nádrže, zohledňuje potřebnou zásobu vody na období mezi dešti, obvykle 14–21 dní



$$V_d = 147\,612 \text{ l/rok}$$

$$z = 20$$

$$\underline{V_p = 147\,612 * 20 / 1000 * 365 = 8,1 \text{ m}^3}$$

System pro závlahu zahrady se skládá se stejných komponentů, jako systém pro využití srážkové vody pro splachování WC – stávajícího systému dešťové kanalizace, filtru srážkové vody, nádrže pro zachytávání a akumulaci upravené srážkové vody a automatické provozní a čerpací jednotky. U systému pro zavlažování je na zvážení automatické doplňování pitné vody do systému. Pokud by byly na školní zahradě vysázeny užitkové nebo výukové rostliny, které by vyžadovaly pravidelnou závlahu, doporučovala bych instalaci doplňování pitné vody do nádrže.

## **Popis komponentů systému pro využití srážkových vod**

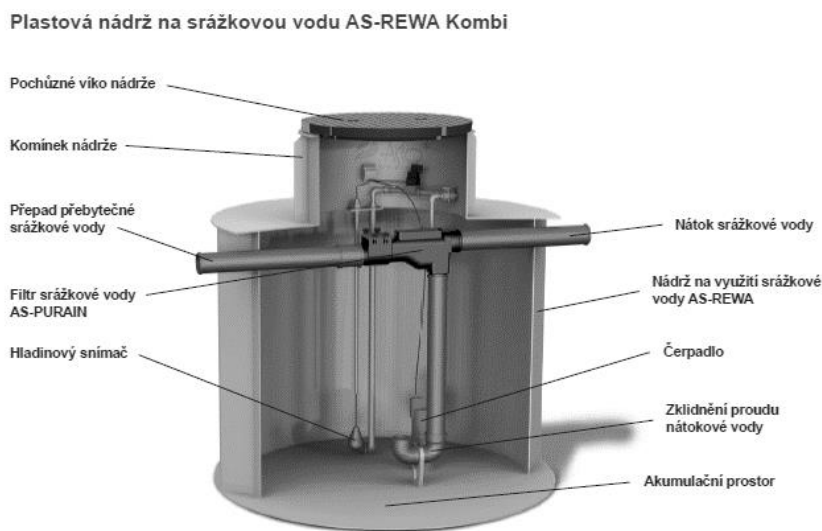
### Nádrž na srážkovou vodu

Na základě účasti na semináři „Modrá úsporám...utopie a praxe“ společnosti Asio, s.r.o. jsem vybírala nádrže a příslušenství ze sortimentu firmy. Systém zachytává srážkovou vodu z okapů, poté dojde k vyčistění filtrem od mechanických nečistot, následně k akumulaci v akumulační nádrži odkud je nasávána přes sací potrubí a je přiváděna do domu ke splachování toalet, případně na zahradu k zavlažování.

Typ nádrže volíme z hlediska jejího budoucího umístění. Nádrž je možné umístit do suterénu budovy nebo do terénu v blízkosti budovy. Nádrž v suterénu nevyžaduje žádné zemní práce, nádrž v terénu šetří místo v budově a je zajištěna stálá teplota skladované vody. Proto je výrobcem doporučováno umístit nádrž do terénu. Při tomto umístění nádrže je nutné znát výšku hladiny spodní vody a míru zatížení nádrže, pokud je nádrž umístěna např. pod parkovací plochou, v chodníku apod. V případě výskytu spodní vody nebo přetížení nádrže je třeba vybrat typ nádrže s ohledem na statické zabezpečení – na výběr jsou nádrže betonové nebo dvouplášťové. Pokud jsou místní podmínky jednoduché, jsou k dispozici plastové svařované nádrže AS-REWA nebo plastové nádrže vyráběné rotačním litím AS-MONA.

Pro náš případ využívání srážkových vod a místních podmínek jsou od společnosti Asio vhodné tyto dva systémy pro nakládání se srážkovými vodami:

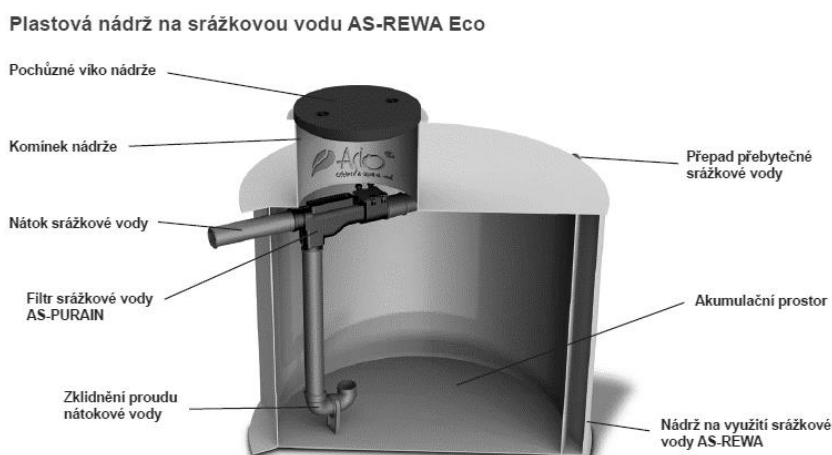
- kombinovaná akumulční nádrž s filtrací, čerpadlem a doplňováním pitné vody do systému v případě nedostatku srážek přímo do nádrže



obr. 28 – AS-REWA Kombi [13]

„Jedná se o nádrž na srážkovou vodu s veškerým vybavením. Obsahuje mechanický filtr, ponorné tlakové čerpadlo pro distribuci dešťové vody a systém pro připojení pitné vody pro případ nedostatku dešťové vody v nádrži. Automatické přepojení zajišťuje hladinový snímač, elektromagnetický ventil a řídicí jednotka, která v případě potřeby doplňuje vodu do nádrže a zároveň řídí čerpadlo pro využití dešťové vody. Systém dopouštění pitnou vodou splňuje požadavky dle ČSN EN 1717 a ČSN 75 5409.“ [13]

- pouze akumulční nádrž s filtrací, ke které je potřeba automatická provozní a monitorovací jednotka s čerpadlem, ovládáním a doplňováním pitné vody do sacího potrubí



obr. 29 – AS-REWA Eco [13]

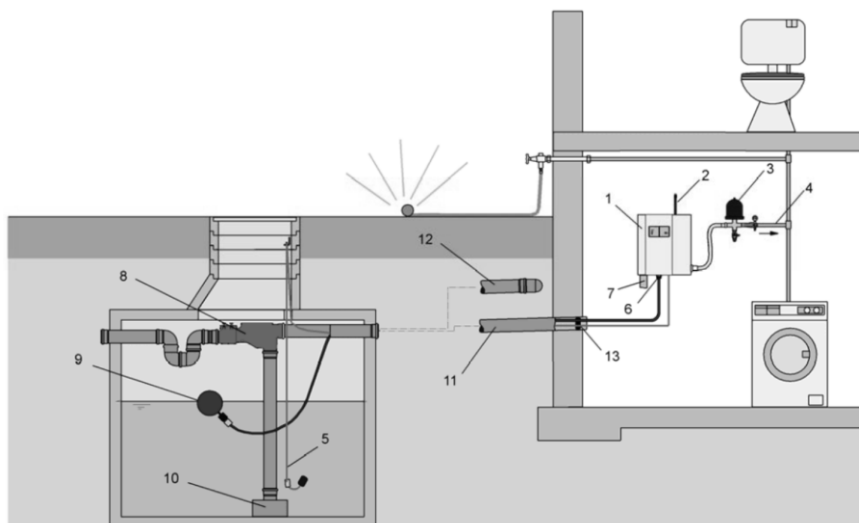
„Nádrž pro akumulaci srážkové vody je vybavena filtrem a zklidněním proudu nátokové vody stejně jako AS-REWA Kombi. Nádrž AS-REWA Eco je možné využívat jako akumulční nádrž mechanicky předčištěné dešťové vody nebo ji doplnit o zařízení AS-RAINMASTER, které umožňuje čerpání a rozvod dešťové vody z nádrže a v případě nedostatku dešťové vody automatické přepojení na pitnou vodu tak, aby byla zajištěna distribuce vody do systému.“ [13]

Tyto dva typy nádrže se liší způsobem čerpání srážkové vody z akumulční nádrže a způsobem doplňování pitné vody z řadu do systému při nedostatku srážkové vody.

#### Automatická provozní a čerpací jednotka

Jednotka obsahuje čerpadlo, systém automatického doplňování pitné vody a ovládací jednotku. Srážková voda je do jednotky čerpána samonasávacím membránovým čerpadlem nasávací hadicí z akumulční nádrže a odtud je potrubím užitkové vody rozvedena k zařizovacím předmětům nebo zavlažovacímu systému. Pokud je v akumulční nádrži nedostatek srážkové vody, elektrický třícestný kulový ventil přepne do režimu zásobování pitnou vodou. Sací potrubí z akumulční nádrže je uzavřeno a voda je odebírána pouze ze zásobní nádržky pitné vody, která je umístěna v jednotce. Zásobní nádržka je doplňována pitnou vodou přes

plovákový ventil. Při naplnění akumulární nádrže dostatkem vody dojde automaticky k přepnutí ventilu a k standardnímu režimu doplňování srážkovou vodou. [14]



*obr. 30 – Systém využití srážkové vody, 1: jednotka AS-RAINMASTER ECO pro využití dešťové vody, 2: přípojka na pitnou vodu, 3: expanzní nádržka na výtlačném potrubí, 4: tlakové potrubní vedení ke spotřebičům, 5: hladinový snímač (plovák), 6: sací potrubní trasa, 7: nouzový přepad, 8: filtr dešťové vody - AS-PURAIN, 9: plovoucí sací filtr, 10: uklidňovací systém přitékající vody, 11: ochranné potrubí pro sací potrubní trasu a kabel hladinového snímače, 12: nátok dešťové vody, 13: stěnová průchodka*

- AS-RAINMASTER ECO



*obr. 31 – AS-RAINMASTER ECO, [www.asio.cz](http://www.asio.cz)*

AS-RAINMASTER ECO je zařízení pro využití srážkové a šedé odpadní vody v rodinných domech. Na toto zařízení mohou být zapojeny maximálně 3 toalety a pisoár, 2 automatické pračky, zahradní kohout pro malé zahradní zavlažovací a čistící systémy. Pokud dojde k současnému provozu několika zařizovacích předmětů, může se prodloužit čas na doplnění splachovacích nádržek nebo nebude k dispozici dostatečný tlak v potrubí. Maximální stavební výška spotřebičů nad zařízením je 6 m. [14]

- AS-RAINMASTER FAVORITE



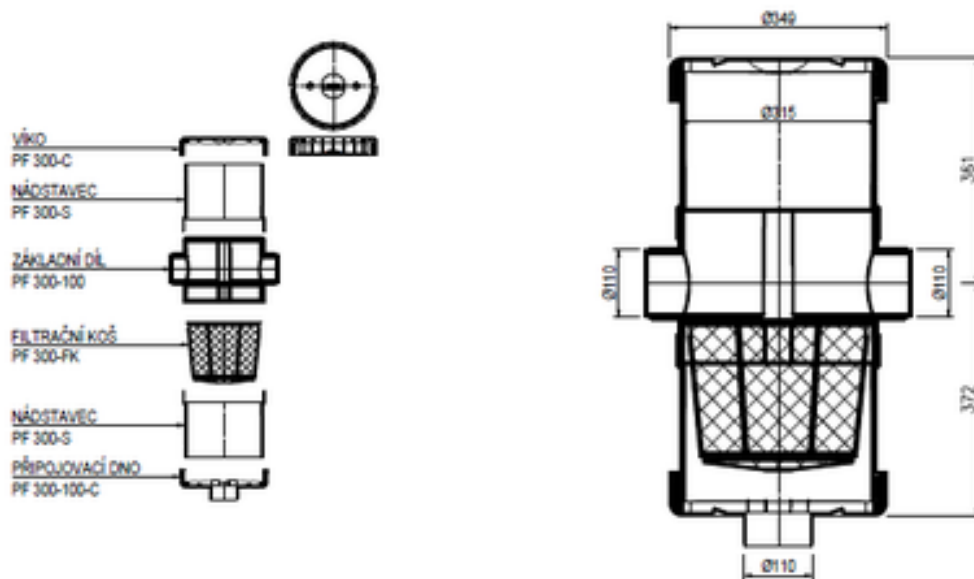
*obr. 32 – AS-RAINMASTER FAVORIT, [www.intewa.de](http://www.intewa.de)*

Automatická doplňovací jednotka RM FAVORITE je zařízení pro využití srážkové a šedé vody ve velkých rodinných domech, v bytových domech, provozovnách a průmyslu. Na zařízení může být připojeno několik toalet a pisoárů, praček, všechny typy zahradních spotřebičů a čistících přístrojů s ohledem na maximální průtok čerpadla v zařízení RM FAVORITE. Maximální stavební výška spotřebičů nad zařízením je 15 m. [15]

## Filtr dešťové vody

- AS-PLURAFIT

System filtrů a dalších komponent pro sestavení filtrační podzemní šachty. Systémové díly jsou: základní část s nátokem a odtokem, filtr ve formě síta nebo koše, nástavec pro výškové nastavení, víko plné nebo s otvorem pro nátok/odtok. Jednotlivé díly je možné složit podle potřeby. [16]



obr. 33 – AS-PLURAFIT [16]

- AS-PURAIN

Filtr srážkové vody integrovaný v nádrži AS-REWA je napojen na přítok i odtok z nádrže. Díky lichoběžníkovému tvaru filtru a toku vody je samočisticí. Částice jsou proudem vody unášeny dále do filtru a poté odtékají ven z nádrže. Nečistoty na vodní hladině v akumulční nádrži srážkové vody jsou stahovány pomocí skimmeru, který je integrován přímo ve filtru. Filtr typu AS-PURAIN PR 100 obsahuje vždy zpětnou klapku. Tato klapka zabraňuje zpětnému vzduší špinavé vody z odtokového kanálu a vniknutí malých zvířat kanalizací do akumulční nádrže. [17]

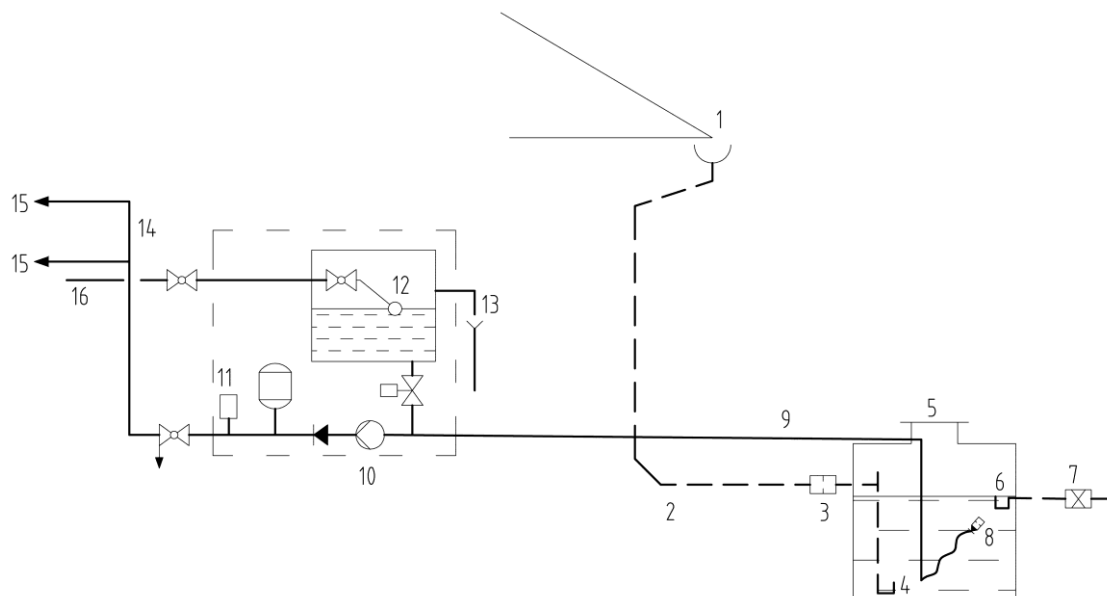


*obr. 34 – Filtr dešťové vody AS-PURAIN; instalace v nádrži; samočisticí princip [17]*

## Navrhované systémy využití srážkových vod – splachování WC

### Varianta 1

První varianta systému splachování upravenou srážkovou vodou v sobě zahrnuje akumulální nádrž s filtrací, ke které je potřeba automatická provozní a monitorovací jednotka s čerpadlem, ovládáním a doplňováním pitné vody do sacího potrubí.

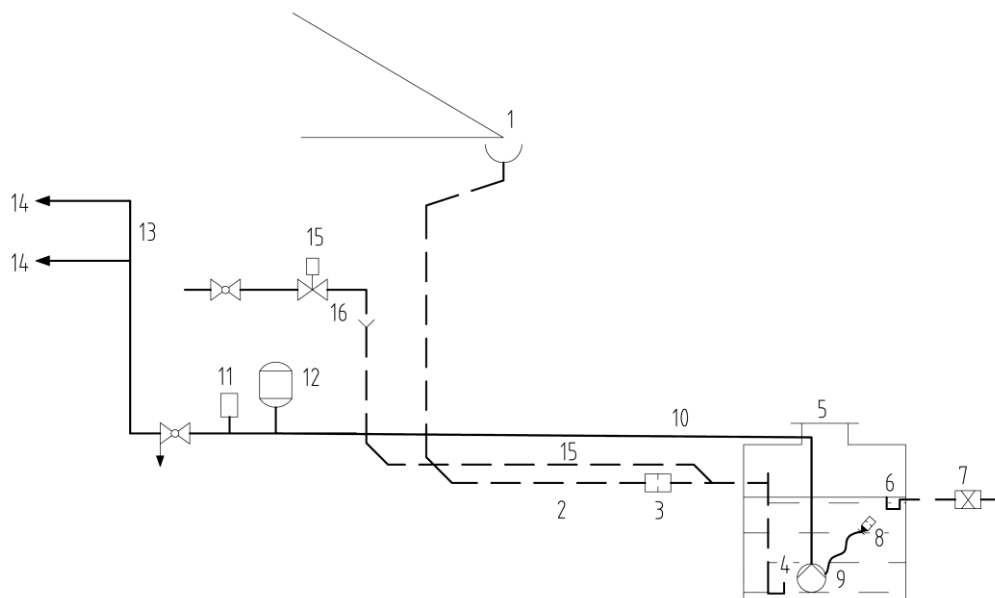


obr. 35 – Zařízení pro využití srážkové povrchové vody s doplňováním pitné vody do sacího potrubí; 1: střešní žlab; 2: potrubí dešťové kanalizace; 3: filtr; 4: uklidněný přítok (dvě kolena u dna); 5: akumulální nádrž na srážkovou povrchovou vodu/provozní vodu; 6: bezpečnostní přeliv se zápachovou uzávěrkou (pokud je napojen přímo na kanalizaci); 7: zpětná armatura; 8: sací koš s plovákem a zpětnou armaturou; 9: sací potrubí dešťové (provozní) vody; 10: automatická tlaková čerpací stanice; 11: tlakový spínač nebo jiné ovládání čerpadla; 12: nádržka pro doplňování pitné vody s plovákovým ventilem a elektromagnetickým ventilem na sacím potrubí (doplňování pitné vody přes volný výtok); 13: přeliv s přerušením (volný výtok); 14: rozvod provozní vody; 15: výtokové armatury provozní vody; 16: přívod pitné vody [6]



## Varianta 2

V druhé variantě jde o kombinovaný systém s akumulací s filtrací, čerpadlem a doplňováním pitné vody do systému v případě nedostatku srážek přímo do nádrže.



obr. 36 – Zařízení pro využití srážkové povrchové vody s doplňováním pitné vody přímo do nádrže na srážkovou povrchovou vodu/provozní vodu; 1: střešní žlab; 2: potrubí dešťové kanalizace; 3: filtr; 4: uklidňný přítok (dvě kolena u dna); 5: akumulční nádrž na srážkovou povrchovou vodu/provozní vodu; 6: bezpečnostní přeliv se zápachovou uzávěrkou (pokud je napojen přímo na kanalizaci); 7: zpětná armatura; 8: sací koš s plovákem a zpětnou armaturou; 9: čerpadlo; 10: výtlačné potrubí dešťové (provozní) vody, popř. doplněno o dezinfekci; 11: tlakový spínač; 12: tlaková nádoba; 13: rozvod provozní vody; 14: výtokové armatury provozní vody; 15: přívod pitné vody s elektromagnetickým ventilem; 16: doplňování pitné vody s přerušením volným výtokem [6]

#### 4.7.2 Využití šedých odpadních vod

Šedé odpadní vody, které je v ZŠ Chlumín možné využít, jsou odpadní vody z umyvadel, výlevek, myčky nádobí a kuchyňských dřezů. Ve škole se nenachází sprcha, vana ani automatická pračka. Pro dopravu odpadních vod do místa jejich čištění a následné distribuce budou v návrhu využity v nejvyšší možné míře stávající rozvody splaškové kanalizace. Rozvody šedé odpadní vody a černé odpadní vody budou striktně odděleny. Také pro rozvod bílé vody budou maximálně využity stávající přípojovací potrubí WC, která budou oddělena od stávajících rozvodů pitné vody.

System pro využití šedých odpadních vod se skládá z existujících rozvodů vnitřní kanalizace a domovní čističky odpadních vod. Tato ČOV od firmy Asio, s.r.o. je typový výrobek, který v sobě obsahuje veškeré komponenty pro čištění odpadní vody – v první ze dvou nádrží se nachází hrubý filtr, membránová filtrace, aerační systém a čerpadlo. Toto čerpadlo dopravuje vyčištěnou vodu do druhé, akumulární nádrže. Z akumulární nádrže čerpá podle potřeby automatická provozní jednotka bílou vodu k zařizovacím předmětům.

#### Návrh systému pro pokrytí potřeby provozní vody – splachování WC

Pro návrh systému pro splachování WC již známe denní potřebu provozní vody v budově a objem vyprodukované šedé odpadní vody.

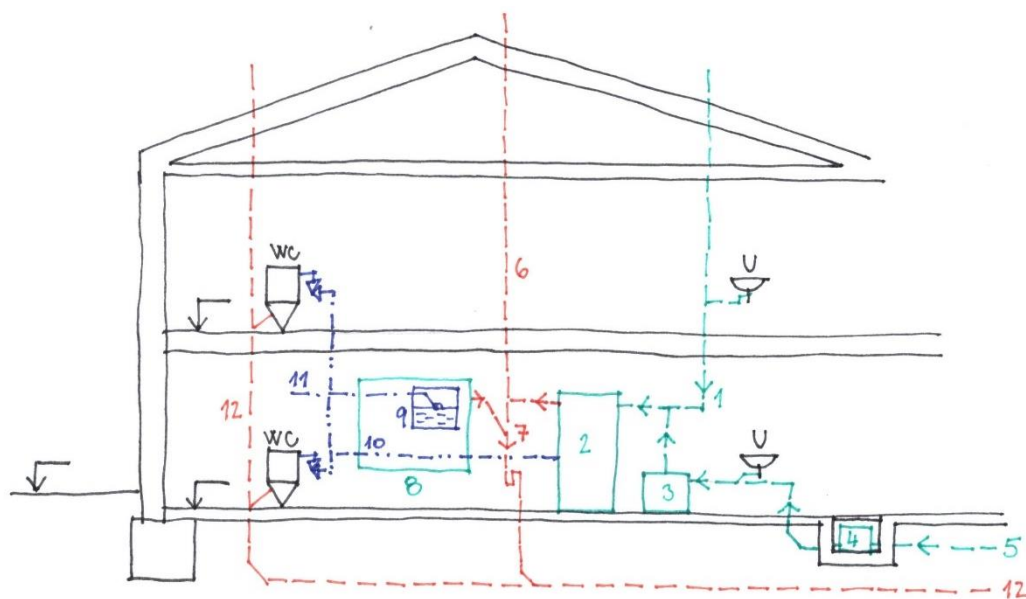
$Q_d = 360$  l/den      denní potřeba provozní vody pro využití v budově, bez zalévání nebo kropení

$Q_{\text{prod}} = 397$  l/den      objem vyprodukované šedé odpadní vody

Objem vyprodukované šedé odpadní vody  $Q_{\text{prod}}$  v sobě zahrnuje všechny zařizovací předměty v budově, včetně odpadní vody z myčky nádobí a kuchyňských dřezů. Jejich zapojení do systému by vyžadovalo instalaci odlučovače tuků. Proto navrhuji dvě možné varianty využití šedých odpadních vod – varianta 1 zahrnující zařizovací předměty z kuchyně a varianta 2 využívající šedou vodu pouze z umyvadel.

## Varianta 1

Produkce šedé odpadní vody z kapitoly 4.4 Bilance produkce šedých odpadních vod v sobě zahrnuje všechny zařizovací předměty (dále ZP) v budově. Po zhodnocení technické proveditelnosti připojení všech ZP do systému využití šedých vod se ukázalo, že toto není reálné. V této variantě je možné počítat s 12 umyvadly z místností 1.10, 1.27, 2.07 a 2.15 (umývárny), 1 výlevkou v místnosti 1.24 Úklid, s myčkou a dřezy z místností 1.18 a 1.19 a 2 umyvadly z místností 2.13 Třída a 2.14 Ředitelna.



obr. 37 – Schéma systému využití šedých odpadních vod, Varianta 1; 1: vnitřní kanalizace odvádějící šedé vody; 2:zařízení pro čištění šedé vody a akumulaci bílé vody; 3,4 : kalové čerpadlo; 5: vnitřní kanalizace odvádějící šedé vody (výlevka, myčka, dřezy, 2x umyvadlo); 6: větrací potrubí; 7: bezpečnostní přeliv; 8: automatická doplňovací a čerpací stanice; 9: doplňování pitné vody přes volný výtok; 10:vnitřní vodovod bílé vody; 11: přívod pitné vody; 12: vnitřní kanalizace odvádějící černou vodu (vlastní zpracování dle [6])

ZP pro variantu 1: 12x umyvadlo na WC; 1x výlevka; myčka; 2x dřez; 2x umyvadlo – třída, ředitelna

Potom výpočet produkce šedé odpadní vody je potřeba upravit takto:

$$Q_{prod} = \sum_{i=1}^m q_{prod,i} \cdot n_{mj,i}$$

$q_{pro}$  produkce šedé vody na měrnou jednotku a den, [l/den]

$n_{mj}$  počet měrných jednotek stejného druhu

$m$  počet druhů měrných jednotek

$q_{prod,1} = 5$  l/den produkce šedé vody – umyvadla čajová kuchyňka

$n_{mj,1} = 2$  počet umyvadel, které nejsou používána pro mytí rukou po použití WC (ve třídě a ředitelně)

$q_{prod,2} = 32$  l/den myčka nádobí (objem vany 32 l)

$q_{prod,3} = 10$  l/den kuchyňské dřezy, pouze oplach

$q_{prod,4} = 10$  l/den úklid (výlevka v kuchyni, 1x10l kýbl)

$$q_{prod} = \sum_{i=1}^j q_{\check{c},i} \cdot n_{\check{c},i}$$

$q_{\check{c}}$  produkce šedé vody pro příslušnou činnost, [l]

$n_{\check{c}}$  počet činností stejného druhu prováděných během jednoho dne, *stejně, jako použití WC*

$j$  počet druhů činností prováděných během dne

$q_{\check{c},5} = 3$  l mytí rukou

$n_{\check{c},5} = 1,5$

$q_{prod,5} = 3 \cdot 1,5 = 4,5$  l

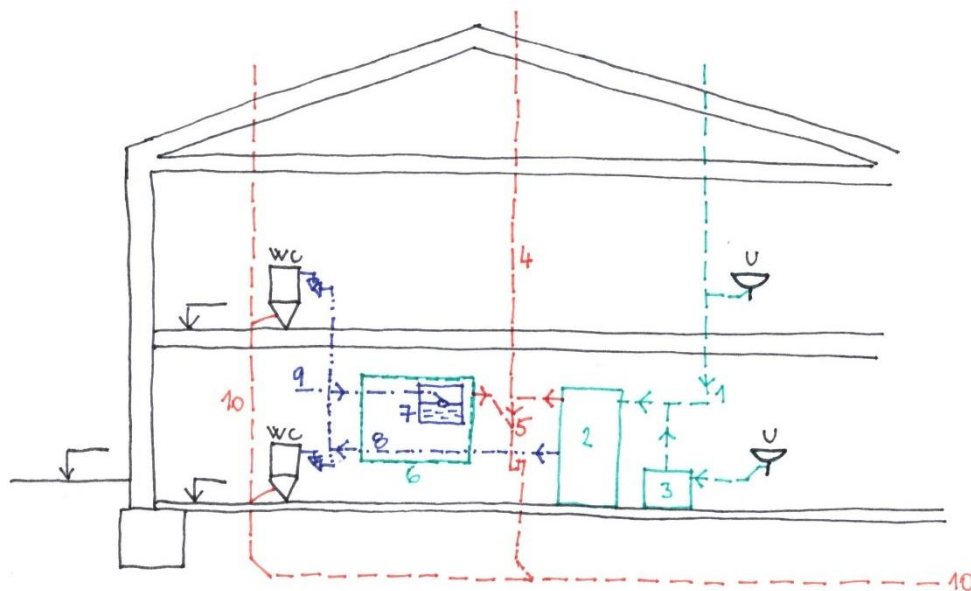
$n_{mj,5} = 60$  os

$Q_{prod} = 2 \cdot 5 + 32 + 10 + 10 + 4,5 \cdot 60$

$Q_{prod} = 332$  l/den

## Varianta 2

V této variantě by byla využívána šedá odpadní voda pouze z umyvadel v umývárkách na WC v 1. a 2. NP, místnosti 1.10, 1.27, 2.07 a 2.15.



obr. 38 – Schéma systému využití šedých odpadních vod, Varianta 2; 1: vnitřní kanalizace odvádějící šedé vody; 2: zařízení pro čištění šedé vody a akumulaci bílé vody; 3: kalové čerpadlo; 4: větrací potrubí; 5: bezpečnostní přeliv; 6: automatická doplňovací a čerpací stanice; 7: doplňování pitné vody přes volný výtok; 8: vnitřní vodovod bílé vody; 9: přívod pitné vody; 10: vnitřní kanalizace odvádějící černou vodu (vlastní zpracování dle [6])

ZP pro variantu 2: 12x umyvadlo

Potom výpočet produkce šedé odpadní vody je potřeba upravit takto:

$$Q_{prod} = \sum_{i=1}^m q_{prod,i} \cdot n_{mj,i}$$

$$q_{prod} = \sum_{i=1}^j q_{\check{c},i} \cdot n_{\check{c},i}$$

$q_{\varepsilon}$  produkce šedé vody pro příslušnou činnost, [l]

$n_{\varepsilon}$  počet činností stejného druhu prováděných během jednoho dne, *stejně, jako použití WC*

$j$  počet druhů činností prováděných během dne

$q_{\varepsilon,5} = 3 \text{ l}$  mytí rukou

$n_{\varepsilon,5} = 1,5$

$q_{\text{prod},5} = 3 * 1,5 = 4,5 \text{ l}$

$n_{\text{mj},5} = 60 \text{ os}$

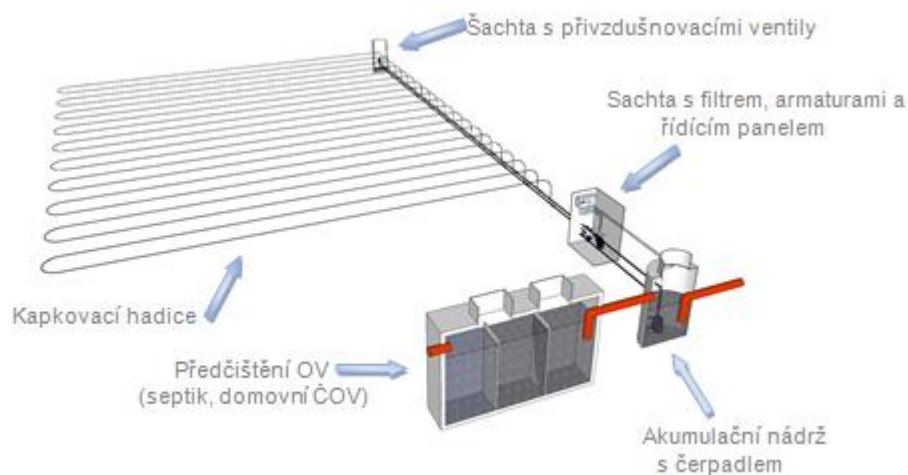
$Q_{\text{prod}} = 4,5 * 60$

$Q_{\text{prod}} = 270 \text{ l/den}$

### **Návrh systému pro závlahu zahrady**

Na trhu existují systémy umožňující podpovrchovou kapkovou závlahu odpadní vodou vegetačně aktivních ploch. Nejprve je běžná odpadní voda předčištěna v septiku nebo domovní ČOV, následně je akumulována a čerpána kalovým čerpadlem přes šachtu s filtrem a vodoměrem do systému kapkovacích hadic. Ty jsou uloženy 15-30 cm pod terénem. Tento způsob závlahy je realizovatelný u rovinnaté zatravněné plochy, kde je nízká hladina podzemní vody a v blízkosti nejsou povrchové toky. Předčištěná odpadní voda nesmí vniknout do podzemních ani povrchových vod a tím ohrozit jejich jakost. Závlaha smí být uskutečňována pouze ve vegetačním období, a především mimo srážkové období, aby nebyla odpadní voda aplikována přímo do vody povrchové. Na zavlažovaném území musí být předem provedeny hydropedologické, hydrogeologický, stavebně geologický a půdně-mechanický průzkum a musí být zjištěny hydrologické poměry území. Je nutné stanovit množství a složení odpadních vod. Dále je nezbytné znát všechna ochranná pásma zasahující do zájmového území. Po zjištění meteorologických a klimatických poměrů je potřeba provést jejich vyhodnocení pro určení srážkových období. A v neposlední řadě je potřeba prozkoumat fyto- a zoocenologické krajiny, vodní a mokřadní společenstva, která by mohla být závlahou ovlivněna.

Jak vidíme, návrh závlahy odpadní vodou vyžaduje podrobné průzkumy a vyhodnocení zájmové oblasti. Vzhledem k tomu, jak nepoměrně nákladné a časově náročné by bylo zajistit všechny potřebné informace o území v porovnání s možnou úsporou vody, nebudu ve své práci s touto variantou závlahy školní zahrady uvažovat.

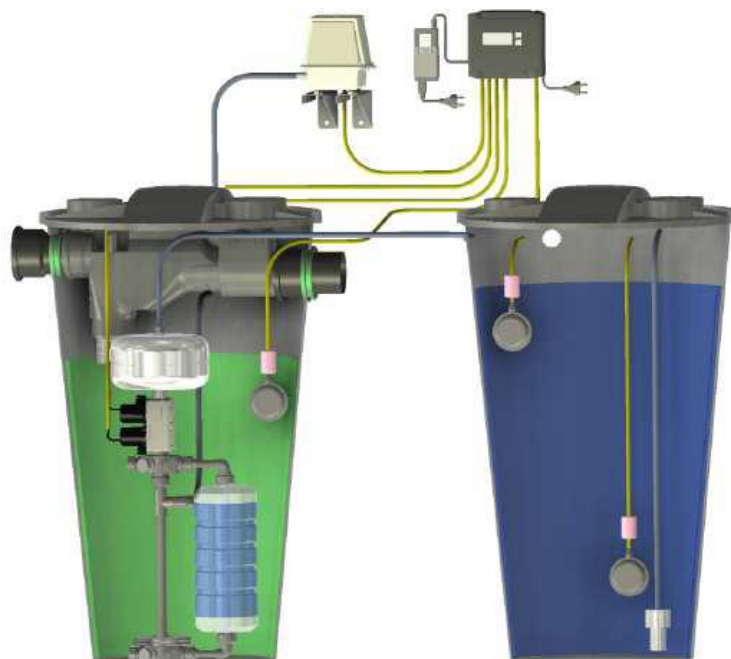


obr. 39 – Systém AS-GEOFLOW, [www.asio.cz/cz/zavlaha-odpadni-vodou-as-geoflow](http://www.asio.cz/cz/zavlaha-odpadni-vodou-as-geoflow)

## Popis komponentů systému pro využití šedých odpadních vod

### Domovní čistírna šedých odpadní vod

„Firma Asio, s.r.o. nabízí kompaktní čistírny šedých vod AS-GW/AQUALOOP ve velikostních řadách pro 4 až 144 EO. Jedná se typové prvky, které jsou výhodně kombinovatelné a tím pádem vhodné jak pro novostavby, tak i pro rekonstrukce.



obr. 40 – AS-GW/AQUALOOP 6 [18]

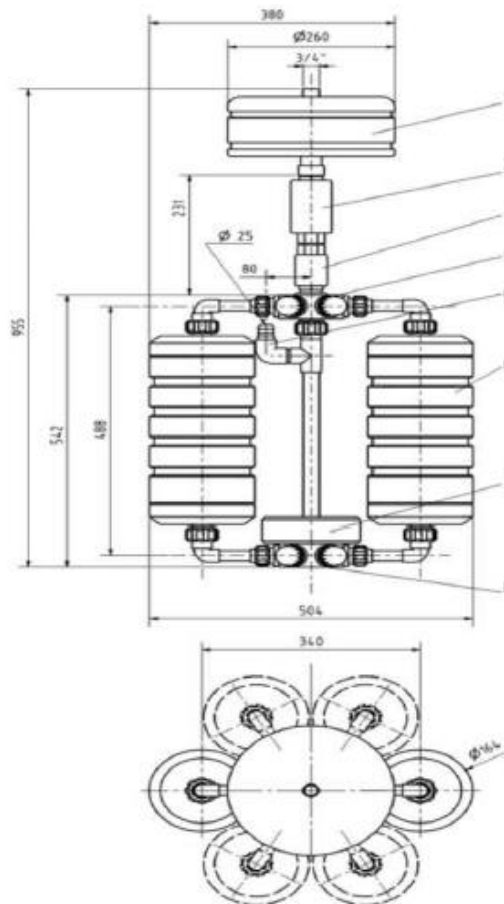
Odpadní voda natéká přes filtr mechanických nečistot reakční nádrže, kde se voda biologicky čistí. Pokud dojde k naplnění nádrže na maximální kapacitu, voda bude odtékat přes zabudovaný skimmer. Tento skimmer zároveň odvádí plovoucí nečistoty (pěnu, tuk, olej). Zabudovaná zpětná klapka zabraňuje vniknutí hlodavců, hmyzu a chrání nádrž proti vzdučné vodě.

V reakční nádrži je osazen membránový modul osídlený bakteriemi, v jehož spodní části je osazen aerační systém. Nad membránovým modulem je umístěno čerpadlo, které podtlakem odsává vodu přes membrány a odvádí již vyčištěnou vodu do akumulární nádrže vyčištěné vody. Voda z akumulární nádrže je čerpána do systému rozvodu provozní vody. Reakční nádrž je opatřena havarijním přepadem. Systém je možno doplňovat pitnou vodou.

Pro membránovou filtraci vody v systému jsou využívána speciální organická dutá vlákna. Vlákna mají vnější průměr menší než 1 mm. Membránová stanice může být osazena maximálně 6 membránovými patronami. Stanice je umístěna vertikálně v biologickém reaktoru (nádrži) a je k ní připojena hadice na odtah vyčištěné provozní vody. Maximální čerpaná výška je 3 m, aby byl zajištěn odpovídající čerpací tlak.

Membrány jsou v pravidelných intervalech automaticky čistěny ze zásobní nádrže poplachové vody umístěné nad čerpadlem a tím je zajištěn stálý průtok a delší životnost membrán. Kromě čištění pravidelným proplachem je membrána pravidelně oplachována vzduchem, aby se uvolnila vlákna z vkladů. Za tímto účelem je membrána napojena na zdroj tlakového vzduchu, dmychadlo umístěné vně nádrže. Vzduch je rovnoměrně rozdělen pod všechny membrány. Zároveň je tímto způsobem dodáván potřebný kyslík pro biologické procesy. Pro větší čistírny je možno zapojit několik stanic paralelně vedle sebe.“ [18]





obr.41 – Membránová stanice s řídicím systémem; 1: zásobní nádrž proplachové vody; 2: čerpadlo proplachu; 3: čerpadlo permeátu; 4: sběrný port permeátu; 5: připojení tlakového vzduchu; 6: membránové patrony; 7: závaží; 8: rozdělovací port provzdušňování

[18]

Znečištění	Maximální průtok (1 membrána)	Použití
BSK < 5 mg/l	1600 l/d	Užitková voda
BSK < 25 mg/l	800 l/d	Dešťová voda
BSK < 200 mg/l	300 l/d	Sedá voda

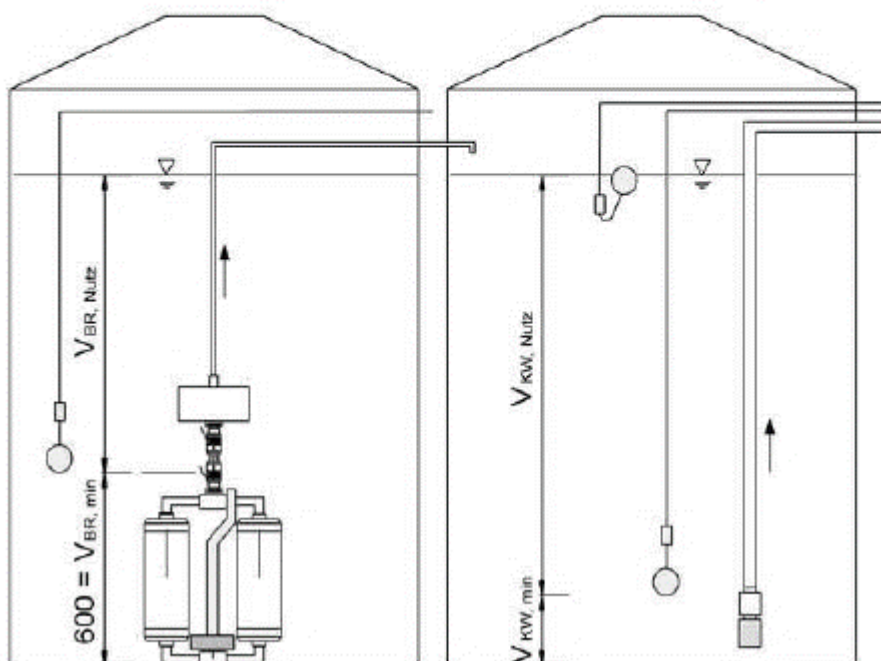
tab. 9 – Maximální průtoky přes membránu v závislosti na znečištění přitékající vody [18]

„Objem bioreaktoru a zásobníku vyčištěné vody v systému čištění odpadních vod s biologickým čištěním ( $25 \text{ mg/l} < \text{BSK}_5 < 250 \text{ mg/l}$ ) jako je čištění šedých vod, musí být nejméně jednodenní produkce šedé vody a zároveň musím být dostatečně velký pro instalaci membránové jednotky.“

Typ ČOV	Počet EO	Rozměry Ø/H (L/B/H) [mm]	Maximální denní nátok [L/den]	Objem akumulace šedé vody [L]	Objem akumulace provozní vody [L]
AS-GW/AQUALOOP 6	6	2 x 600/1400	300	300	300
AS-GW/AQUALOOP 12	12	1300/700/1300	600	600	600
AS-GW/AQUALOOP 18	18	2100/700/1300	900	900	900
AS-GW/AQUALOOP 24	24	2600/700/1300	1200	1200	1200
AS-GW/AQUALOOP 30	30	3300/700/1300	1500	1500	1500
AS-GW/AQUALOOP 36	36	2 x 2100/700/1300	1800	1800	1800
AS-GW/AQUALOOP 48	48	2 x 2700/700/1300	2400	2400	2400

tab. 10 - Typy ČOV AS-GW/AQUALOOP [18]

Max. čištěné množství (l/den)	300	600	900	1200	1500	1800	2400
Počet EO	6	12	18	24	30	36	48
Užitečný objem $V_{BR, NUTZ}$ (l)	300	600	900	1200	1500	1800	2400
Užitečný objem $V_{KW, NUTZ}$ (l)	300	600	900	1200	1500	1800	2400



obr.42 – Objemy nádrží pro systém AQUALOOP [18]

## Lapák tuků

Na trhu existuje několik možností instalace tohoto zařízení – osazení do terénu, volné osazení do místnosti, instalace v bezprostřední blízkosti zařizovacího předmětu. Pro náš případ rekonstrukce je jedinou variantou instalace mobilního lapáku tuků, který se dá umístit pod dřez nebo pod kuchyňskou linku. Tento výrobek nabízí firma Abian s.r.o. pod názvem MOBILAP. Jedná se o mobilní nerezový lapák tuků a olejů pro použití ve všech provozech produkujících odpadní vodu s větším množstvím rozpuštěných živočišných a rostlinných tuků. Instalace se provádí bez stavebních a zemních prací, co nejblíže ke zdroji znečištění, provoz je automatizovaný, zcela bez hluku a zápachu.



*obr. 43 – Lapák tuků MOBILAP, [www.abian.cz/voda-uprava-a-cistenilapaky-tuku-a-oleju](http://www.abian.cz/voda-uprava-a-cistenilapaky-tuku-a-oleju)*

Velikost odlučovače neboli lapáku tuků závisí na druhu a množství protékající odpadní vody, zjednodušeně se dá velikost určit podle počtu jídel, které se v daném kuchyni vydají. V tomto případě se počítá s instalací odlučovače společného pro všechny zařizovací předměty na mytí nádobí v kuchyni. V ZŠ Chlumín se denně vydá 50 jídel.

## 4.8 Doba návratnosti investic

Dobu návratnosti investice do instalace systému na využití srážkových a šedých odpadních vod v ZŠ Chlumín jsem posuzovala z hlediska finanční návratnosti. V závěru této části práce se zamyslím nad jinými než ekonomickými přínosy instalace těchto systémů.

Rekapitulace skutečné spotřeby vody v ZŠ Chlumín v posledních letech a naměřené spotřeby na přelomu října a listopadu 2017:

rok	2012	2014	2015	2016	11/2017
počet osob	32	39	47	52	56
spotřeba [m <sup>3</sup> /d]	0,658	0,551	0,597	0,760	0,755
spotřeba [m <sup>3</sup> /os.d]	0,0206	0,0141	0,0127	0,0146	0,0135
spotřeba [l/d]	658	551	597	760	755
spotřeba [l/os.d]	20,6	14,1	12,7	14,6	13,5

tab. 12 – Skutečná spotřeba vody ZŠ Chlumín

### 4.8.1 Úspora a investiční náklady

V následující tabulce jsou uvedeny denní úspory vody využitím šedé odpadní nebo srážkové vody místo pitné vody z řadu na splachování WC, dále celková cena za m<sup>3</sup> pitné vody zahrnující vodné a stočné, denní a roční finanční úspora a v posledním sloupci jsou uvedeny investiční náklady na vybudování jednotlivých systémů.

system	úspora [l/d]	úspora [m <sup>3</sup> /d]	platba [Kč/m <sup>3</sup> ]	úspora [Kč/d]	úspora [Kč/rok]	investice[Kč]
Šedá voda – splachování, Varianta 1	332	0,332	92,92	30,8	6 046	231 614
Šedá voda – splachování, Varianta 2	270	0,270	92,92	25,1	4 917	150 669
Šedá voda – splachování, Varianta 2 max	300	0,300	92,92	27,9	5 464	150 669
Srážková voda – splachování, Varianta 1	360	0,360	92,92	33,5	6 556	109 836
Srážková voda – splachování, Varianta 2	360	0,360	92,92	33,5	6 556	89 629

tab. 13 – Přehled úspor a výše investice, systémy pro splachování WC

Při využití srážkové vody pro splachování jsem pro úsporu vody uvažovala množství provozní vody potřebné pro splachování WC, v ostatních případech šedé odpadní vody je to vypočtené množství šedé odpadní vody ze zapojených zařizovacích předmětů pro „Šedá voda – splachování Varianta 1“ a „Šedá voda – splachování Varianta 2“ nebo maximální kapacita ČOV u „Šedá voda – splachování Varianta 2 max“.

Pro systém závlahy srážkovou vodou jsem navrhla jednu variantu pouze s akumulací nádrží. Ostatní komponenty systému, vlastní zavlažovací systém, rozvody vody, kohouty, čerpadla apod., nejsou součástí této práce.

Pro výpočet úspory jsem uvažovala s teoretickým ročním nátokem srážkové povrchové vody, kterou by bylo možné využít pro zavlažování. Finanční úspora se tedy rovná ceně za stejné množství pitné vody, která by byla použita pro stejný účel.

system	nátok [l/rok]	nátok [m <sup>3</sup> /rok]	platba [Kč/m <sup>3</sup> ]	úspora [Kč/rok]	investice [Kč]
Srážková voda – zavlažování	147 612	147,612	92,92	13 716	86 631

*tab. 14 – Přehled úspor a výše investice, systém pro zavlažování*

#### 4.8.2 Finanční návratnost

V rámci finanční návratnosti jsem zahrнула prostou dobu návratnosti a diskontovanou dobu návratnosti. Finanční návratnost byla vypočtena na základě výše investice, zjištěné úspory pitné vody z veřejného řádu a započtení diskontní sazby.

### Prostá doba návratnosti

$$DN = IN/R$$

*IN* investiční výdaje (pořizovací náklady)

*R* roční výnosy projektu (úspory nákladů)

Prostá doba návratnosti odpovídá počtu let, za které projekt vytvoří přínosy ve výši investovaných nákladů. Výnosy projektu mohou být konstantní nebo nerovnoměrné. Pro stále, konstantní výnosy lze dobu návratnosti investic stanovit podílem investičních nákladů a výši ročních výnosů.

system	úspora [m <sup>3</sup> /rok]	úspora [Kč/rok]	investice [Kč]	prostá doba návratnosti [rok]
Šedá voda – splachování, Varianta 1	65,072	6 046	231 614	38
Šedá voda – splachování, Varianta 2	52,920	4 917	150 669	31
Šedá voda – splachování, Varianta 2 max	58,800	5 464	150 669	28
Srážková voda – splachování, Varianta 1	70,560	6 556	109 836	17
Srážková voda – splachování, Varianta 2	70,560	6 556	89 629	14
Srážková voda – zavlažování	147,612	13 716	86 631	6

*tab. 15 – Přehled úspor, výše investice a prosté doby návratnosti investice*

### Reálná doba návratnosti

$$\sum CF_i * (1+r)^{-t} - IN = 0$$

*CF* roční přínosy projektu (změna peněžních toků po realizaci projektu)

*IN* investiční výdaje projektu

*r* diskont (např. úroková míra za dané období-rok)

*t* počet období

„Diskontovaná doba návratnosti investic zohledňuje také časovou hodnotu peněz. Diskontní sazba (sociální diskontní sazba) se v ekonomické analýze investičních projektů pokouší odrazit sociální pohled na to, jak by budoucí přínosy a náklady měly být ohodnoceny v porovnání se těmi stávajícími.“ Jelikož by se v našem případě jednalo při realizaci o projekt veřejný, pro výpočet doby návratnosti jsem peněžní toky diskontovala pomocí 5% diskontní sazby. [19] Dobu hodnocení diskontované (reálné) doby návratnosti jsem zvolila 40 let.

system	investice [Kč]	cash flow [Kč/rok]	diskontovaná doba návratnosti [rok]
Šedá voda – splachování, Varianta 1	231 614	6 046	>40
Šedá voda – splachování, Varianta 2	150 669	4 917	>40
Šedá voda – splachování, Varianta 2 max	150 669	5 464	>40
Srážková voda – splachování, Varianta 1	109 836	6 556	38
Srážková voda – splachování, Varianta 2	89 629	6 556	24
Srážková voda – zavlažování	86 631	13 716	8

tab. 16 – Přehled výše investice, cash flow (peněžní toky) a diskontované (reálné) doby návratnosti

### Čistá současná hodnota

$$NPV = \sum CF_t * (I+r)^{-t} - IN \text{ [Kč/rok]}$$

$CF_t$  roční přínosy projektu (změna toků po realizaci úsporných opatření) [Kč/rok]

$r$  diskont

$(I+r)^t$  odúročitel

$IN$  investiční náklady projektu [Kč]

rok	roční přínosy projektu [Kč/rok]	čistá současná hodnota [Kč/rok]
1	5 203,81	-145 465,19
2	10 159,82	-140 509,18
3	14 879,83	-135 789,17
4	19 375,07	-131 293,93
5	23 656,26	-127 012,74
6	27 733,58	-122 935,42
7	31 616,74	-119 052,26
8	35 314,99	-115 354,01
9	38 837,14	-111 831,86
10	42 191,56	-108 477,44
11	45 386,25	-105 282,75
12	48 428,81	-102 240,19
13	51 326,48	-99 342,52
14	54 086,17	-96 582,83
15	56 714,45	-93 954,55
16	59 217,57	-91 451,43
17	61 601,50	-89 067,50
18	63 871,90	-86 797,10
19	66 034,19	-84 634,81
20	68 093,52	-82 575,48
40	93 757,25	-56 911,75

tab. 17 – Současná čistá hodnota, systém ŠD – Varianta 2 max



Jak je vidět, reálná doba návratnosti investice systému splachování je jen z každoroční úspory na pitné vodě daleko za životností systému. Z finančního hlediska je tedy instalace systému nevýhodná.

Pokud by měla škola zájem o instalaci tohoto zařízení, je více než jisté, že by požádala o dotaci. V takovém případě by mohl být výpočet reálné návratnosti použit pro stanovení optimální výše celkové dotace, v závislosti na požadované době reálné návratnosti investice. Řekněme, že pro systém *Šedá voda – splachování, Varianta 2 max* bychom požadovali tuto reálnou dobu návratnosti 10 let. Potom požadovaná výše dotace by byla 108 478 Kč, tudíž škola by musela investovat z vlastních zdrojů 42 192 Kč.

Přestože je tento výpočet návratnosti investice blíže realitě než výpočet prosté doby návratnosti, nejsou v něm zahrnuty všechny důležité aspekty, např. možné zvyšování ceny za m<sup>3</sup> pitné vody. Co však není možné do výpočtu zahrnout a nyní ani předpovědět, je možnost, že v budoucnu bude pitné vody nedostatek a instalace podobných zařízení bude povinná.

#### **4.9 Výběr vhodné varianty**

Z poznatků uvedených v předchozích kapitolách vyplývá několik závěrů.

Pokud bychom chtěli vybrat systém pro splachování WC provozní vodou, který je nejvýhodnější, byl by to systém využití srážkové vody ve variantě 2 – kombinovaný systém s akumulací nádrží s filtrací, čerpadlem a doplňováním pitné vody do systému v případě nedostatku srážek přímo do nádrže. Nevýhody této aplikace jsou vyloučení využití srážkové vody pro závlahu školní zahrady a závislost množství využitelné srážkové vody na přírodních podmínkách.

V případě využití jak srážkových vod, tak šedých odpadních vod je výhodný výběr systému pro splachování šedou odpadní vodou ve variantě 2 – zapojení pouze 12 umyvadel v umývárkách, a využití srážkových vod pro závlahu zahrady – externí podzemní akumulací nádrž. Nevýhodou systému využití šedých vod je dlouhá doba návratnosti investice. V případě, že by škola měla zájem o instalaci tohoto systému, musela by využít dotaci Ministerstva pro místní rozvoj nebo z Evropského fondu pro mezinárodní rozvoj. U systému na závlahu školní zahrady by bylo nutné nejprve vypracovat návrh zahradních úprav a poté návrh konkrétního zavlažovacího systému.



## **6 Závěr**

Odpovědné hospodaření se zdroji je velkým tématem dneška. Omezení spotřeby je prvním řešením nedostatku, ovšem není možné u něj setrvat. Pokud chceme trvale udržet rozvoj a životní úroveň, je nutné hledat dlouhodobá řešení. Jedním z těchto řešení je recyklace odpadních vod a využití srážkových vod v budovách.

Ve své práci jsem představila možnosti nakládání s odpadními a srážkovými vodami. Uvedla jsem nejběžnější možnosti likvidace odpadních vod, od těch nejjednodušších a nejběžnějších, po technicky složitější, sofistikovanější, ale ekologičtější. Dále jsem shrnula povinnosti stavebníka a nastínila možný vývoj v oblasti hospodaření se srážkovými vodami. V dnešní době neexistují jasná pravidla, která by byla v souladu se zásadami ekologického hospodaření s tímto druhem vod.

Stěžejní částí této práce je případová studie využití šedých odpadních vod a srážkových vod v existující Základní škole Chlumín. Po identifikaci provozu budovy jsem na základě výpočtů a reálného měření stanovila potřeby pitné vody, provozní vody, produkci šedé odpadní vody a nátok srážkové povrchové vody. Určila jsem oblasti, ve kterých by bylo možné použít místo pitné vody upravenou provozní vodu – splachování WC a závlaha školní zahrady. Na základě znalostí získaných v předchozím studiu a v použité literatuře jsem navrhla vhodné a technicky realizovatelné varianty jednotlivých systémů.

Po stanovení finančních nákladů jednotlivých variant systémů jsem vyhodnotila finanční návratnost těchto investic. Výsledkem je výběr nejvhodnější varianty po technické a ekonomické stránce.

Jak jsem předpokládala již v úvodu této práce, investice do systému se ukázala být finančně nevýhodná. Pokud by škola pokryla náklady pouze ze svých zdrojů, byla by návratnost za hranicí životnosti zařízení. V tomto případě se dá očekávat, že by byla větší část projektu financována z veřejných dotací, které by škole vrátili investici vlastních zdrojů mnohem dříve.

Smyslem této práce bylo především zlepšení místních hydrogeologických podmínek, neboť se jedná o suchou oblast s nedostatkem srážek, dále pak snížení spotřeby pitné vody v budově a v neposlední řadě osvěta veřejnosti v oblasti ekologických systémů budov. I když teoreticky, všechny tyto cíle bylo možné touto prací splnit.

## Seznam použité literatury a podkladů

- [1] FRANTIŠEK, Kožíšek. Jak by měli hygienici přistupovat k návrhům na využití vyčištěných odpadních vod? – díl I. In: *TZB-info* [online]. 2017 [cit. 2017-10-27]. Dostupné z: <http://voda.tzb-info.cz/uspory-voda-kanalizace/16277-jak-by-meli-hygienici-pristupovat-k-navrhum-na-vyuziti-vycistenych-odpadnich-vod-dil-i>
- [2] LEONG, Janet, Kai OH, Phaik POH a Meng CHONG. Prospects of hybrid rainwater-greywater decentralised system for water recycling and reuse: A review. *Journal of Cleaner Production* [online]. 2017, **142**, 3014-3027 [cit. 2017-10-27]. DOI: 10.1016/j.jclepro.2016.10.167. ISSN 09596526. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S095965261631798X>
- [3] *VYHLÁŠKA Ministerstva zdravotnictví č. 252/2004 Sb.: , kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody*. b.r.
- [4] ČSN 75 5409. *Vnitřní vodovody*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2013.
- [5] FROLÍK, Stanislav. *Zdravotně technické a technologické systémy budov*. (přednáška) Praha: ČVUT, 2017.
- [6] V PŘÍPRAVĚ - ČSN 75 6780. *Využití šedých a srážkových vod v budovách a na přilehlých pozemcích*. 5. návrh. Praha, 2014.
- [7] ŠÁLEK, Jan. *Voda v domě a na chatě: využití srážkových a odpadních vod*. 1. vyd. Praha: Grada, 2012. Profi. ISBN 978-80-247-3994-6.
- [8] LUPTÁK, Ladislav a Lubomír ŠMARDA. *Učební text pro obor Instalatér, 2. ročník* [online]. Brno: Střední škola polytechnická, Brno, Jílová 36g, 2016 [cit. 2017-11-02]. ISBN 978-80-88058-29-8. Dostupné z: <https://publi.cz/books/176/Cover.html>
- [9] *Asio s.r.o, Energie a OZE: Výměník do koupelny AS-SPRCHA*. Brno, 2015. Dostupné také z: <http://www.asio.cz/cz/vymenik-do-koupelny-as-sprcha>

- [10] PREN 16941-2. *On-site non-potable water systems: Part 2: Systems for the use of treated greywater*. DRAFT. 2017.
- [11] STRÁNSKÝ, David, Ivana KABELKOVÁ, Jiří VÍTEK a Milan SUCHÁNEK. Koncepce hospodaření s dešťovou vodou v ČR: Současný stav. In: *ResearchGate* [online]. 2014 [cit. 2017-10-27]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/228619080\\_Koncepce\\_hospodareni\\_s\\_destovou\\_vodou\\_v\\_CR\\_Soucasny\\_stav](https://www.researchgate.net/publication/228619080_Koncepce_hospodareni_s_destovou_vodou_v_CR_Soucasny_stav)
- [12] Downpipe First Flush Diverters. *Rain Harvesting* [online]. b.r. [cit. 2017-11-22]. Dostupné z: <http://rainharvesting.com.au/product/downpipe-first-flush-diverters/>
- [13] *Asio s.r.o.: Program využití srážkových vod AS-REWA: Projekční a instalační podklady*. Brno, 2016. Dostupné také z: [www.asio.cz/cz/as-rewa](http://www.asio.cz/cz/as-rewa)
- [14] *Asio, s.r.o.: AS-RAINMASTER ECO: Návod k instalaci a použití zařízení*. Brno, 2016. Dostupné také z: [www.asio.cz/cz/as-rainmaster-eco](http://www.asio.cz/cz/as-rainmaster-eco)
- [15] *Asio, s.r.o.: AS-RAINMASTER FAVORIT: Návod k instalaci a použití zařízení*. Brno, 2016. Dostupné také z: [www.asio.cz/cz/as-rainmaster-favorit](http://www.asio.cz/cz/as-rainmaster-favorit)
- [16] *Asio, s.r.o.: AS-PLURAFIT: Prospekt*. Brno, b.r. Dostupné také z: [www.asio.cz/cz/as-plurafit](http://www.asio.cz/cz/as-plurafit)
- [17] *Asio, s.r.o.: FILTR SRÁŽKOVÝCH VOD AS-PURAIN: Projekční a instalační podklady*. Brno, 2015. Dostupné také z: [www.asio.cz/cz/materialy-as-purain](http://www.asio.cz/cz/materialy-as-purain)
- [18] *Asio, s.r.o.: AS-GW/AQUALOOP: Projekční a instalační podklady*. Brno, 2013. Dostupné také z: [www.asio.cz/cz/as-gw-aqualoop](http://www.asio.cz/cz/as-gw-aqualoop)
- [19] Ekonomická analýza. In: *Elektronické studijní materiály, Mendelova univerzita v Brně* [online]. b.r. [cit. 2017-11-25]. Dostupné z: [http://is.mendelu.cz/eknihovna/opory/zobraz\\_cast.pl?cast=62881](http://is.mendelu.cz/eknihovna/opory/zobraz_cast.pl?cast=62881)

## **Seznam obrázků**

obr. 1 – Veřejná a vnitřní část kanalizace.....	15
obr. 2 – Schéma dvoukomorového septiku.....	17
obr. 3 – Schéma decentralizovaného systému čištění odpadních vod.....	17
obr. 4 – Schéma DČOV.....	18
obr. 5 – Schéma horizontální VKČ.....	19
obr. 6 – Schéma vertikální VKČ.....	19
obr. 7 – Lokální výměník tepla pro předehřev studené vody.....	20
obr. 8 – Systém na využití šedé odpadní vody.....	22
obr. 9 – Zasakovací průleh.....	27
obr.10 – Vsakovací rýha.....	28
obr.11 – Vsakovací šachta.....	28
obr. 12 – Malá vodní nádrž s břehovou filtrací.....	29
obr.13 – Systém pro využití srážkové povrchové vody.....	30
obr. 14 – First-flush diverter.....	31
obr. 15 – Doporučené postupy návrhu úpravy systémů srážkové a šedé odpadní vody.....	32
obr. 16 – ZŠ Chlumín.....	34
obr. 17 – ZŠ Chlumín, katastr nemovitostí.....	35
obr. 18 – Vodoměrná sestava ZŠ Chlumín.....	35
obr. 19 – Stacionární zásobníky TV a plynové kotle, 1.PP ZŠ Chlumín.....	36
obr. 20 – Stanice Davis Vantage Pro 2.....	45
obr. 21 – Denní úhrny srážek, leden 2012.....	46
obr. 22 – Graf průběhu spotřeby vody, pondělí 30. 10. 2017.....	51
obr. 23 – Graf průběhu spotřeby vody, úterý 31. 10. 2017.....	51
obr. 24 – Graf průběhu spotřeby vody, středa 1. 11. 2017.....	52
obr. 25 – Graf průběhu spotřeby vody, čtvrtek 2. 11. 2017.....	52
obr. 26 – Graf průběhu spotřeby vody, pátek 3. 11. 2017.....	52
obr. 27 – Graf průběhu spotřeby vody, vyhodnocení.....	53
obr. 28 – AS-REWA Kombi.....	58

obr. 29 – AS-REWA Eco.....	59
obr. 30 – Systém využití srážkové vody.....	60
obr. 31 – AS-RAINMASTER ECO.....	60
obr. 32 – AS-RAINMASTER FAVORIT.....	61
obr. 33 – AS-PLURAFIT.....	62
obr. 34 – Filtr dešťové vody AS-PURAIN.....	63
obr. 35 – Zařízení pro využití srážkové povrchové vody s doplňováním pitné vody do sacího potrubí.....	64
obr. 36 – Zařízení pro využití srážkové povrchové vody s doplňováním pitné vody přímo do nádrže na srážkovou povrchovou vodu/provozní vodu.....	65
obr. 37 – Schéma systému využití šedých odpadních vod, Varianta 1.....	67
obr. 38 – Schéma systému využití šedých odpadních vod, Varianta 2.....	69
obr. 39 – Systém AS-GEOFLOW.....	71
obr. 40 – AS-GW/AQUALOOP 6.....	71
obr.41 – Membránová stanice s řídicím systémem.....	73
obr.42 – Objemy nádrží pro systém AQUALOOP.....	74
obr. 43 – Lapák tuků MOBILAP.....	75
obr. 44 – Schéma ekologických systému v budově školy, grafika pro děti.....	82

## **Seznam tabulek**

tab. 1 - Mikrobiologické a biologické ukazatele pitné vody.....	11
tab. 2 – Součinitel odtoku.....	44
tab. 3 – Denní, roční, průměrné roční úhrny z meteostanice Kojetice pro leden.....	47
tab. 4 – Vypočtené průměrné měsíční srážkové úhrny.....	48
tab. 5 – Součinitel odtoku dešťových vod, ČSN EN 12056-2.....	49
tab. 6 – Hydraulické kapacity dešťového odpadního potrubí, ČSN EN 12056-2.....	49
tab. 7 – Roční a denní spotřeby vody ZŠ Chlumín.....	50
tab.8 – Hodinové odečty vodoměru ZŠ Chlumín.....	50
tab. 9 – Maximální průtoky přes membránu v závislosti na znečištění přitékající vody.....	73
tab. 10 - Typy ČOV AS-GW/AQUALOOP.....	74
tab. 12 – Skutečná spotřeba vody ZŠ Chlumín.....	76
tab. 13 – Přehled úspor a výše investice, systémy pro splachování WC.....	76
tab. 14 – Přehled úspor a výše investice, systém pro zavlažování.....	77
tab. 15 – Přehled úspor, výše investice a prosté doby návratnosti investice.....	78
tab. 16 – Přehled výše investice, cash flow a diskontované doby návratnosti.....	79
tab. 17 – Současná čistá hodnota, systém ŠD – Varianta 2 max.....	80



## **Seznam příloh**

- 1 Denní úhrny srážek z let 2012 – 2016, meteostanice Kojetice
- 2 Výpis položek a materiálů
- 3 Reálná doba návratnosti, čistá současná hodnota – výpočty
- 4 Projektová dokumentace stavby
  - 4/01 Technická zpráva
  - 4/02 Situace
  - 4/03 Stávající stav, půdorys 1.NP – kanalizace
  - 4/04 Stávající stav, půdorys 2.NP – kanalizace
  - 4/05 Stávající stav, půdorys podkroví – kanalizace
  - 4/06 Stávající stav, půdorys 1.PP – vodovod
  - 4/07 Stávající stav, půdorys 1.NP – vodovod
  - 4/08 Stávající stav, půdorys 2.NP – vodovod
  - 4/09 Stávající stav, půdorys podkroví – vodovod
  - 4/10 Půdorys 1.NP – šedé vody, Var. 1
  - 4/11 Půdorys 1.NP – šedé vody, Var. 2
  - 4/12 Půdorys 2.NP – šedé vody, Var. 1 a 2
  - 4/13 Půdorys 1.NP – srážková voda, splachování, Var. 1
  - 4/14 Půdorys 1.NP – srážková voda, splachování, Var. 2
  - 4/15 Půdorys 2.NP – srážková voda, splachování, Var. 1 a 2
  - 4/16 Půdorys 1.NP – srážková voda, zavlažování
  - 4/17 Umístění systému AS-GW/AQUALOOP 6
  - 4/18 Vystrojení nádrží AS-GW/AQUALOOP 6
  - 4/19 Provozní jednotka AS-RAINMASTER FAVORIT 20
  - 4/20 Uložení nádrže AS-REWA KOMBI 7 EO
  - 4/21 Vystrojení nádrže AS-REWA KOMBI 7 EO
  - 4/22 Schéma odvodnění střech