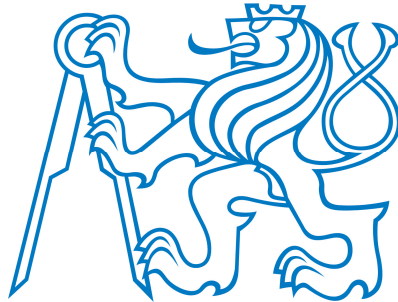


**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE  
FAKULTA STAVEBNÍ**

**KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV**



**ZPĚTNÉ VYUŽITÍ ODPADNÍ VODY  
V AREÁLU HOPOCENTRA**

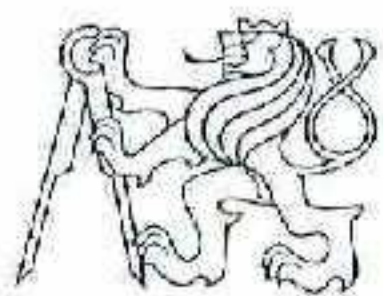
**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**Bc. Monika Roubalová**

**Vedoucí diplomové práce : Ing. Stanislav Frolík, Ph.D.**

**2016/2017**





## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

|   |                      |                             |
|---|----------------------|-----------------------------|
| Příjmení: <u>Roubalová</u>                        | Jméno: <u>Monika</u> | Osobní číslo: <u>380351</u> |
| Zadávací katedra: <u>Technická zařízení budov</u> |                      |                             |
| Studijní program: <u>Budovy a prostředí</u>       |                      |                             |
| Studijní obor: <u>Budovy a prostředí</u>          |                      |                             |

### II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

|  |   |
|--|---|
| Název diplomové práce: <u>Zpětné využití odpadní vody v areálu Hipocentra</u>  |   |
| Název diplomové práce anglicky: <u>Wastewater recovery in area Hipocentrum</u>   |   |
| Pokyny pro vypracování:<br>Praktická část:<br>Projektová dokumentace vnitřního vodovodu v rozsahu dokumentace pro provedení stavby<br>Schéma rozvodů vnitřní kanalizace a zařízení na čištění odpadních vod<br>Koordinační situace |   |
| Teoretická část (odborný text):<br>Analýza hospodaření s odpadní vodou v areálu Hipocentra   |   |
| Seznam doporučené literatury:<br>Prof. Ing. Karel Kabele, CSc. a kolektiv. Energetické a ekologické systémy I-Zdravotní technika, vytápění. :<br>ČVUT, 2011.   |   |
| Jméno vedoucího diplomové práce: <u>Ing. Stanislav Frolík, Ph.D.</u>   |   |
| Datum zadání diplomové práce: <u>27.2.2017</u>   | Termín odevzdání diplomové práce: <u>21.5.2017</u><br><i>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</i> |
| 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 nutně 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“.*

|                       |                     |
|-----------------------|---------------------|
| <u>27.2.2017</u>      |                     |
| Datum převzetí zadání | Podpis studenta(ky) |



## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně, a že jsme uvedla všechny použité zdroje informací.

V Praze dne 21.5.2017

.....

podpis autora

## **Poděkování**

Touto cestou bych chtěla poděkovat svému vedoucímu diplomové práce panu Ing. Stanislavovi Frolíkovi, Ph. D. za jeho cenné rady a připomínky. Chtěla bych poděkovat panu Ing. Vladimíru Jirmusovi za poskytnuté podklady ohledně čištění šedých vod.

Dále bych chtěla poděkovat své rodině a přátelům za vytrvalou podporu.

## Obsah

|   |    |
|---|----|
| 1. Úvod.....  | 7  |
| 2. Legislativa.....   | 8  |
| 3. Popis areálu Hipocentra .....                            | 9  |
| 3.1 Hotel s restaurací.....                                 | 9  |
| 3.2 Budova terapie .....                                    | 10 |
| 3.3 Stáje.....  | 10 |
| 3.4 Ostatní plochy .....                                    | 10 |
| 4. Typy odpadních vod v areálu.....                         | 10 |
| 4.1 Žlutá voda .....  | 11 |
| 4.2 Hnědé odpadní vody .....                                | 11 |
| 4.3 Černá voda .....  | 11 |
| 4.4 Šedá voda .....   | 11 |
| 4.5 Bílá voda .....   | 12 |
| 4.6 Srážková voda .....                                     | 12 |
| 5. Možnosti nakládání s odpadními vodami.....               | 13 |
| 5.1 Veřejná kanalizace .....                                | 13 |
| 5.2 Veřejná kanalizace a pozemek.....                       | 14 |
| 5.3 Čistírna odpadních vod v areálu.....                    | 15 |
| 5.4 Veřejná kanalizace a čistírna šedých vod.....           | 15 |
| 5.5 Veřejná kanalizace, čistírna šedých vod a pozemek ..... | 16 |
| 6. Spotřeba a potřeba šedých vod v areálu.....              | 17 |
| 6.1 Vstupní údaje pro výpočet .....                         | 18 |

|   |    |
|---|----|
| 6.2 Stanovení produkce šedé vody .....          | 19 |
| 6.3 Stanovení potřeby provozní vody .....       | 21 |
| 6.4 Posouzení využití šedé vody .....           | 23 |
| 7. Dešťová voda pro koně .....                  | 23 |
| 8. Nakládání s odpadními vodami v areálu .....  | 25 |
| 9. Návrh kanalizace .....                       | 26 |
| 9.1 Materiál .....                              | 26 |
| 9.2 Kanalizační přípojka .....                  | 26 |
| 9.3 Splašková kanalizace .....                  | 27 |
| 9.2 Čistírna šedých vod .....                   | 28 |
| 9.2.1 Technologie čistírny šedých vod .....     | 29 |
| 9.2.2 Vstupní parametry k návrhu .....          | 29 |
| 9.2.3 Nádrž .....                               | 29 |
| 9.2.4 Předčištění .....                         | 30 |
| 9.2.5 Biologické čištění .....                  | 30 |
| 9.2.6 Membránové moduly .....                   | 31 |
| 9.2.7 Akumulační nádrž .....                    | 31 |
| 9.2.8 Automatická tlaková jednotka .....        | 31 |
| 9.2.9 Umístění čistírny šedých vod .....        | 33 |
| 9.3 Technologie pro dešťovou vodu .....         | 33 |
| 9.3.1 Dešťová kanalizace .....                  | 33 |
| 9.3.2 Akumulační nádrže pro dešťovou vodu ..... | 33 |
| 9.3.3 Vsakovací zařízení .....                  | 41 |

|     |                         |    |
|-----|-------------------------|----|
| 10. | Závěr .....             | 46 |
| 11. | Použití literatura..... | 47 |

# **Anotace**

Tématem diplomové práce je znovuvyužití odpadní vody v areálu Hipocentra. Textová část se zabývá analýzou hospodaření odpadních vod v areálu. Jsou zde uvedeny typy odpadních vod a možnosti likvidace odpadních vod. Dále je zde popsán návrh zařízení pro čištění a odvod šedých a dešťových vod.

# **Klíčová slova**

Odpadní voda, šedá voda, dešťová voda, recyklace vody, kanalizace.

# **Anotation**

Main topic of the thesis is reusing of wastewater in the area of Hipocenter. The text part deals with analysis of wastewater treatment in this place. Types of wastewater are provided as well as possibilities of wastewater disposal. Further, proposal of wastewater treatment plant for cleaning and drain off grey and rain wastewater is described here.

# **Keywords**

Wastewater, greywater, rain water, water reuse, sewerage.



## 1. Úvod

V dnešní době se všechny nové stavby projektují v souladu s udržitelným rozvojem. Proto by všichni z nás měli při návrhu myslet na zodpovědné hospodaření s vyčerpatelnými zdroji jako je energie a voda a co nejvíce snižovat jejich spotřebu. Zpětným využitím odpadních vod značně přispějeme ke snižování spotřeby pitné vody, které na Zemi každým rokem ubývá. Snižováním spotřeby pitné vody nedochází jen k úspoře vody jako takové, ale i ke snížení energie potřebné na čerpání, čištění, rozvod vody, snížení množství vypouštěných odpadních vod a také pokles nákladů na vodné a stočné. Ušetřit množství pitné vody lze pomocí používání úsporných zařízovacích předmětů, ale stále výhodnější je čištění méně znečištěných odpadních vod jako jsou šedé a dešťové vody. Pro mnoho účelů je možno používat vodu nižší kvality než je voda pitná.

Cílem této práce je navrhnout zpětné využití odpadních vod v areálu Hipocentra. Je předpokládána velká produkce šedých a proto je zde vhodné nahradit pitnou vodu vodou užitkovou, alespoň tam kde je to možné. Dále bude popsán systém odvodu odpadních vod z budov, čištění šedých vod a dešťových vod.

## 2. Legislativa

V České republice zatím není žádná platná norma, která by určovala, jak se má nakládat s odpadní vodou, která se po předčištění bude znovu používat v objektu. Je připravována nová norma ČSN 75 6780. Tato norma se zabývá problematikou znovuvyužití odpadních vod a zacházení s nimi. Podklad pro normu tvoří britská norma BS 8525-1 zabývající se systémy pro šedé vody. [1]

Níže jsou uvedeny vybrané zákony a vyhlášky, kterými se řídíme při návrhu s nakládáním odpadních vod. Dále jsou zde zmíněny požadavky, které tyto normy upravují.

Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon) a související předpisy.

Zákon č. 150/2010 Sb., kterým se mění zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů.

Ve vodním zákoně je uvedena ochrana a jakost vod před znečištěním. Zahrnuje kontroly a regulaci množství vypuštěných odpadních vod do vod povrchových, podzemních a jejich zneškodňování.

Nařízení č.57/2016 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění odpadních vod a náležitost povolení k vypouštění odpadních vod do vod podzemních.

Nařízení č. 401/2015 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací o citlivých oblastech. Nařízení udává hodnoty znečištění odpadních vod vypouštěné z komunálních čistíren. Dále je zde uvedena kvalita povrchových vod a její hodnoty, při kterých je voda v dobrém stavu.

Zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů.

Novela zákona č. 275/2013 Sb., o vodovodech a kanalizacích.

Vyhláška č. 120/2011 Sb., kterou se mění vyhláška Ministerstva zemědělství č. 428/2011 Sb., kterou provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů.

Příloha č. 12 vyhlášky č. 120/2011Sb., kde jsou uvedeny směrná čísla roční potřeby vody.

Příloha č. 16 vyhlášky 428/2001 Sb. je uveden vztah pro výpočet množství srážkových vod odváděných do kanalizace.

Technická norma TVN 75 9011 Hospodaření se srážkovými vodami a vyhlášky č. 501/2006 Sb. (ve znění Vyhlášky č. 269/2009 Sb a č. 268/2009 Sb.) udávají jak prioritně nakládat se se srážkovými vodami.

## 3. Popis areálu Hipocentra

Hipocentrum slouží k aktivitám a terapii s koňmi. Areál je umístěn na kraji obce Chocenice v Plzeňském kraji. V tomto areálu se nachází hotel s restaurací, budova terapie, jízdárna, stáje pro koně, budova pro správce a venkovní jezdecké plochy. Budova správce je umístěna na pozemku tak, aby bylo možno oddělit touto budovu od celého areálu. Z tohoto důvodu není počítána produkce a spotřeba šedé vody v budově správce do celkového množství šedých vod a dále není budova správce zahrnuta do návrhu ani projektu. Dalším důvodem proč nezahrnovat tuto budovu do návrhu zpětného využití vod je, že jejich množství je vzhledem k ostatní budovám velmi malé.

### 3.1 Hotel s restaurací

Jedná se o dvoupatrovou budovu, kde je v přízemí umístěna restaurace se zázemím, technická místnost, videosál a 17 hotelové pokoje. Ve druhém patře se nachází hotelové pokoje a společenská místnost. Vstupy do této budovy jsou tři. Jeden vede přímo k části budovy, která je určena pro ubytování. Další vchod je přímo do restaurace, protože se předpokládá, že restauraci budou navštěvovat jak ubytovaní hosté, tak i ostatní návštěvníci. Třetí vchod je určen pro zaměstnance. Celkem se v budově nachází 17 pokojů pro 2 až 4 osoby. Celkový počet lůžek je 37 z toho 15 lůžek se nachází v pokoji se sprchou a 22 lůžek v pokoji s vanou. V restauraci je

umístěno 12 stolů se 4 židlemi a přes letní sezónu bude možno využít i venkovního sezení. Předpokládaný počet zaměstnanců na směně je 10.

## 3.2 Budova terapie

Budova terapie je s restaurací a hotelem spojena pomocí nevytápěné propojovací chodby. Tato budova slouží pro rehabilitaci a cvičení jak ubytovaných návštěvníků tak i neubytovaných. Nalezneme zde 2 tělocvičny se šatnami a s hygienickým zařízením. Dále je zde i kancelář a hygienické zařízení pro personál. Vstupy a hygienické zázemí jsou navrženy jako bezbariérové.

## 3.3 Stáje

Tato budova slouží především k boxovému ustájení 22 koní, kteří jsou využíváni pro rehabilitace a terapii. Dále se zde nachází ošetřovna, sedlovna, sklady, garáž a dílna. Jednotlivé boxy jsou vybaveny automatickými napáječkami.

## 3.4 Ostatní plochy

V areálu je umístěna také krytá jízdárna pro koně, venkovní jezdecká plocha a zelené plochy pro rekreaci návštěvníků, které bude potřeba v suchých letních dnech zavlažovat. Dalším pozemkem patřící k areálu je výběh pro koně, který je opatřen přístřeškem.

## 4. Typy odpadních vod v areálu

Skutečnost, že zásoby pitné vody docházejí, nás dovedlo k myšlence vodu znovu použít v objektech. Ovšem vzít odpadní vodu jako celek, přefiltrovat ji a rozvést zpět v budově, by bylo z hlediska složení odpadní vody neekonomické. Z tohoto důvodu se vyplatí odpadní voda rozdělit hned v místě jejího vzniku. Voda se dělí na čtyři různé typy a to vodu bílou, šedou, hnědou a žlutou podle velikosti znečištění. Někdy je voda hnědá společně se žlutou vodou označena jako voda černá. Názvy jednotlivých druhů představují barvu vody.



Obr. 4.1 Schéma typů odpadních vod

## 4.1 Žlutá voda

Tato voda pochází z toalet a hlavní složkou je moč. Na její složení má vliv především strava, která určuje její složení. Žlutá voda je složena zejména z močoviny, rozpuštěných solí, dusíku, fosforu, draslíku a dalších látek. Člověk vyprodukuje denně cca 1,5 litru moči. [1]

## 4.2 Hnědé odpadní vody

Hnědá voda opět pochází z toalet a tvoří ji fekálie. Obsahují zejména uhlík, ale také vápník hořčík, železo a oproti žluté vodě zde najdeme méně dusíku, fosforu a draslíku. Člověk vyprodukuje ročně přibližně 50 litrů fekálií. [1]

## 4.3 Černá voda

Černou vodou jsou označovány sloučené vody žluté a hnědé. Voda obsahuje moč, fekálie, splachovací vodu a toaletní papír.

## 3.4 Šedá voda

Tato voda se vyznačuje tím, že je méně kontaminována než odpadní vody a neobsahuje fekálie ani moč. Šedou vodu můžeme po přečištění použít jako vodu provozní tzv. bílou vodu

pro splachování záchodů, pisoárů a zavlažování, tím dosáhneme značné úspory na nákladech za pitnou vodu a snížíme množství odpadních vod.

Hodnoty označující znečištění šedých vod jsou závislé zejména na druhu provozu a životního stylu uživatelů budovy. Dle znečištění se šedé vody rozdělují na vhodné a na vody nevhodné pro recyklaci. Vody vhodné pro recyklaci v běžných provozech jsou zejména z umyvadel, van, sprch a nevhodné pro recyklaci jsou vody z kuchyňských dřezů, myček, výlevek. Neznamená, že vody nevhodné pro recyklaci nejdou po úpravě opět použít, ale jejich čištění je technicky a ekonomicky náročnější než u vod vhodných pro recyklaci. U odpadní vody z umyvadel, van a sprch jsme schopni předpokládat určité znečištění, které se od skutečnosti minimálně liší. Vlastnosti vody z dřezů, výlevek a myček jsou během provozní doby velmi různorodé, proto přečištění těchto šedých vod se obvykle neprovádí.[2]

## 4.5 Bílá voda

Bílá voda vzniká úpravou odpadních (zejména šedých a dešťových) vod.

## 4.6 Srážková voda

Srážková voda je z prvopočátku značně čistá. *Jelikož dešťové mraky vznikají odpařováním, mohla by být dešťová voda vlastně vodou destilovanou, tedy čistou bez rozpuštěných látek [3].* Její znečištění vzniká rozpuštěnými a nerozpuštěnými látkami až při průchodu atmosférou. V tomto případě hraje roli umístění stavby a vliv okolních provozů na kvalitu ovzduší. Nesmíme ale zapomenout, že vlivem klimatických změn se může znečištěné ovzduší projevit až stovky kilometrů od zdroje vzniku. Další znečištění voda nabírá při kontaktu vody s materiálem na povrchu území. Pro střešní plochy je dokonce dešťová voda jediný způsob jejího očištění. Také materiál, po kterém voda stéká, ovlivňuje její kvalitu. Předností dešťové vody je její měkkost a nízká hodnota pH.

Legislativa nám nařizuje likvidovat se srážkové vody, pokud je to možné, hned na pozemku stavby. Jendou z možností je vsakování vody hned na pozemku, umožnit výpar vody, využít dešťovou vodu na zavlažování nebo ji zpět využít v objektu. V poslední řadě by se měla srážková voda vypouštět do veřejné kanalizace. V tomto případě může být nutná regulace odtoku do veřejné kanalizace a bude potřeba zřídit retenční nádrž.



V případě, je nutné regulovat odtok do kanalizace, je potřeba zřídit na retenční nádrž pro regulovaný odtok.[4]

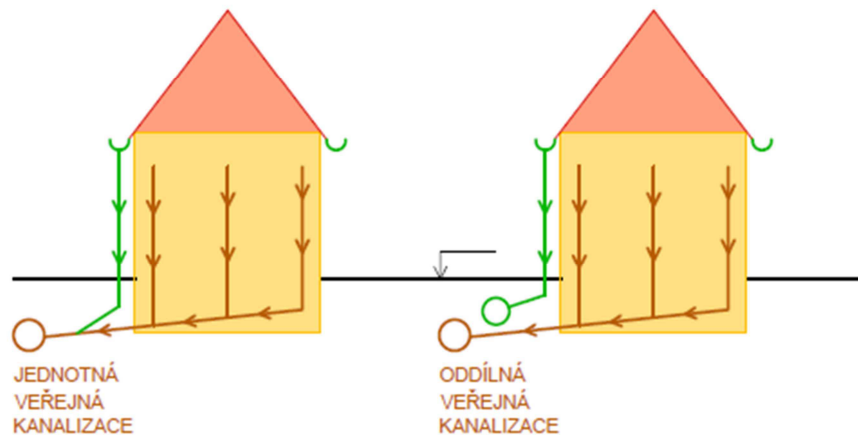
## 5. Možnosti nakládání s odpadními vodami

Jak naložit s odpadními vodami v jednotlivých provozech či objektech, vždy rozhodne množství jednotlivých druhů odpadních vod, které jsou vyprodukovány a možnostmi, jak řešit jejich likvidaci v dané lokalitě.

### 5.1 Veřejná kanalizace

S možností odvodu splaškových a dešťových vod veřejnou kanalizací lze počítat pouze v případě, že se v daném území nachází veřejná kanalizační síť. Pořád se v dnešní době vyskytuje mnoho území, kde se není možné napojit na veřejnou stokovou síť. Veřejná kanalizace je budována buď jako jednotná nebo jako oddílná. U jednotné stokové sítě jsou splaškové a dešťové odpadní vody odváděny společně. Oddílná stoková síť má dva systémy, kterými je odváděna voda splašková do centrální čistírny odpadních vod a druhým teče voda dešťová do recipientu přes retenční nádrž.

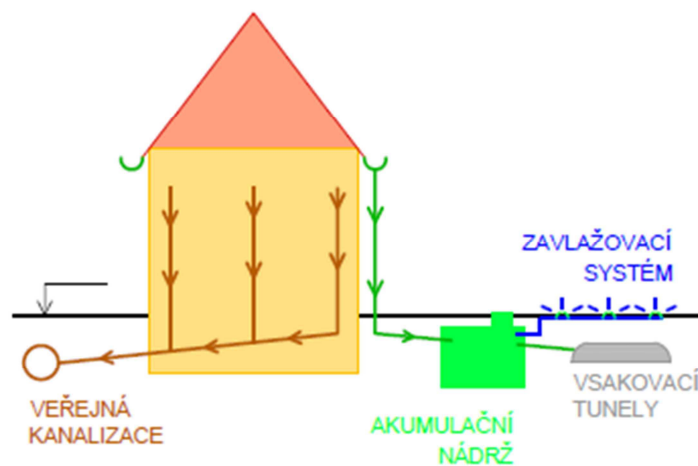
Oddílná soustava má větší investiční náklady při její realizaci, ale dešťová voda je svedena rovnou do recipientu a nezatěžuje tak čistírnu odpadních vod. Díky tomu se v čistírně upravuje menší množství odpadních vod a to se odráží na provozních nákladech. Odváděný vod jednotnou soustavu, má pozitivní vliv na její provoz. Při větších deštích dochází k proplachu a v potrubí se nezanáší. Při dimenzování jednotné stoky nerozhoduje z ekonomických důvodů maximální okamžitý průtok, a proto jsou na síť navrhovány odlehčovací komory. Odlehčovací komora má za úkol odvést nařazené odpadní vody přímo do recipientu, bez předešlého předčištění. Tento stav nastává v době extrémních průtoků. Maximální naplnění kanalizace a využití odlehčovací komory přichází v době velkých přívalových dešťů, změně provozu v objektech napojených na tuto síť. V poslední době je stále častějším důvodem poddimenzovaná stávající stoková síť z důvodu rozšiřující se zástavby. Na stávající kanalizace se napojují novostavby, které zvyšují průtok odpadních vod ve stávajícím potrubí. Proto je dnes prioritou se srážkové vody využívat (likvidovat) na místě vzniku pokud je to technicky možné.



Obr. 5.1 Schéma jednotné a oddílné veřejné kanalizace

## 5.2 Veřejná kanalizace a pozemek

V další variantě je předpokládáno, že veškerá splašková voda bude odvedena do veřejné kanalizace a dešťová voda bude řešena přímo na pozemku. Tímto bude kanalizační stoka a čistírna odpadních vod značně odlehčena. Dešťová voda bude na pozemku zlikvidována pomocí vsakovacích zařízení, popřípadě využita jako zálivka nebo použita v budově jako voda užitková. Pro její další použití musí být srážková voda náležitě upravena. Samozřejmě recyklace dešťové vody je méně náročná než u vody splaškové.

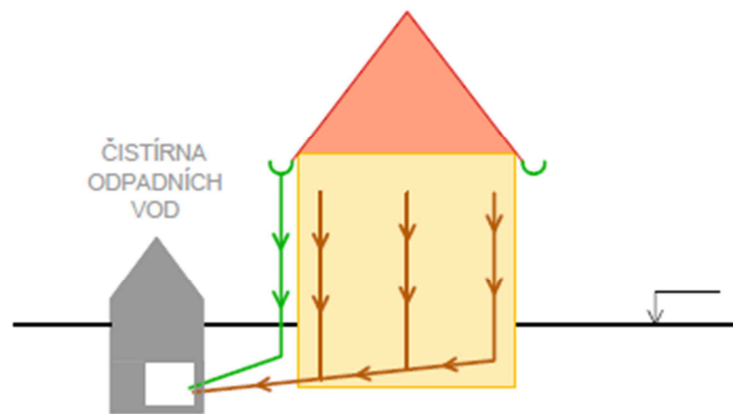


Obr. 5.2 Schéma veřejné kanalizace a využití vody na pozemku

### 5.3 Čistírna odpadních vod v areálu

V případě, že se budova nachází na území s absencí veřejné kanalizace, musí se čištění odpadní vod řešit individuálně a stejně tak dešťová voda. U objektů, jako jsou hotely a restaurace, se obvykle jedná o čištění v domovních čistírnách, případně v čistírně pro malé zdroje znečištění pouze o splaškové vody. Pro návrh technologie je rozhodující faktor složení splaškové odpadní vody.

Vzhledem k tomu, že je možnost napojit objekty v areálu na veřejnou kanalizační síť, není potřeba zřizovat areálovou ČOV.



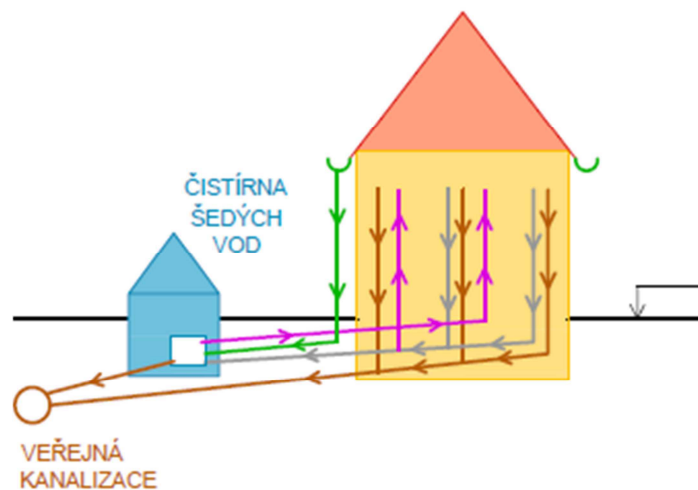
Obr. 5.3 Schéma odvedení odpadních vod do ČOV

### 5.4 Veřejná kanalizace a čistírna šedých vod

Tato varianta má v sobě zahrnutou myšlenku, že pitná voda ubývá a je zbytečné používat pitnou vodu tam, kde je možno ji nahradit vodou provozní. Provozní voda je nejčastěji používána ke splachování toalet, úklid, zalévání, praní. Množství vody pro tyto činnosti je až 60% z celkové spotřeby vody, proto je zde snaha, aby vody, která byla z prvo počátku do objektu dodána jako voda pitná, byla ještě alespoň jednou využita v objektu. Dále se musí vzít v úvahu, že čištění splaškové vody je nákladné, vzhledem k tomu, že je v ní obsažené fekálie a moč v neznámém (proměnlivém) množství během provozu budovy. Z těchto důvodů je nejvýhodnější černou vodu odvést veřejnou kanalizací do centrální ČOV. Šedou a dešťovou vodu přechistit a použít znovu v budově nebo na okolním pozemku. Rozdělení odpadních vod na černou a šedou vyžaduje v objektech dvojí systém vnitřní kanalizace. Vnitřní kanalizace z toalet, pisoárů, kuchyňských dřezů, výlevek bude napojena na veřejnou kanalizační stoku a

potrubí z umyvadel, sprch, van, případně potrubí od dešťové kanalizace povede do čistírny šedých vod.[5]

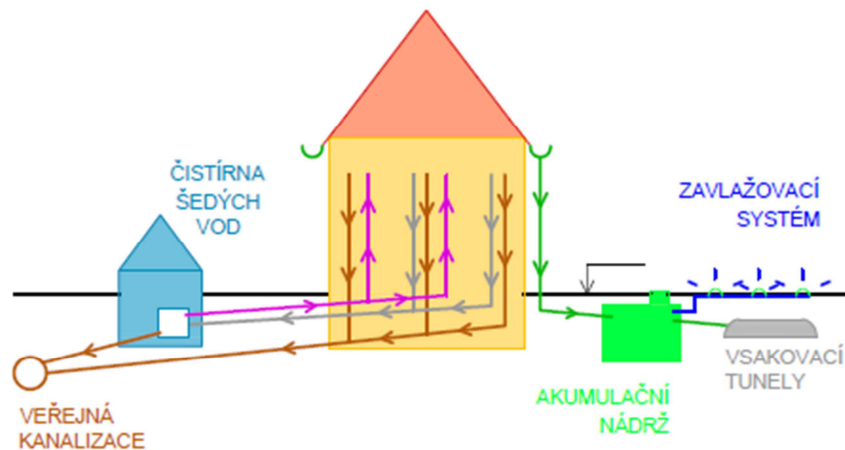
Na návrh této technologie má zásadní vliv množství produkované šedé a dešťové vody a její využití zpět v objektech nebo na území areálu. V jednotlivých provozech je produkce a potřeba šedých vod různá. Může nastat situace, kdy šedé produkce šedé vody je moc a není ekonomicky výhodné všechnu šedou vodu upravovat a akumulovat. Na druhou stranu může nastat i stav, kdy potřeba šedé vody značně převyšuje její produkce a většina potřebné vody by byla zajišťována vodou pitnou. V tomto případě se musí zhodnotit, zda se vyplatí pořizovat technologii na čistírnu šedých vod.



Obr. 5.4 Schéma odvodu odpadních vod do čistírny šedých vod

## 5.5 Veřejná kanalizace, čistírna šedých vod a pozemek

V tomto případě je splašková černá voda odvedena rovnou do veřejné kanalizace, šedá a dešťová voda je využita zpět v budově nebo na pozemku. Jestli přečištěné vody budou vráceny zpět do objektu, použity jako závlahy nebo zlikvidovány například pomocí vsakování, rozhodne bilance mezi množstvím produkovaných vod a množstvím potřebných vod v budovách nebo pro závlahu. Také se zde musí přihlídnout k tomu, že voda dešťová určená na zalévání, může být jen mechanicky přečištěna, kdež to vody v čistírně šedých vod jsou jak mechanicky tak biologicky čištěny.



Obr. 5.5 Schéma odvodu odpadních vod do čistírny šedých vod a jejího využití na pozemku

## 6. Spotřeba a potřeba šedých vod v areálu

Vzhledem k provozu areálu je předpoklad, že šedých vod z budov bude nadbytek. Většina budov má plochou střechu, proto zde bude i dostatek srážkových vod. Také je v areálu mnoho zeleně, která bude potřeba nejen v letních měsících zavlažovat a ve výpočtu bude zahrnuto i voda potřebná na zálivku. Dále jsou zde stáje pro 22 koní, obecně je známo, že kůň a péče o něj vyžaduje nezanedbatelné množství vody a tak se zde budu zabývat myšlenkou využití dešťové vody jako vody napájecí pro koně. Pro výpočet spotřeby a potřeby vody jsou použity informace z připravované normy ČSN 75 6780.[5]

## 6.1 Vstupní údaje pro výpočet

### Hotel

- počet ubytovaných v pokojích se sprchou: 15,
- počet ubytovaných v pokojích s vanou: 22,
- celkový počet ubytovaných: 37.

### Restaurace

- počet zaměstnanců: 10,
- počet návštěvníků z hotelu: 3x denně 37os.,
- počet návštěvníků ostatních: 96,  
(v restauraci je 12 stolů po 4 místech, předpokládá se, že každé místo se obsadí 2x denně).

### Terapie

- počet návštěvníků z hotelu: 37,
- počet ostatních návštěvníků: 37.

### Stáje

- počet ustájených koní: 22.

### Srážková voda

Plocha střech jednotlivých objektů v areálu:

- restaurace a hotel
  - plochá sever: 414 m<sup>2</sup>,
  - šikmá: 85 m<sup>2</sup>,
  - plochá jih: 518 m<sup>2</sup>,
  - šikmá u terapie: 138 m<sup>2</sup>,
- terapie
  - plochá: 464 m<sup>2</sup>,
- stáje
  - šikmá sever: 616 m<sup>2</sup>,
  - plochá: 255 m<sup>2</sup>,
  - šikmá jih: 184 m<sup>2</sup>,



- jízdárna 1346 m<sup>2</sup>,
- celkem 4020 m<sup>2</sup>.

## 6.2 Stanovení produkce šedé vody

Pro výpočet množství vyprodukované samostatné šedé vody, byl použit následující vztah:

$$Q_r = \sum_{i=1}^j q_{\xi,i} \cdot n_{\xi} \quad [\text{l/den}] \quad [6]$$

kde:  $q_{\xi}$  je produkce šedé vody pro příslušnou činnost,

$n_{\xi}$  počet činností stejného druhu,

$j$  počet druhů činností prováděných během dne.

Stanovení počtu činností stejného druhu prováděných během jednoho dne vychází z předpokládané průměrné návštěvnosti za předpokladů:

- každý ubytovaný se 1x denně vysprchuje,
- každý návštěvník terapie se 1x denně vysprchuje,
- každý zaměstnanec se 1x denně vysprchuje,
- každý ubytovaný si 6x denně umyje ruce,
- každý zaměstnanec si 4x denně umyje ruce,
- každý návštěvník restaurace si 1x denně umyje ruce,
- každý návštěvník terapie si 1x denně umyje ruce.

Tab. 6.2a Výpočet produkce šedých vod

| PRODUKCE ŠEDÉ VODY                |               |               |                       |                |
|-----------------------------------|---------------|---------------|-----------------------|----------------|
| <b>PENZION</b>                    |               |               |                       |                |
| HOTEL                             | produkce      | počet použití | počet lůžek           | produkce       |
|                                   | [l/den.lůžko] | [1/den]       | [ks]                  | [l/den]        |
| koupelna se sprchou               | 90            | 1             | 15                    | 1350           |
| koupelna vanou                    | 150           | 1             | 20                    | 3000           |
| mytí rukou                        | 3             | 6             | 37                    | 666            |
| RESTAURACE                        | [l/mytí]      |               | počet osob            | [l/den]        |
| mytí rukou návštěvníci            | 3             | 1             | 96                    | 288            |
| mytí rukou zaměstnanci            | 3             | 4             | 10                    | 120            |
| sprchování zaměstnanci            | 45            | 1             | 10                    | 450            |
| <b>CELKEM PENZION</b>             |               |               |                       | <b>5874</b>    |
| <b>TERAPIE</b>                    |               |               |                       |                |
|                                   | produkce      | počet použití | počet osob            | produkce       |
|                                   | [l/os]        | [1/den]       | [os]                  | [l/den]        |
| mytí rukou                        | 3             | 1             | 74                    | 222            |
| sprchování                        | 45            | 1             | 74                    | 3330           |
| <b>CELKEM</b>                     |               |               |                       | <b>3552</b>    |
| <b>CELKOVÁ PRODUKCE ŠEDÉ VODY</b> |               |               | [l/den]               | <b>9426</b>    |
|                                   |               |               | [l/rok]               | <b>3440490</b> |
|                                   |               |               | [m <sup>3</sup> /rok] | <b>3440</b>    |

Stanovení zisku dešťové vody ze vztahu:

$$V_d = A \cdot h_r \cdot \varphi_d \cdot \mu \quad [\text{l/rok}] \quad [6]$$

kde:  $A$  je půdorysný průmět odvodňované střechy [m<sup>2</sup>],

$h_r$  průměrný roční úhrn srážek [mm/rok],

$\varphi_d$  součinitel využití dešťové vody [-],

$\mu$  hydraulická účinnost filtru [-].

Tab. 6.2b Výpočet produkce dešťové vody

| DEŠŤOVÁ VODA ZE STŘECH      |                   |                 |         |                       |
|-----------------------------|-------------------|-----------------|---------|-----------------------|
| plocha                      | stáje             | A               | 1055    | [m <sup>2</sup> ]     |
|                             | penzion + terapie |                 | 1617    | [m <sup>2</sup> ]     |
|                             | jízdárna          |                 | 1346    | [m <sup>2</sup> ]     |
| součinitel odtoku           |                   | $\Psi_{\delta}$ | 0,6     | [-]                   |
| průměrný roční úhrn srážek  | Plzeňský kraj     | $h_r$           | 656     | mm/rok                |
| hydraulická účinnost filtru |                   | $\eta$          | 0,9     | [-]                   |
| ROČNÍ ZISK DEŠŤOVÉ VODY     |                   |                 | 1423336 | [l/rok]               |
|                             |                   |                 | 1423    | [m <sup>3</sup> /rok] |
|                             |                   |                 | 3900    | [l/den]               |

### 6.3 Stanovení potřeby provozní vody

Následující vztah určuje denní potřebu šedé vody:

$$Q_{24} = q_{wc} \cdot n + q_{pi} \cdot n + q_{úk} \cdot n \quad [\text{l/den}] \quad [6]$$

kde:  $q_{wc}$  potřeba vody na jedno spláchnutí WC [l],

$q_{pi}$  potřeba vody na jedno spláchnutí pisoáru [l],

$q_{úk}$  potřeba vody pro úklid [l/m<sup>2</sup>],

n počet použití zařízení během jednoho dne.

Pro výpočet celkové potřeby šedých vod se vycházelo z průměrné návštěvnosti během dne a těchto předpokladů:

- každý ubytovaný 6x denně navštíví toaletu
  - z toho: 5x velké spláchnutí
  - 1x malé spláchnutí
- každý zaměstnanec 4x denně navštíví toaletu
  - z toho: 5x velké spláchnutí
  - 1x malé spláchnutí
- každý návštěvník restaurace 1x navštíví toaletu
  - z toho: ¼ návštěvníků – velké spláchnutí
  - ¾ návštěvníků – malé spláchnutí

- každý návštěvník terapie navštíví 1x za den toaletu
- ubytované osoby se počítají pouze v hotelu

Tab. 6.3a Výpočet potřeby šedé vody

| <b>PENZION</b>            |                      |                         |                       |         |
|---------------------------|----------------------|-------------------------|-----------------------|---------|
| UBYTOVÁNÍ                 | potřeba              | počet spláchnutí        | počet lůžek/osob      | potřeba |
|                           | [l/spláchnutí.lůžko] | [1/den]                 | [ks]                  | [l/den] |
| WC velké spláchnutí       | 6                    | 1                       | 37                    | 222     |
| WC malé spláchnutí        | 3                    | 5                       | 37                    | 555     |
| RESTAURACE NÁVŠTEVNÍCI    |                      |                         |                       |         |
| WC velké spláchnutí       | 6                    | 1                       | 32                    | 192     |
| WC malé spláchnutí        | 3                    | 1                       | 64                    | 192     |
| RESTAURACE ZAMĚSTNANCI    |                      |                         |                       |         |
| WC velké spláchnutí       | 6                    | 1                       | 10                    | 60      |
| WC malé spláchnutí        | 3                    | 3                       | 10                    | 90      |
| CELKEM PENZION            |                      |                         |                       | 1311    |
|                           |                      |                         |                       |         |
| TERAPIE                   |                      |                         |                       |         |
|                           | potřeba              | počet spláchnutí        | počet osob            | potřeba |
|                           | [l/spláchnutí.lůžko] | [1/den]                 | [os]                  | [l/den] |
| WC velké spláchnutí       | 6                    | 1                       | 25                    | 150     |
| WC malé spláchnutí        | 3                    | 1                       | 49                    | 147     |
| CELKEM                    |                      |                         |                       | 297     |
|                           |                      |                         |                       |         |
| ÚKLID                     |                      |                         |                       |         |
|                           |                      | potřeba                 | plocha                | potřeba |
|                           |                      | [l/den.m <sup>2</sup> ] | [den.m <sup>2</sup> ] | [l/den] |
| penzion                   |                      | 0,3                     | 1612                  | 484     |
| terapie                   |                      | 0,3                     | 430                   | 129     |
| CELKEM                    |                      |                         |                       | 613     |
|                           |                      |                         |                       |         |
| CELKOVÁ POTŘEBA ŠEDÉ VODY |                      |                         | [l/den]               | 2221    |
|                           |                      |                         | [l/rok]               | 810571  |
|                           |                      |                         | [m <sup>3</sup> /rok] | 811     |

V areálu se nachází velké plochy zeleně, které potřebují závlahu. Množství zavlažovací vody se mění dle typu zeleně, podnebí, zavlažovacího systému atd. Zde je počítání s průměrnou potřebou zavlažovací vody a to  $80 \text{ l/m}^2 \cdot \text{rok}$ . [6]

Tab. 6.3b Výpočet vody pro zavlažování

| <b>ZAVLAŽOVÁNÍ</b>      |                         |                       |               |
|-------------------------|-------------------------|-----------------------|---------------|
| od dubna - do září      | potřeba                 | plocha                | potřeba       |
|                         | [l/rok.m <sup>2</sup> ] | [m <sup>2</sup> ]     | [l/rok]       |
| zalevání zahrady zeleně | 80                      | 9600                  | 768000        |
| <b>CELKEM</b>           |                         | [l/rok]               | <b>768000</b> |
|                         |                         | [m <sup>3</sup> /rok] | <b>768</b>    |

## 6.4 Posouzení využití šedé vody

Optimální řešení využití šedé vody nastává tehdy, kdy se produkce přibližuje spotřebně přečištěné vody.

Posouzení:

produkce šedé a dešťové vody – potřeba provozní a zavlažovací vody =

$$= (9426+3900) - (2221+768) = 10337 \text{ l/den}$$

Zde je vidět, že produkce značně převyšuje na spotřebě šedých vod a je nutno navrhnout nové řešení. V objektu je upotřebena jen velmi malá část produkovaných šedých vod, proto čistírna šedých vod bude navržena na toto množství. Přebytečná šedá voda bude odvedena do veřejné kanalizace. Zavlažovací systém bude zásobovat voda dešťová. Vzhledem k tomu, že i dešťové vody je přibližně 2x více než je potřeba pro zavlažování, je možno naložit s přečištěnou vodou dešťovou jako napájecí voda pro koně a popřípadě údržbu stájí.

## 7. Dešťová voda pro koně

V legislativě nalezneme, že napájecí voda pro zvířata musí být zdravotně nezávadná. Dále, že voda dešťová, nesmí být použita jako voda pitná. Zda je k napájení koní vhodná dešťová voda, je sporné.

Obavy pro použití nastávají ve chvíli, kdy by areál byl postaven na hustě obydlených místech nebo dokonce vedle průmyslové zóny. Tady by srážková voda byla značně znečištěna při průchodu atmosférou. Areál je ale navržen v obci na okraji civilizace, kde se předpokládá průměrně čistého ovzduší. Musí se ale myslet na to, že znečištěný vzduch může být do dané oblasti zanesen i z velké vzdálenosti. Další znečištění vody nastává při styku s povrchem střechy. Na střechách je při bezdeštném období nahromaděn prach, pyl, ptačí trus a podobně. Tyto pochyby by se daly vyřešit, tím že by byla sbírána do nádrží voda jen z dlouhého intenzivního deště. V prvních minutách, kdy déšť čistí ovzduší a plochy střech, by byla voda svedena mimo nádrž pro napájecí vodu. Tímto by byla zabezpečena mnohem větší kvalita vody. [7]

Řasy a mikroorganismy se jsou otázkou dobrého skladování vody. Jejich nepřítomnost zajistíme umístěním nádrží v zemi, kde je optimální teplota a není zde světlo. Pro zaručenou kvalitu vody, by se nádrž měla několikrát do roka vyčistit.[7]

Dalším důvodem proč, by mohla být pitná voda z veřejného řadu lepší než dešťová, je, že dešťová voda obsahuje malé množství minerálních látek. Minerální látky mají v těle koně nezastupitelnou roli jak pro stavbu těla, tak i v látkové přeměně. Pokud se tyto látky koním nedostávají, začnou se projevat nemoci. Ovšem pitnou vodu nemůže považovat za plnohodnotný zdroj minerálů a proto se koním stejně dávají minerální kostky. Nepřítomné minerály v dešťové vodě, se tedy snadno zajistí doplňkem stravy, který je stejně koním podáván.[8]

Vše co se v těle koně děje je doprovázeno vodou, proto by měl mít přístup ke kvalitní vodě celý den. U koní platí, že čím pro ně chutnější voda je, tím více vypijí. Správná teplota vody, chemické složení, mikrobiální složení a zápach určuje, kolik vody kůň vypije. *Teplota vody by měla být 8-15°C, optimálně 12-15°C. Kyselost vody by se měla pohybovat v rozmezí 5,5-7,5 pH.*[8]

Kolik vody kůň spotřebuje je velmi individuální, uvádí se, že je to 4-5% jejich živé hmotnosti.[5] Potřeba napájecí vody souvisí s příjmem krmiva, jestli je možnost pastvi nebo je podávána jen sušina. Ovlivňujícím faktorem je i venkovní teplota, jiné množství kůň vypije při teplotě 0-5°C, kdy se napije cca 2x denně nebo když je 30-35°C a kůň pije 2x za hodinu. Chuť vody je pro koně také velmi důležitá, nemají rády změny a proto v případě změny zdroje vody, může nastat krátké období, kdy kůň nebude chtít pít. Nedoporučuje se zdroj často měnit, aby nedocházelo k zbytečné dehydrataci. Dalším vlivem je pracovní využití, druhu utájení a



podobně. Množství vody potřebné pro napájení se tedy může pohybovat od 20-40 l na jednoho koně. [8]

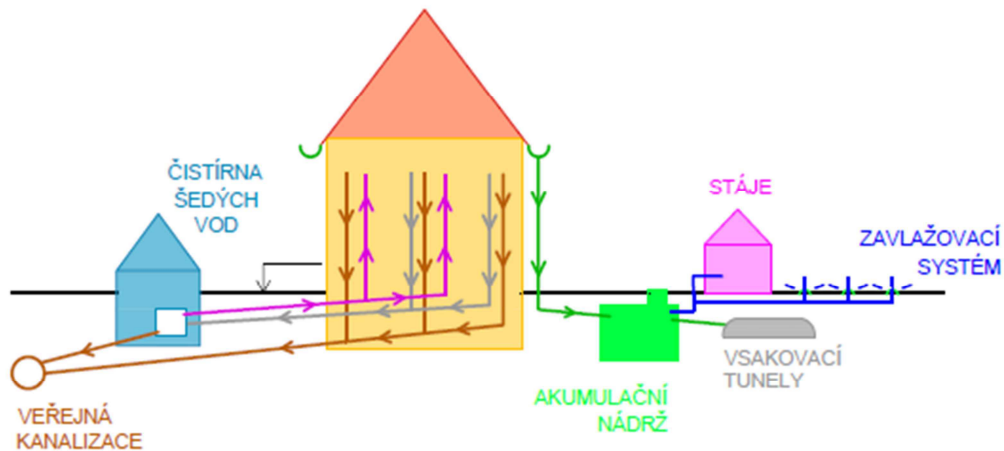
Zda použít k napájení koně vodu dešťovou, je nutno konzultovat s investorem, který musí být seznámen s předchozími body a souhlasit s návrhem využití dešťové vody ve stájích. Dále je nutné provádět pravidelně cca 1x za 2 měsíce laboratorní rozbor vody, kde je vzorek odebrán z nádrže na vodu a porovnán s hygienickými předpisy pro napájecí vodu.

## 8. Nakládání s odpadními vodami v areálu

Z předchozích výpočtů a předpokladů je nutné stanovit přesný návrh odvodu odpadních vod z areálu Hipocentra. Dle kterého bude odpadní voda maximálně využita zpět v budově nebo na pozemku areálu a podle toho navrženy rozvody kanalizace, vodovodu a další technologie.

Černá splašková voda od toalet, pisoárů, bidetů, kuchyňských dřezů bude odvedena potrubím přímo do veřejné kanalizace. Šedá voda bude svedena do čistírny šedých vod umístěné v suterénu budovy. Potřebné množství šedých vod dle výpočtu činí 2 221 l/den, toto množství odpovídá užitkové vodě potřebné pro splachování toalet, pisoáru, pro výlevky a úklid v budově. Zbylé šedé vody odpovídající dennímu průtoku 9 426 l a budou odvedeny bezpečnostním přepadem u čistírny šedých vod do veřejné kanalizace. Pro zavlažovací systém budou sloužit jen vody dešťové, které budou zachycovány ze střech všech budov do akumulčních nádrží. Dále bude přefiltrovaná dešťová voda používána ve stájích jako voda napájecí.

Vzhledem k tomu, že je velmi velký rozdíl mezi potřebou a spotřebou šedých vod, bylo by možné část šedých vod vést rovnou do veřejné kanalizace. Ovšem v budově je nerovnoměrný provoz a odvedení šedých vod jen z části budovy by potřeboval přesnější analýzu spotřeby pitné, užitkové vody a produkci odpadních vod v budově.



Obr. 8 Schéma využití odpadních vod v areálu Hipocentra

## 9. Návrh kanalizace

### 9.1 Materiál

Připojovací, odpadní, větrací a svodné vnitřní potrubí bude provedeno z polypropylenového potrubí z produktové řady HT-SYSTÉM PLUS. Svodné potrubí vedené v základech pod budovami a v zemi zajišťuje potrubí z KG-SYSTÉMU. Oba tyto produkty jsou od společnosti OSMA. Spoje mezi těmito typy potrubí budou klasickými lepenými spoji provedeny před vstupem do země. Vnější dešťové okapní žlaby jsou navrženy z měděného plechu. Spoj mezi měděnými žlab a plastovým potrubím bude v úrovni lapače střešních splavenin.

### 9.2 Kanalizační přípojka

Splašková odpadní voda bude svedena do stávající kanalizační obecní stoky. Jednotná kanalizace se nachází v ulici Borová a je z kameninových trub. I když se jedná o jednotnou kanalizační síť, bude sem svedena pouze splašková kanalizace, protože všechna dešťová voda je zlikvidována na pozemku areálu.

Kanalizační přípojka bude napojena na veřejnou stoku pomocí jádrového vrtu, kde přípojka začíná. Konec kanalizační přípojky se nachází v hlavní čistící šachtě, kde se schází

ležaté kanalizační svody z Budovy terapie a z Restaurace s hotelem. Vzhledem k tomu, že délka přípojky je 33,1 m, musí být na přípojce zřízena ještě jedna revizní šachta, sloužící pro údržbu přípojky. Obě šachty jsou navrženy jako betonové prefabrikáty o rozměrech 1x0,8 m a jsou opatřeny poklopem o průměru 0,6 m. V šachtách jsou umístěny čistící tvarovky.

## 9.3 Splašková kanalizace

Veškeré kanalizace v objektu je gravitačním systémem, pouze v suterénu pod úrovní svodného potrubí, kde je umístěna čistírna šedých vod, bude nutné instalovat přečerpávací stanici. Do přečerpávací stanice bude napojen přepad z čistírny šedých vod. Přečerpání zajistí zařízení od firmy GRUNDFOS, jeho návrh provede výrobce dle podkladů projektanta.

Přípojovací potrubí je vedeno od zařizovacích předmětů směrem k odpadnímu potrubí pod minimálním sklonem 3%. Napojení na zařizovací předměty musí být přes zápachovou uzávěrku. Přípojovací potrubí se bude nacházet převážně v předstěnách. Pouze v případě, že není možné dodržet minimální sklon potrubí, bude přípojovací potrubí vedeno v podhledu spodního patra. Zde je nutné provést návrh tak, aby potrubí nebylo zdrojem hluku v místnosti.

Splaškové odpadní potrubí bude vedeno v instalačních šachtách. V patě potrubí jsou umístěny kulové kohouty a vypouštěcí ventily pro případ potřeby uzavřít daný okruh. Dále cca 1 metr nad podlahou umístěny na potrubí čistící tvarovky. Tyto tvarovky jsou zpřístupněny pomocí instalačních dvířek na šachtách. Odpadní potrubí S1, S12, S19, P1, P2 a P15 jsou vyvedeny nad střechu minimálně a slouží jako větrací potrubí.

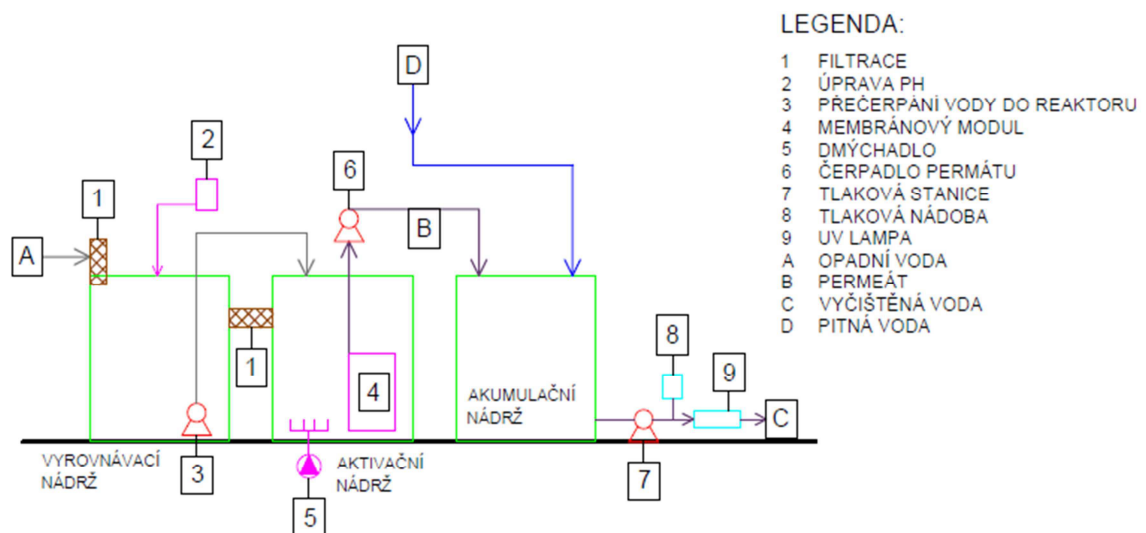
Svodné kanalizační potrubí je vedeno v základech. Jedna větev svodného potrubí je vyvedeno z Budovy terapie, druhá větev svodného potrubí je z Restaurace s hotelem. Setkávají se v hlavní čistící šachtě, kde se napojují na kanalizační přípojku. Maximálně po 18 metrech budou na svodném potrubí umístěny čistící kusy, které jsou umístěny v šachtách pod podlahou.

Odpadní potrubí od průmyslových kuchyňských dřezů z restaurace je napojeno na vlastní svodné potrubí, které vede do lapače tuků. Lapač tuků je umístěný mimo budovu, aby k němu byl možný přístup z důvodu čištění. Svodné potrubí odváděné přečištěnou odpaní vodu je veden zpět do budovy, kde je napojeno na hlavní větev ležatého kanalizačního potrubí. Zařízení je navrženo na tři velkokuchyňské dřezy s pachotěsným uzávěrem, předpokládaná teplota vody je větší než 60°C a používání čistících prostředků. Bude zde instalován lapač tuku AS-FAKU EO PB1 (NG1) od firmy Asio, s.r.o.

## 9.2 Čistírna šedých vod

Čistírny šedých vod se navrhují dle typu objektu a možnosti znovuvyužití šedých vod v budově popřípadě v celém areálu. Její velikosti a typ jednotlivých částí zařízení se stanovují podle hodnoty denního průtoku šedých vod v čistírně. Šedé vody jsou svedeny pomocí kanalizačního potrubí, které je oddělené od ostatních kanalizačních rozvodů. Na potrubí musí být napojeny jen zařizovací předměty produkující šedou vodu. Návrh a dimenzování kanalizace šedých vod se provádí stejně jako u standartních rozvodů vnitřní kanalizace dle ČSN 736760. Oddělenou kanalizací jsou šedé vody přivedeny k čistírně, která bude umístěna v suterénu budovy. Nejprve voda vtéká do vyrovnávací nádrže, která má za úkol vyrovnat nerovnoměrnost přívodu šedých vod do zařízení. Kvalita vody je zde zlepšena pouze pomocí mechanického filtru. Z vyrovnávací nádrže je propojena s aktivační nádrží, kde je voda biologicky čištěna a dochází zde k aktivaci kalu. Voda je čištěna pomocí membránové filtrace, nad kterou jsou umístěny čerpadla. Čerpadla vyčištěnou vodou naplňují akumulární nádrž, z které je voda rozvedena jako užitková voda zpět do objektu. Automatická tlaková stanice zajišťuje distribuci přečištěné vody z akumulární nádrže do rozvodů užitkové vody. Tato stanice je napojena na pitnou vodu, která je systémem používána v době nedostatku dešťové vody. [9]

### OBECNÉ SCHÉMA ZAPOJENÍ ČISTÍRNY ŠEDÝCH VOD



Obr. 9.2 Obecné schéma zapojení čistírny šedých vod [9]

## 9.2.1 Technologie čistírny šedých vod

Návrhem čistíren šedých vod se zabývají specializované firmy, které mají dlouholeté zkušenosti s danou problematikou. Čistírnu skládají z jednotlivých typizovaných zařízení, která mění své velikosti (dimenze) podle navrhovaného průtoku. Čistírna šedých vod pro restauraci a hotel byla navržena ve spolupráci s firmou Asio, spol. s.r.o. Firmou byly poskytnuty projekční a instalační podklady, obecné a typické schéma čistíren, které byly použity pro správný návrh velikosti čistírny a jejího zařízení.

## 9.2.2 Vstupní parametry k návrhu

Hlavní parametr, podle kterého se navrhuje čistírna šedých vod, se liší dle typu budovy a jejího provozu. Nejčastěji záleží na poměru množství produkce a spotřeby šedých vod v budově nebo počtu ekvivalentních obyvatel. Dalším parametrem může být potřebná kvalita vyčištěné vody, která závisí na tom, k jakým účelům bude voda dále použita. Jedním z kritérií velikosti čistírny může být také velikost místa určeného pro instalaci zařízení.

Budova, pro kterou je zařízení navrženo, má přibližně čtyřnásobně větší produkci šedých vod než její spotřebu, proto množství vody potřebné k přečištění a velikost čistírny jsou dimenzovány na spotřebu šedých vod v budově Restaurace, hotelu a terapii. Celková spotřeba šedých vod je 2221 l/den. Vzhledem k tomu, že pro sestavení čistírny jsou používané typizované nádrže a její nejbližší rozměry odpovídají průtoku 2300 l/den, bude technologie navržena na průtok stanovený velikostí nádrže. Maximální průtok, který bude čistírna schopna upravit je 3 000l. [9]

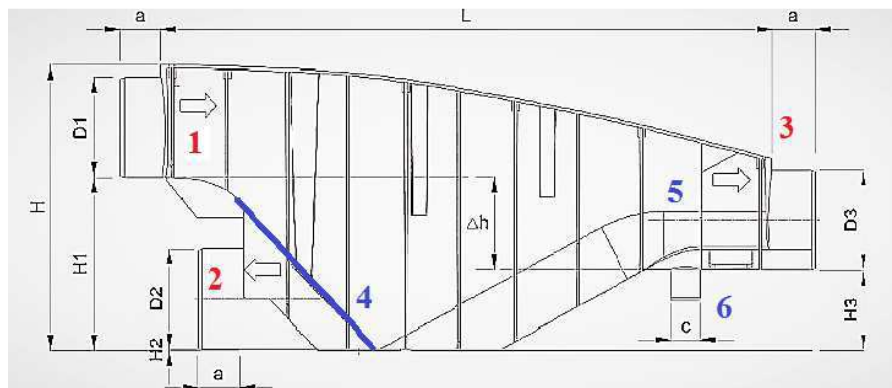
## 9.2.3 Nádrž

Pro danou čistírnu jsou zapotřebí tři kusy nádrží o stejném objemu (vyrovnávací, aktivační, akumuláční). Velikost nádrží odpovídá dennímu průtoku 2400 l/den. Nádrže jsou navrženy jako nadzemní celoplastové a samonosné. Jednotlivé konstrukční prvky jsou vyrobeny z integrálního polypropylénu a spojovány jsou svařováním. Nádrže jsou opatřeny otvory dle potřeby instalované technologie a odnímatelným víkem. Pro případ maximálního naplnění jsou všechny tři nádrže napojeny bezpečnostním přepadem DN 150 do kanalizace odpadní vody. Pro vyrovnání tlaku je z nádrží vyvedeno větrací potrubí DN100. [9]

**NÁVRH: 3x AS-NÁDRŽ PP/FR, rozměry: 3x 2000x1000x2040 mm**  
**- poklop 600x600 mm**

## 9.2.4 Předčištění

Šedá voda je jako první přiváděna do vyrovnávací nádrže přes mechanický filtr.



Obr. 8.2.4 Mechanický filtr [10]

Filtr je složen z několika komponentů:

- Přívod šedé vody (1)
- Odvod šedé vody do akumulární nádrže (2)
- Bezpečnostní odtok do kanalizace (3)
- Nerezové síto (4)
- Zpětná klapka (5)
- Přepad na odstranění povrchových nečistot (6)

Při maximálním naplnění nádrže budou přes přepad(6) odváděny plovoucí nečistoty, jako je pěna, tuk, olej, kal a budou rovnou odtékat do bezpečnostního přepadu napojeného na kanalizaci odpadních vod. Zpětná klapka (5) zajišťuje nežádoucí vniknutí hmyzu a hlodavců do nádrže. Dále také zabezpečuje nádrž proti vniknutí vzdušné vody. [10]

**NÁVRH: FILTR AS-PURAIN DN 150**

## 9.2.5 Biologické čištění

Z vyrovnávací nádrže je voda přečerpávána do aktivační nádrže, kde je biologicky čištěna a dochází zde k aktivaci kalu. Biologická degradace probíhá pomocí bakterií v provzdušněném fluidním loži. Bakterie se usazují na nosiči biomasy se specificky velkým povrchem. Vzduch, který vychází z dmyhadla, prochází přes membránovou jednotku a zajišťuje okysličení. [11]

## 9.2.6 Membránové moduly

Do aktivační nádrže jsou instalovány membránové bioreaktory s nanovlákným filtračním materiálem. Membránová jednotka odfiltrává viry i bakterie a její účinnost je závislá na velikosti pórů. Nanovlákný materiál je vyznačován vysokou porozitou a malými rozměry pórů. Díky tomu mohou být navrženy menší plochy membrán a kvalita čištění vody je vyhovující i při větších filtračních rychlostech. Dále musí být membrána napojena na tlakovou hadici, která zajišťuje přívod vzduchu pro pravidelné oplachování membrány vzduchem. Tím to dochází k čištění filtračního materiálu a je také zajištěna dodávka potřebného kyslíku pro biologické procesy. Na potrubí vedoucí z membránových modulů je umístěna zpětná klapka, uzávěr a čerpadlo, které pod tlakem odsává vodu z modulů do akumulární nádrže.[11]

**NÁVRH: MEMBRÁNOVÝ FILTRAČNÍ MODUL FM611**

## 9.2.7 Akumulační nádrž

Voda z akumulární nádrže je pomocí plovoucího sání DN25 automatické tlakové stanice čerpána do rozvodů užitkové vody.

## 9.2.8 Automatická tlaková jednotka

Z akumulární nádrže je vyčištěná voda rozvedena ke spotřebičům přes monitorovací jednotku s čerpadlem. Tato jednotka zajišťuje bezpečný chod celého systému. Pracuje v režimu automatickém nebo údržbovém. V obou případech kontroluje chod membránového čerpadla proti chodu na sucho. V automatickém režimu je šedá voda přiváděna ke spotřebičům pomocí membránových čerpadel. Nastane-li okamžik, kdy je v nádrži nedostatek šedé vody, jednotka přepne trojcestný ventil na režim zásobování pitnou vodou z řadu a sací potrubí akumulární nádrže se uzavře. Při znovunaplnění nádrží šedou vodou se opět trojcestný ventil přepne. V údržbovém režimu je do systému přiváděna pouze pitná voda.[12]

Za automatickou tlakovou stanicí na rozvodné potrubí přečištěné užitkové vody bude nainstalována UV dezinfekce. Jedná se o chemickou úpravu vody, která zbavuje vodu mikroorganismů. Nerezovou skleněnou trubicí protéká voda a silné UV záření, které probíhá pomocí lampy uvnitř potrubí, usmrcuje všechny živé organismy. Výhodou tohoto zařízení je, že nemění chemické vlastnosti vody.[12]

**NÁVRH: AS-RAINMASTER + ČERPADLO RM FAVORIT 20**

- Max. průtok čerpadla: 80 l/min
- Max. provozní tlak: 4,5 bar
- Tlak pitné vody: 2,5 – 6,0 bar
- Max. výtlačná výška: 15 m
- Délka sacího potrubí: 3,59 m
- Výška sacího potrubí: 1,62 m
- Tlaková ztráta potrubí: 154,5 kPa
- Geodetická výška: 7,42 m
- 

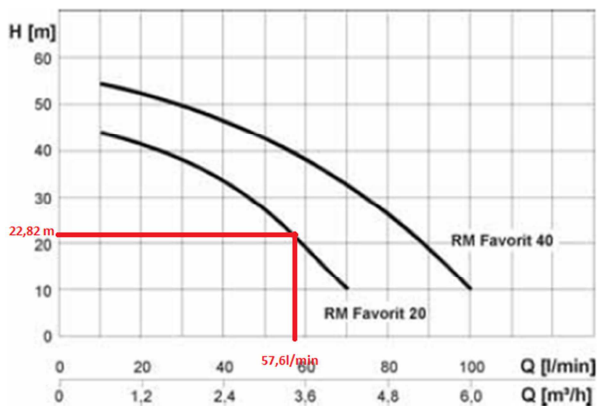
→ Čerpadlo vyhovuje požadavkům na délkové a výškové rozdíly mezi zařízením a sacím plovákem (dle grafu).

→  $p_{MAX} = 4,5 \text{ bar} > p_{RF} = 1,54 \text{ bar}$  -> vyhovuje

→  $H = H_g + H_z = H_g + p_{RF} \cdot 9,81 = 7,42 + 154,5 / 9,81 = 23,16 \text{ m}$



Obr. 9.2.8a Graf sací části čerpadla automatické tlakové stanice [12]



Obr. 9.2.8b Graf výtlačné části čerpadla automatické tlakové stanice [12]



## 9.2.9 Umístění čistírny šedých vod

Čistírna šedých vod bude umístěna v suterénu budovy Restaurace s hotelem. Podsklepená je jen část budovy, kde bude instalována čistírna. Přístup do suterénu bude zajišťovat schodiště u hlavního vstupu do budovy. V suterénu se bude nacházet jen čistírna šedých vod a zařízení potřebné k jejímu provozu. Vzhledem k tomu, že suterén je pod úrovní stokové sítě, budou muset být bezpečnostní přepady z čistírny napojeny na přečerpávací stanici.

Schodiště je do suterénu navrženo přímé, aby nenastaly komplikace s dopravou komponentů čistírny na finální místo. Základní prvky systému bude vhodné nainstalovat před realizací stropní konstrukce. Kdyby zejména s nádržemi na vodu nebylo možno projít schodištěm ani ji usadit před stropními konstrukcemi, je tady možnost svařovat nádrže až na místě.

## 9.3 Technologie pro dešťovou vodu

Jak už bylo řečeno, dešťové vody je více, než je potřeba na závlahu a nadbytečné množství bude použito jako voda napájecí pro koně nebo na údržbu stájí. Pro tyto účely jsou navrženy tři akumulční nádrže a rozmístěny, tak aby přibližně pokryly závlahu pro zeleň v jejich blízkosti. V případě maximálního naplnění nádrží, je voda pomocí bezpečnostního přepadu vyústěna do vsakovacích tunelů.

### 9.3.1 Dešťová kanalizace

Dešťová voda z plochých střech bude odvedena pomocí střešních vpustí vnitřní odpadní kanalizací z KT-SYSTÉMU. Ze šikmých střešních rovin bude voda stékat do vnějšího okapového systému. Dešťové okapové svody budou z měděného plechu. Napojení venkovních svislých svodů na svodné potrubí musí být přes střešní lapače z důvodu zachycení nečistot. Svodné potrubí je uloženo v základech nebo v zemi vede do akumulčních nádrží pro dešťovou vodu.

### 9.3.2 Akumulční nádrže pro dešťovou vodu

Dvě akumulční nádrže slouží pouze pro akumulaci vody na zavlažování a voda z třetí nádrže je využita jak na závlahu, tak i pro koně. Nádrž AK1, která je svedena z budov Hotelu s restaurací a Terapie, bude umístěna severozápadně od těchto objektů a bude sloužit

k zavlažování zeleně v jejím okolí. AK2 je označena nádrž umístěna východně od stájí a zadržuje dešťovou vodu z části stájí a jízdárny. Opět akumulovaná voda zavlažuje okolní zeleň. Třetí nádrž AK3 se nachází západně od stájí, akumuluje se v ní voda pouze z části budovy stájí. Tato voda po přečištění putuje zpět do budovy stájí nebo do zavlažovacího systému.

Pro návrh akumulačních nádrží je nejprve potřeba stanovení zisku dešťové vody viz kapitola 6.2, poté výpočet objemu akumulačních nádrží dle vztahu:

$$V_p = \frac{V_d}{365} \cdot z \quad [\text{m}^3] \quad [13]$$

kde:  $V_d$  je zisk dešťové vody [ $\text{m}^3/\text{rok}$ ],

$z$  je koeficient optimální velikosti nádrže, obvykle roven 20, tzn. že nádrž je navržena na 20 bezdeštných dní.

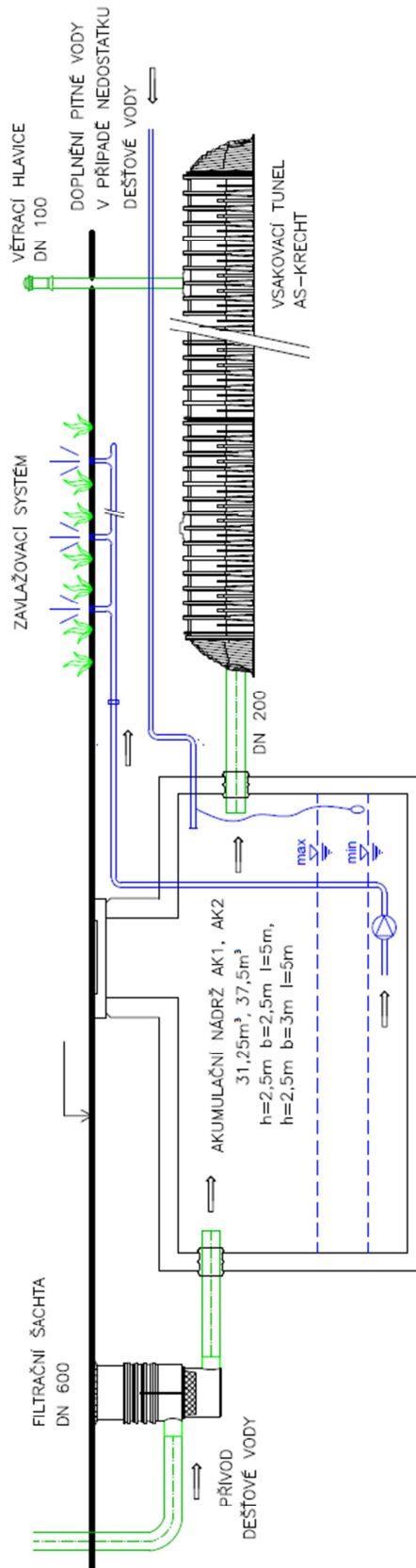
Tab. 9.3.2 Výpočet objemu akumulčních nádrží pro dešťovou vodu

| <b>NÁVRH AKUMULAČNÍCH NÁDRŽÍ PRO DEŠŤOVOU VODU</b> |                                   |
|--|-----------------------------------|
| <b>1. CELKOVÁ VELIKOST</b>                         |                                   |
| množství srážek                                    | 650 mm                            |
| <b>využitelní plochá</b>                           | <b>4018 m<sup>2</sup></b>         |
| koeficient odtoku střechy                          | 0,6 -                             |
| koeficient filtru nečistot                         | 0,9 -                             |
| koeficient optimální velikosti                     | 20 -                              |
| <b>ROČNÍ PRŮTOK</b>                                | <b>1410,318 m<sup>3</sup>/rok</b> |
| <b>OBJEM NÁDRŽE</b>                                | <b>77,28 m<sup>3</sup></b>        |
| <b>2. RESTAURACE A HOTEL + TERAPIE-AK1</b>         |                                   |
| množství srážek                                    | 650 mm                            |
| <b>využitelní plochá</b>                           | <b>1617 m<sup>2</sup></b>         |
| koeficient odtoku střechy                          | 0,6 -                             |
| koeficient filtru nečistot                         | 0,9 -                             |
| koeficient optimální velikosti                     | 20 -                              |
| <b>ROČNÍ PRŮTOK</b>                                | <b>567,567 m<sup>3</sup>/rok</b>  |
| <b>OBJEM NÁDRŽE</b>                                | <b>31,10 m<sup>3</sup></b>        |
| <b>3. JÍZDÁRNA + STÁJE = OBJEKT SEVER - AK2</b>    |                                   |
| množství srážek                                    | 650 mm                            |
| <b>využitelní plochá</b>                           | <b>1785 m<sup>2</sup></b>         |
| koeficient odtoku střechy                          | 0,6 -                             |
| koeficient filtru nečistot                         | 0,9 -                             |
| koeficient optimální velikosti                     | 20 -                              |
| <b>ROČNÍ PRŮTOK</b>                                | <b>626,535 m<sup>3</sup>/rok</b>  |
| <b>OBJEM NÁDRŽE</b>                                | <b>34,33 m<sup>3</sup></b>        |
| <b>4. STÁJE JIH (PRO KONĚ) - AK3</b>               |                                   |
| množství srážek                                    | 650 mm                            |
| <b>využitelní plochá</b>                           | <b>616 m<sup>2</sup></b>          |
| koeficient odtoku střechy                          | 0,6 -                             |
| koeficient filtru nečistot                         | 0,9 -                             |
| koeficient optimální velikosti                     | 20 -                              |
| <b>ROČNÍ PRŮTOK</b>                                | <b>216,216 m<sup>3</sup>/rok</b>  |
| <b>OBJEM NÁDRŽE</b>                                | <b>11,85 m<sup>3</sup></b>        |

- **Akumulační nádrž AK1, AK2**

Dešťová voda je pro tyto nádrže pouze mechanicky přečištěna pomocí podzemní filtrační šachty DN 600 navržené dle plochy střech. Jedná se o efektivní filtraci před akumulací vody. Voda je přiváděna potrubím do filtrační šachty, potrubí je vyvedeno nad košem s otvory 0,35 mm. Poté je voda odvedena potrubím napojeným pod filtračním košem směrem k nádrži. Nádrž AK1 a AK2 jsou samonosné betonové nádrže o objemu 31,25 m<sup>3</sup> a 37,5 m<sup>3</sup>. Jejich nepropustnost zajišťuje použití vodotěsného betonu a to, že je výrobek odlit jako celek bez pracovních spár. Vnější rozměry nádrží činní 2,5x5x2,5 m a 3x5x2,5m, tloušťka dna a stěn je 200 mm. Nádrže musí být opatřeny vstupním otvorem o rozměru 600 x 600 mm pro jejich kontrolu a údržbu, za stejným účelem je v nádržích umístěn žebřík, který umožňuje sestup na dno nádrže. [14] U dna nádrží je umístěné čerpadlo, které v případě potřeby dopravuje vodu do zavlažovacího systému. Ve chvíli, kdy je nádrž naplněna na maximum, vtéká voda potrubím do vsakovacích tunelů (viz kapitola 8.3.2 Vsakovací zařízení). Dále musí být systém připraven i na nedostatek dešťové vody pomocí doplňujícího zdroje a to v tomto případě pitnou vodou. Dle normy ČSN EN 1717 musí být splněn požadavek hygienické ochrany vodovodního řadu a to, že se rozvody užitkové a pitné vody nesmí setkat, aby nemohlo dojít k mísení těchto vod. Pitná voda bude proto doplňována přímo do jímky. Do nádrže se umístí potrubí s přívodem pitné vody k hornímu okraji nádrže nad přepad do vsakovacích tunelů. Přívod pitné vody do nádrže je regulován plovákem s čidlem, které při minimální hladině vody zpustí přívod vody a při maximální hladině ho vypne. Dolní mez hladiny musí být nad čerpadlem užitkové vody, aby čerpadlo nepracovalo na prázdno. Uzavření přívodu pitné vody nastane ve chvíli, kdy je nádrž naplněna přibližně do jedné třetiny objemu, zbytek objemu nádrže se rezervuje pro dešťovou vodu. Návrh zavlažovacího systému není součástí této práce.

**SCHEMA SYSTÉMU VYUŽITÍ DEŠŤOVÉ VODY  
AKUMULAČNÍ NÁDRŽ Č.1, Č.2**



**Poznámky:**

- nádrž s dešťovou vodou musí být označena
- dle ČSN EN 806-2, že voda není pitná, případě o jakou vodu se jedná
- úroveň minimální hladiny při dopouštění pitné vody je těsně nad čerpadlem
- úroveň maximální hladiny při dopouštění pitné vody je cca ve třetině objemu nádrže

Obr. 9.3.2a Schéma akumulční nádrže dešťové vody AK1, AK2

- **Akumulační nádrž AK3**

Z této nádrže je voda dopravována i do stájí, proto pro mechanické čištění je navržena filtrační šachta, která je schopna oddělit počáteční dešť od akumulované vody. Počáteční dešť je nutno separovat vzhledem k tomu, že obsahuje největší znečištění. K tomuto znečištění dochází při průchodu kapek atmosférou, při styku vody s materiálem, na který dopadá na střechu a při omývání střešní plochy například od prachu, pylu, ptačího trusu, po které voda stéká. Filtrační šachta se skládá s akumulční části a z části separační, umístěné u dna. Uprostřed akumulční části je umístěn filtrační válec s malými oky cca 0,35 mm. Dešťová voda je přiváděna do šachty potrubím u horního okraje. Ve spodní části je umístěný odvod znečištěné vody z počátečního deště do vsakovacích tunelů. Dalším potrubím je odváděna voda do akumulční nádrže, z které je voda čerpána do stájí. Na vtoku do tohoto potrubí je umístěno koleno se svislým kusem potrubí, aby voda odtékala až po naplnění šachty. Filtrace je tedy zajištěna tím, že přívod vody je napojen přímo na filtrační koše, který svisle probíhá přes obě části nádrže a který zachytí mechanické nečistoty. Nečistoty se usadí na dno separační části, která je propojena s akumulční částí jen filtračním koše, aby při dalším přívodu vody, nebyly tyto nečistoty vířeny. Separační část musí být pravidelně čištěna. První tři minuty voda přitéká do nádrže a hned odtéká odvodem znečištěné vody do vsakovacích tunelů, až to té doby než se naplní filtrační nádrž a voda začne přetékat do akumulční nádrže. Ve chvíli kdy je nádrž naplněna se uzavře na odvodním potrubí znečištěné vody klapka s časovým čidlem, aby nedocházelo k odvodu čisté vody. Velikost filtrační šachty odpovídá 2-3 minutám průměrného deště. Po této době se předpokládá, že voda nebude vykazovat znečištění z povrchu střech. Výpočet objemu filtrační šachty [15]:

plocha střechy:  $A = 616 \text{ m}^2$ ,

vydatnost deště:  $i = 0,03 \text{ l}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$ ,

součinitel odtoku střechy:  $c = 0,8$ ,

množství vody:  $Q = A \cdot c \cdot i = 14,78 \text{ l/s}$ ,

Objem filtrační šachty se musí rovnat alespoň 3 minutám deště, proto:

objem šachty:  $V_s = Q \cdot t = 14,78 \cdot 180 = 2660 \text{ l}$ .

Velikost akumulční nádrže odpovídá užitkové vodě pro koně, jejich údržbu a zálivku části zeleně. Ovšem ve chvíli, kdy dojde dešťová voda a nádrž byla doplněna pouze vodou pitnou, koně by na tuto změnu mohli negativně reagovat. Pro tento případ je výhodné dešťovou vodu neustále ředit s pitnou vodou, aby koně na chuť vody byli zvyklí. Doplnění vody vodou z řadu bude provedeno stejným způsobem jako u akumulčních nádrží AK1, AK2, jen minimální hladina vody nebude u dna nádrže nad čerpadlem, ale přibližně ve třetině objemu nádrže, aby ve vodě byla vždy přítomna alespoň malá část vody pitné. U dna nádrže je umístěno čerpadlo, které dopravuje vodu do stájí a zavlažovacího systému. Ve chvíli, kdy je nádrž naplněna na maximum, voda odtéká přepadem opět do vsakovacích tunelů, stejně jako u předešlých nádrží.

Potřebný objem nádrže je stanoven:

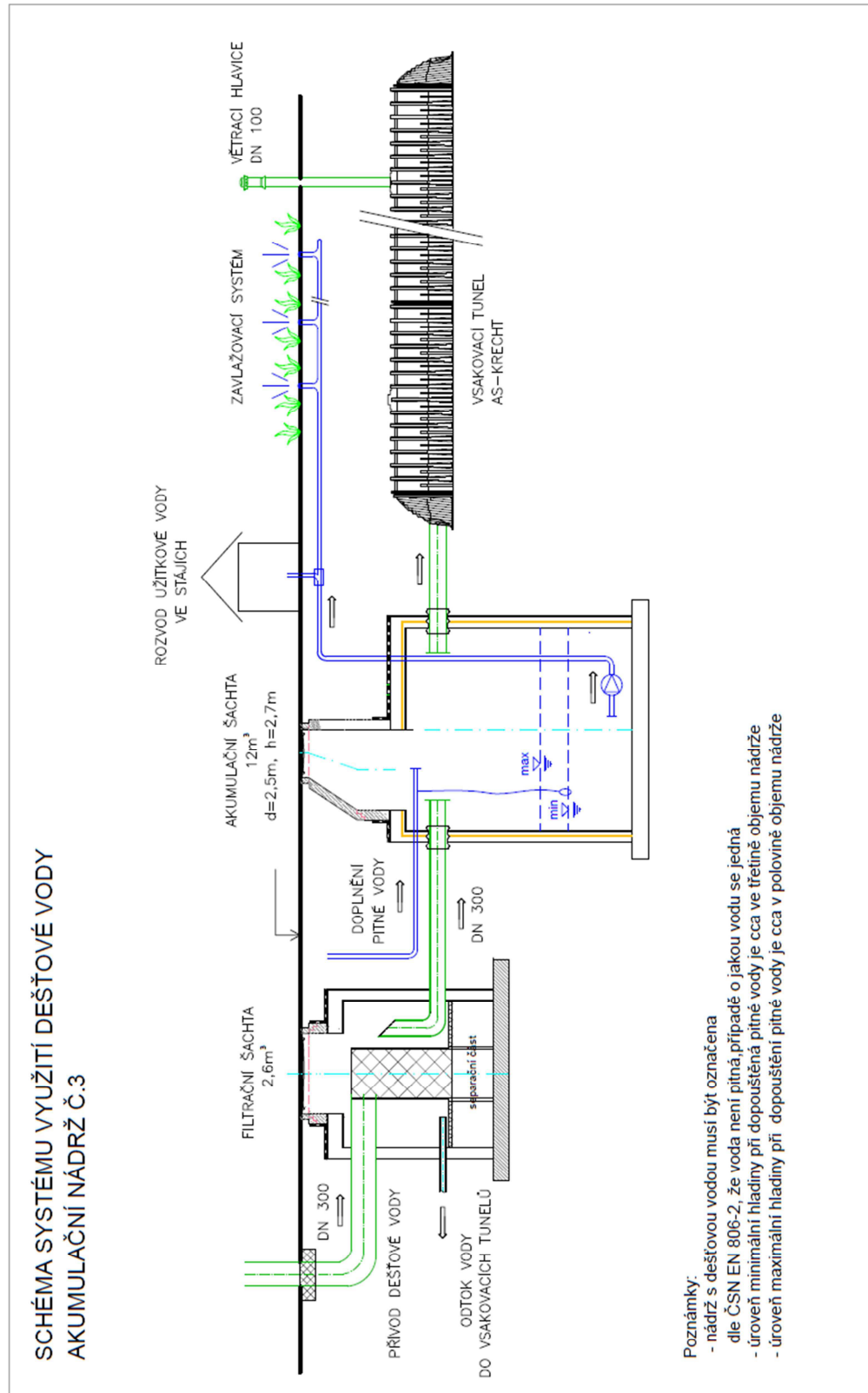
počet koní:  $n = 22$

množství vody:  $Q = 25 \text{ l/den}$

počet bezdeštných dní:  $c = 20$

objem nádrže:  $V_d = n \cdot Q \cdot c = 22 \cdot 25 \cdot 20 = 11\,000 \text{ l} = 11 \text{ m}^3$ .

Obě nádrže budou typizovanými výrovky od firmy Asio, spol. s.r.o. Plastová filtrační nádrž má AS-MONA 2500 VERTICAL objem  $2,610 \text{ m}^3$ , průměr nádrže je  $1350 \text{ mm}$  a výška  $2300 \text{ mm}$ . Akumulační nádrž je typu AS-REWA 12 o objemu  $12,3 \text{ m}^3$ , průměru  $2480 \text{ mm}$  a výšky  $2800 \text{ mm}$  je nesamonosná dvouplášťová konstrukce na vlastním základu tl.  $200 \text{ mm}$ . Jedná se o plastový skelet, který tvoří ztracené bednění výsledné konstrukce. Tento skelet není nikterak staticky zajištěn, proto jeho obetonování přebírá veškeré statické zatížení. Pro přístup do nádrží slouží komínky s poklopem o průměru  $600 \text{ mm}$ . [13]



Obr. 9.3.2b Schéma akumulční nádrže dešťové vody AK3



## 9.3.3 Vsakovací zařízení

Přebytečnou dešťovou vodu je potřeba na pozemku zlikvidovat. K tomuto účelu jsou zvoleny vsakovací tunely, které jsou schopny vodu akumulovat po té vsáknout pomocí volného dna a otvorům v bočních stěnách. Čela tunelů jsou patřena otvorem pro napojení přívodního potrubí. Pro přesný návrh vsakovacích tunelů je potřeba geologický průzkum půdního podloží. Výpočet byl proveden pro každou akumulární nádrž zvlášť a to v dobu maximálního naplnění nádrže. V systému jsou použity vsakovací prvky AS-KRECHT. [16]

Technická data tunelu AS-KRECHT-T 1600:

|                  |                        |
|------------------|------------------------|
| rozměry:         | 2,3x0,81x1,3m (DxVxŠ), |
| efektivní délka: | 2,25 m,                |
| hmotnost:        | 32 kg,                 |
| čistý objem:     | 1600 l.                |



Obr. 9.3.3 Vsakovací tunel AS-KRECHT [16]

Návrh vsakovacích tunelů byl proveden dle ČSN 75 9010 Vsakovací zařízení srážkových vod.

Tab. 9.3.3a Výpočet retenčního objemu akumuláčnických nádrží

| AKUMULAČNÍ NÁDRŽ AK1  |  |                   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|---|--|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| RETENČNÍ OBJEM VSAKOVACÍHO ZAŘÍZENÍ V ZÁVISLOSTI NA ÚHRNU SRÁŽEK S URČITOU DOBOU TRVÁNÍ |  |                   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Místo   | Periodicit<br>a p [rok <sup>-1</sup> ] | Doba trvání deště |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|   |  | [h]               |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|   |  | [min]             | 5    | 10   | 15   | 20   | 30   | 40   | 60   | 120  | 240  | 360  | 480  | 600  | 720  | 1080 | 1440 | 2880 | 4320 |
| Návrhové úhrny srážek [mm]  |  |                   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Plzeňský kraj   | 0,2                                    | 10,2              | 15,0 | 17,6 | 19,2 | 21,4 | 22,8 | 24,9 | 28,6 | 33,0 | 35,3 | 36,9 | 38,2 | 39,0 | 41,2 | 42,6 | 53,6 | 60,1 |      |
| V <sub>vz</sub> [m <sup>3</sup> ]   |  | 9,8               | 14,4 | 16,9 | 18,4 | 20,4 | 21,6 | 23,4 | 26,2 | 29,0 | 29,7 | 29,7 | 29,5 | 28,7 | 26,3 | 23,1 | 15,5 | 3,6  |      |
| V <sub>vz,MAX</sub> [m <sup>3</sup> ]   |  | 29,7              |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| AKUMULAČNÍ NÁDRŽ AK2  |  |                   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| RETENČNÍ OBJEM VSAKOVACÍHO ZAŘÍZENÍ V ZÁVISLOSTI NA ÚHRNU SRÁŽEK S URČITOU DOBOU TRVÁNÍ |  |                   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Místo   | Periodicit<br>a p [rok <sup>-1</sup> ] | Doba trvání deště |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|   |  | [h]               |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|   |  | [min]             | 5    | 10   | 15   | 20   | 30   | 40   | 60   | 120  | 240  | 360  | 480  | 600  | 720  | 1080 | 1440 | 2880 | 4320 |
| Návrhové úhrny srážek [mm]  |  |                   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Plzeňský kraj   | 0,2                                    | 10,2              | 15,0 | 17,6 | 19,2 | 21,4 | 22,8 | 24,9 | 28,6 | 33,0 | 35,3 | 36,9 | 38,2 | 39,0 | 41,2 | 42,6 | 53,6 | 60,1 |      |
| V <sub>vz</sub> [m <sup>3</sup> ]   |  | 10,9              | 16,1 | 18,8 | 20,6 | 22,9 | 24,4 | 26,7 | 30,6 | 35,3 | 37,8 | 39,5 | 40,9 | 41,8 | 44,1 | 45,6 | 57,4 | 64,4 |      |
| V <sub>vz,MAX</sub> [m <sup>3</sup> ]   |  | 64,4              |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| AKUMULAČNÍ NÁDRŽ AK3  |  |                   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| RETENČNÍ OBJEM VSAKOVACÍHO ZAŘÍZENÍ V ZÁVISLOSTI NA ÚHRNU SRÁŽEK S URČITOU DOBOU TRVÁNÍ |  |                   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Místo   | Periodicit<br>a p [rok <sup>-1</sup> ] | Doba trvání deště |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|   |  | [h]               |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|   |  | [min]             | 5    | 10   | 15   | 20   | 30   | 40   | 60   | 120  | 240  | 360  | 480  | 600  | 720  | 1080 | 1440 | 2880 | 4320 |
| Návrhové úhrny srážek [mm]  |  |                   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Plzeňský kraj   | 0,2                                    | 10,2              | 15,0 | 17,6 | 19,2 | 21,4 | 22,8 | 24,9 | 28,6 | 33,0 | 35,3 | 36,9 | 38,2 | 39,0 | 41,2 | 42,6 | 53,6 | 60,1 |      |
| V <sub>vz</sub> [m <sup>3</sup> ]   |  | 3,8               | 5,5  | 6,5  | 7,1  | 7,9  | 8,4  | 9,2  | 10,6 | 12,2 | 13,0 | 13,6 | 14,1 | 14,4 | 15,2 | 15,7 | 19,8 | 22,2 |      |
| V <sub>vz,MAX</sub> [m <sup>3</sup> ]   |  | 22,2              |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |

Tab. 9.3.3b Návrh vsakovacího zařízení AK1

| Návrh vsakovacího zařízení pro akumulční nádrž AK1   |                             |                            |
|--|-----------------------------|----------------------------|
| celková odvodňovaná plocha   | A=                          | 1617 m <sup>2</sup>        |
| periodicita srážek   | p=                          | 0,2 rok <sup>-1</sup>      |
| navrhovaný úhrn srážek   | h <sub>d</sub> =            | 38,2 mm                    |
| doba trvání srážky   | t <sub>c</sub> =            | 600 min                    |
| koeficient vsaku (elehlý hlinitý písek)  | k <sub>v</sub> =            | 0,000005 m/s               |
| součinitel bezpečnosti vsaku   | f=                          | 2 [-]                      |
| součinitel odtoku srážkových vod   | ψ=                          | 0,6 [-]                    |
| Redukovaná odvodňovaná plocha  | A <sub>red</sub> =          | 970,2 m <sup>2</sup>       |
| $A_{vsak} = L \cdot b' = L \cdot \left( \frac{h_{vz}}{2} + b \right)$  |                             |                            |
| <b>Vsakovací tunely Garantia Twin</b>  |                             |                            |
|  | L=                          | 2,25 m                     |
|  | h=                          | 0,81 m                     |
|  | b=                          | 1,3 m                      |
| počet kusů v řadě za sebou   |                             | 22 ks                      |
| <b>Vsakovací plocha:</b>   | <b>A<sub>vsak</sub>=</b>    | <b>84,40 m<sup>2</sup></b> |
| <b>Retenční objem vsakovacího zařízení:</b>  |                             |                            |
| $V_{vz} = \frac{h_d}{1000} \cdot (A_{red} + A_{vz}) - \frac{1}{f} \cdot k_v \cdot A_{vsak} \cdot t_c \cdot 60$ |                             |                            |
| <b>V<sub>vz</sub>=</b>   | <b>29,724 m<sup>3</sup></b> |                            |
| <b>Doba prázdnění:</b>   |                             |                            |
| $T_{pr} = \frac{f \cdot V_{vz}}{k_v \cdot A_{vsak}}$   |                             |                            |
| <b>T<sub>pr</sub>=</b>   | <b>39,13 hod</b>            |                            |
| <b>T<sub>pr,max</sub>=</b>   | <b>72 hod</b>               |                            |
| <b>T<sub>pr</sub> &lt; T<sub>pr,max</sub></b>  |                             |                            |
| <b>39,13</b>   | <b>&lt;</b>                 | <b>72 hod-&gt;</b>         |
| <b>VYHOVUJE</b>  |                             |                            |
| <b>NÁVRH</b>   | <b>22 KS</b>                | <b>VSAKOVACÍCH TUNELŮ</b>  |

Tab. 9.3.3c Návrh vsakovacího zařízení AK2

| Návrh vsakovacího zařízení pro akumulární nádrž 2  |                             |                            |
|--|-----------------------------|----------------------------|
| celková odvodňovaná plocha   | A=                          | 1785 m <sup>2</sup>        |
| periodicita srážek   | p=                          | 0,2 rok <sup>-1</sup>      |
| navrhovaný úhrn srážek   | h <sub>d</sub> =            | 36,9 mm                    |
| doba trvání srážky   | t <sub>c</sub> =            | 480 min                    |
| koeficient vsaku (elehlý hlinitý písek)  | k <sub>v</sub> =            | 0,000005 m/s               |
| součinitel bezpečnosti vsaku   | f=                          | 2 [-]                      |
| součinitel odtoku srážkových vod   | ψ=                          | 0,6 [-]                    |
| Redukovaná odvodňovaná plocha  | A <sub>red</sub> =          | 1071 m <sup>2</sup>        |
| $A_{vsak} = L \cdot b' = L \cdot \left( \frac{h_{vz}}{2} + b \right)$  |                             |                            |
| <b>Vsakovací tunely Garantia Twin</b>  |                             |                            |
|  | L=                          | 2,25 m                     |
|  | h=                          | 0,81 m                     |
|  | b=                          | 1,3 m                      |
| počet kusů v řadě za sebou   |                             | 25 ks                      |
| <b>Vsakovací plocha</b>  | <b>A<sub>vsak</sub>=</b>    | <b>95,91 m<sup>2</sup></b> |
| <b>Retenční objem vsakovacího zařízení:</b>  |                             |                            |
| $V_{vz} = \frac{h_d}{1000} \cdot (A_{red} + A_{vz}) - \frac{1}{f} \cdot k_v \cdot A_{vsak} \cdot t_c \cdot 60$ |                             |                            |
| <b>V<sub>vz</sub>=</b>   | <b>32,627 m<sup>3</sup></b> |                            |
| <b>Doba prázdnění:</b>   |                             |                            |
| $T_{pr} = \frac{f \cdot V_{vz}}{k_v \cdot A_{vsak}}$   |                             |                            |
| <b>T<sub>pr</sub>=</b>   | <b>37,80 hod</b>            |                            |
| <b>T<sub>pr,max</sub>=</b>   | <b>72 hod</b>               |                            |
| <b>T<sub>pr</sub> &lt; T<sub>pr,max</sub></b>  |                             |                            |

|       |   |       |                    |          |
|-------|---|-------|--------------------|----------|
| 37,80 | < | 72    | hod->              | VYHOVUJE |
| NÁVRH |   | 25 KS | VSAKOVACÍCH TUNELŮ |          |

Tab. 9.3.3d Návrh vsakovacího zařízení AK3

| Návrh vsakovacího zařízení pro akumulční nádrž 3   |                             |                            |
|--|-----------------------------|----------------------------|
| celková odvodňovaná plocha   | A=                          | 616 m <sup>2</sup>         |
| periodicita srážek   | p=                          | 0,2 rok <sup>-1</sup>      |
| navrhovaný úhrn srážek   | h <sub>d</sub> =            | 38,2 mm                    |
| doba trvání srážky   | t <sub>c</sub> =            | 600 min                    |
| koeficient vsaku (elehlý hlinitý písek)  | k <sub>v</sub> =            | 0,000005 m/s               |
| součinitel bezpečnosti vsaku   | f=                          | 2 [-]                      |
| součinitel odtoku srážkových vod   | ψ=                          | 0,6 [-]                    |
| Redukovaná odvodňovaná plocha  | A <sub>red</sub> =          | 369,6 m <sup>2</sup>       |
| $A_{vsak} = L \cdot b' = L \cdot \left( \frac{h_{vz}}{2} + b \right)$  |                             |                            |
| <b>Vsakovací tunely Garantia Twin</b>  |                             |                            |
|  | L=                          | 2,25 m                     |
|  | h=                          | 0,81 m                     |
|  | b=                          | 1,3 m                      |
| počet kusů v řadě za sebou   |                             | 9 ks                       |
| <b>Vsakovací plocha</b>  | <b>A<sub>vsak</sub>=</b>    | <b>34,53 m<sup>2</sup></b> |
| <b>Retenční objem vsakovacího zařízení</b>   |                             |                            |
| $V_{vz} = \frac{h_d}{1000} \cdot (A_{red} + A_{vz}) - \frac{1}{f} \cdot k_v \cdot A_{vsak} \cdot t_c \cdot 60$ |                             |                            |
| <b>V<sub>vz</sub>=</b>   | <b>11,182 m<sup>3</sup></b> |                            |
| <b>Doba prázdnění</b>  |                             |                            |
| $T_{pr} = \frac{f \cdot V_{vz}}{k_v \cdot A_{vsak}}$   |                             |                            |
| <b>T<sub>pr</sub>=</b>   | <b>35,99 hod</b>            |                            |

|                       |        |    |                    |
|-----------------------|--------|----|--------------------|
| $T_{pr,max} =$        | 72 hod |    |                    |
| $T_{pr} < T_{pr,max}$ |        |    |                    |
| 35,99                 | <      | 72 | hod-> VYHOVUJE     |
| NÁVRH                 | 9      | KS | VSAKOVACÍCH TUNELŮ |

## 10. Závěr

Tato práce se zabývala návrhem zpětného využívání odpadních vod v areálu Hipocentra. Cílem bylo stanovit celkovou produkci a spotřebu šedých vod v jednotlivých budovách areálu, navrhnout jejich vhodné uplatnění zpět v budovách popřípadě na okolním pozemku. Dále je zde popsán systém čištění šedých vod, který byl navrhnout přímo pro budovu Restaurace s hotelem. Jak se ukázalo v této budově je největší produkce šedých vod, ale také největší spotřeba užitkové vody. Velké plochy střech na budovách zajišťují dostatečné množství dešťové vody pro zavlažování okolní zeleně a vodu potřebnou ve stájích. Pro tyto účely byl zde proveden návrh přefiltrování a akumulace této vody.

## 11. Použití literatura

- [1] VTEI [online]. 2016 [cit. 2017-05-06]Odpadní voda – odpad nebo poklad? Dostupné z WWW: <<http://www.vtei.cz/2016/04/odpadni-voda-odpad-nebo-poklad/>>
- [2] BIELA, Renata. Kvalita šedých vod a možnost jejich využití. TZB-info [online]. 2011 [cit. 2017-05-06]. Dostupné z WWW:< <http://voda.tzb-info.cz/8097-kvalita-sedych-vod-a-moznost-jejich-vyuziti>>
- [3] DVOŘÁKOVÁ, Denisa. Využívání dešťové vody (I) – kvalita a čištění. TZB-info [online]. 2007 [cit. 2017-05-06]. Využití dešťové vody (I) – kvalita a čištění. Dostupné z WWW:<http://voda.tzb-info.cz/destova-voda/3902-vyuzivani-destove-vody-i-kvalita-a-cisteni>
- [4] ČSN 75 9010. Vsakovací zařízení srážkových vod. Český normalizační institut, 2012.
- [5] PLOTNĚNÝ, K.. *Využití šedých a dešťových vody v budovách*. TZB-info [online]. 2013 [cit. 2017-05-06]. Dostupné z WWW:< <http://voda.tzb-info.cz/destova-voda/10121-vyuziti-sedych-a-destovych-vod-vbudovach>>
- [6] Asio, spol. s.r.o. [online]. Stanovení produkce šedé vody. [cit. 2017-05-09] Dostupné z WWW: [http://www.asio.cz/?download=/\\_vypocet-sede-vody/vypocet\\_stanoveni-produkce-sede-vody-2016.xlsx](http://www.asio.cz/?download=/_vypocet-sede-vody/vypocet_stanoveni-produkce-sede-vody-2016.xlsx)
- [7] POJAR, Petr. Akumulační nádrž lze instalovat i pod zem. ČESKÉ STAVBY.CZ. 2012 [cit. 2017-05-09] Dostupné z WWW:< <http://www.ceskestavby.cz/clanky/akumulazni-nadrz-lze-instalovat-i-pod-zem-21141.html>>
- [8] Jezdectví [online]. 2014 [cit. 2017-05-09]. Kůň a voda. Dostupné z WWW:<<http://www.jezdectvi.cz/kategorie.aspx/zajimavosti/clanek/o-cem-jsme-take-psali-kun-a-voda>>
- [9] E-mailová korespondence s Ing. Vladimírem Jirmusem [online], 11.4.2017

- [10] Asio, spol. s.r.o. [online]. [cit. 2017-05-09] AS-PURAIN. Dostupné z WWW: <<http://www.asio.cz/cz/as-purain>>
- [11] Asio, spol. s.r.o. 2014[online]. [cit. 2017-05-09] Membránové procesy při úpravě vod. Dostupné z WWW: <http://www.asio.cz/cz/247.membranove-procesy-pri-uprave-vod>
- [12] Asio, spol. s.r.o. [online]. [cit. 2017-05-09] AS-RAINMASTER FAVORIT. Dostupné z WWW: <<http://www.asio.cz/cz/as-rainmaster-favorit>>
- [13] Asio, spol. s.r.o. [online]. 2016 [cit. 2017-05-09] Program využití srážkových vod AS-REWA. Dostupné z WWW: <[http://www.asio.cz/?download=\\_/materialy-as-rewa/pip\\_rewa\\_v2016\\_11\\_10.pdf](http://www.asio.cz/?download=_/materialy-as-rewa/pip_rewa_v2016_11_10.pdf)>
- [14] Fusch Prefabrikace [online]. 2017 [cit. 2017-05-10] Velkoobjemové nádrže. Dostupné z WWW:< <http://www.dywidag-beton.cz/velkoobjemove-nadrze>>
- [15] Nicoll. [online]. [cit. 2017-05-09] Filtrační šachta. Dostupné z WWW: <http://www.nicoll.cz/produkty/destova-voda/vsakovani-a-retence/filtracni-sachty.html>>
- [16] Asio, spol. s.r.o. [online]. [cit. 2017-05-09] AS-KRECHT. Dostupné z WWW: <http://www.asio.cz/cz/as-krecht-link>

Další použité zdroje:

<http://www.nicoll.cz/technicka-podpora/technicke-katalogy.html>

<http://www.dywidag-beton.cz/velkoobjemove-nadrze>

<https://www.siko.cz/en/bathrooms/wc-pans-bidets-urinals/concealed-toilet-cisterns/geberit-tank-for-the-wc-for-built-in-installation/product/sikoag0300>

<http://www.energie123.cz/elektrina/ceny-elektricke-energie/cena-1-kwh/>

[http://www.thermotip.com/produkty/data/tipex-katalog\\_list-txi-sf-cz.pdf](http://www.thermotip.com/produkty/data/tipex-katalog_list-txi-sf-cz.pdf)

[http://www.rockwool.cz/produkty-a-reseni/u/5263/technicke-izolace-pro-technicka-zarizeni-budov-\(tzb\)/klimafix](http://www.rockwool.cz/produkty-a-reseni/u/5263/technicke-izolace-pro-technicka-zarizeni-budov-(tzb)/klimafix)

[http://www.isover.cz/sites/isover.cz/files/assets/documents/tl\\_cz\\_izolacni\\_pouzdro\\_2016\\_11.pdf](http://www.isover.cz/sites/isover.cz/files/assets/documents/tl_cz_izolacni_pouzdro_2016_11.pdf)

<http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/44-tepelna-ztrata-potrubi-s-izolaci-kruhoveho-prurezu>



<https://products.ecc.emea.honeywell.com/cz/pdf/v1810klcz01r1207.pdf>

<http://www.convertworld.com/cs/tlak/metru-vodniho-sloupce.html>

<http://www.aquatech.cz/cs-do-gravitacni-kanalizace-1404041833.html>

<http://www.vtei.cz/2016/04/odpadni-voda-odpad-nebo-poklad/>

<https://www.tzb-energie.cz/kanalizace>

<http://www.kanalizacezplastu.cz/>

## Seznam tabulek

|   |    |
|---|----|
| Tab. 6.2a Výpočet produkce šedých vod.....                          | 17 |
| Tab. 6.2b Výpočet produkce dešťové vody.....                        | 18 |
| Tab. 6.3a Výpočet potřeby šedé vody.....                            | 19 |
| Tab. 6.3b Výpočet vody pro zavlažování.....                         | 20 |
| Tab. 9.3.2 Výpočet objemu akumulčních nádrží pro dešťovou vodu..... | 32 |
| Tab. 9.3.3a Výpočet retenčního objemu akumulčních nádrží.....       | 38 |
| Tab. 9.3.3b Návrh vsakovacího zařízení AK1.....                     | 39 |
| Tab. 9.3.3c Návrh vsakovacího zařízení AK2.....                     | 40 |
| Tab. 9.3.3d Návrh vsakovacího zařízení AK3.....                     | 41 |

## Seznam obrázků

|  |    |
|--|----|
| Obr. 4.1 Schéma typů odpadních vod .....   | 9  |
| Obr. 5.1 Schéma jednotné a oddílné veřejné kanalizace.....                               | 12 |
| Obr. 5.2 Schéma veřejné kanalizace a využití vody na pozemku.....                        | 12 |
| Obr. 5.3 Schéma odvedení odpadních vod do ČOV .....                                      | 13 |
| Obr. 5.4 Schéma odvodu odpadních vod do čistírny šedých vod.....                         | 14 |
| Obr. 5.5 Schéma odvodu odpadních vod do čistírny šedých vod a její využití na pozemku... | 14 |
| Obr. 8 Schéma využití odpadních vod v areálu Hipocentra .....                            | 22 |
| Obr. 9.2 Obecné schéma zapojení čistírny šedých vod [9].....                             | 25 |
| Obr. 8.2.4 Mechanický filtr [10] .....   | 26 |

|  |    |
|--|----|
| Obr. 9.2.8a Graf sací části čerpadla automatické tlakové stanice [12].....     | 30 |
| Obr. 9.2.8b Graf výtláčné části čerpadla automatické tlakové stanice [12]..... | 30 |
| Obr. 9.3.2a Schéma akumulční nádrže dešťové vody AK1, AK2.....                 | 34 |
| Obr. 9.3.2b Schéma akumulční nádrže dešťové vody AK3.....                      | 37 |
| Obr. 9.3.3 Vsakovací tunel AS-KRECHT [16].....                                 | 38 |