

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

KATEDRA VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ A
ENVIROMENTÁLNÍHO MODELOVÁNÍ



**Studie odvádění a čištění odpadních vod v místní části
Tábora, Stoklasná Lhota**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Bakalant: Ondřej Sláma

Vedoucí práce: Ing. Marcela Synáčková, CSc.

2023/2024

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: Studie odvádění a čištění odpadních vod v místní části Tábora, Stoklasná Lhota, vypracoval samostatně a citoval jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použil a které jsem rovněž uvedl na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědom, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědom, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR

V Praze dne 19. 3. 2024

.....

Poděkování

Tímto chci poděkovat vedoucí mé bakalářské práce, Ing. Marcele Synáčkové, CSc., za vřelý přístup a ochotu při vedení této práce. Dále také děkuji své rodině za projevenou podporu během celého mého studia. A nakonec děkuji společnosti Aqua Procon s.r.o., jmenovitě p. Ing. Aleši Muchovi za poskytnutí podkladů k práci a p. Janu Krátoškovi za konzultace během psaní této práce.

V Praze dne 19. 3. 2024

.....

Abstrakt

Účelem této bakalářské práce je zpracovat základní problematiku odvádění a čištění odpadních vod. Práce je rozdělena do dvou částí. První část, literární rešerše, je věnována obecnému seznámení čtenáře s odváděním a čištěním odpadních vod. Část druhá popisuje již konkrétní řešení studie pro návrh kanalizační sítě pro konkrétní obec. Vzhledem ke složitosti a obsáhlosti tohoto tématu jsou v práci popsány pouze obecné a základní informace. Následný popis studie je věnován pouze části návrhu kanalizace, popis návrhu vodovodu a příslušných objektů je vynechán.

Zájmovou oblastí pro druhou část práce je městská část Tábora, Stoklasná Lhota. Obec se nachází přibližně 2 km severně od Tábora na východní straně dálnice D3.

Přínos práce spatřuji v ucelení základních informací o tématu odvádění a čištění odpadních vod. Dále pak v prezentaci konkrétní studie návrhu kanalizace v obci ze skutečné projekční praxe.

Klíčová slova:

stokové sítě, odpadní vody, čistírna odpadních vod, studie návrhu kanalizace

Abstract

The purpose of this bachelor thesis is to elaborate the basic issues of wastewater disposal and treatment. The thesis is divided into two parts. The first part, the literature search, is devoted to a general introduction of the reader to wastewater disposal and treatment. The second part describes the already specific solutions of the study for the design of a sewerage network for a specific municipality. Due to the complexity and scope of this topic, only general and basic information is described in the thesis. The subsequent description of the study is devoted only to the sewerage system design part, the description of the water supply system design and the relevant facilities is omitted.

The area of interest for the second part of the thesis is the urban area of Tábor, Stoklasná Lhota. The village is located approximately 2 km north of Tábor on the eastern side of the D3 motorway.

I see the contribution of the thesis in the consolidation of basic information on the topic of wastewater disposal and treatment. Furthermore, I present a concrete study of the sewerage system design in the village from actual design practice.

Keywords:

sewer networks, wastewater, wastewater treatment plant, sewage design study

Obsah

1	Úvod.....	11
2	Cíle práce	11
3	Historie vodárenství a stokování.....	12
3.1	Starověké civilizace	12
3.2	Starověký Řím.....	13
3.3	Období středověku	13
3.4	Historie vodního hospodářství v Českých zemích	14
4	Legislativa	15
5	Odvodnění a stokování urbanizovaných území.....	16
6	Odpadní vody	16
6.1	Druhy odpadních vod.....	17
6.2	Látky obsažené ve vodě	18
6.3	Ukazatele znečištění odpadních vod	18
7	Koncepce odvodňování	19
7.1	Klasická koncepce.....	19
7.2	Moderní koncepce.....	20
7.3	Emisní strategie.....	20
7.4	Imisní strategie.....	21
8	Stokové soustavy	21
8.1	Jednotná stoková soustava	21
8.2	Oddílná stoková soustava.....	22
8.3	Kombinovaná stoková soustava.....	23
8.4	Stokové soustavy podle způsobu dopravy splašků	23
8.4.1	<i>Gravitační kanalizace</i>	<i>23</i>
8.4.2	<i>Tlaková kanalizace.....</i>	<i>24</i>
8.4.3	<i>Podtlaková kanalizace</i>	<i>24</i>
8.4.4	<i>Pneumatická doprava.....</i>	<i>25</i>
8.5	Stokové systémy podle prostorového uspořádání	25
8.5.1	<i>Větvný systém</i>	<i>25</i>
8.5.2	<i>Úchytný systém.....</i>	<i>25</i>
8.5.3	<i>Pásmový systém.....</i>	<i>26</i>
8.5.4	<i>Radiální (dostředný) systém.....</i>	<i>26</i>
8.6	Výstavba stokových sítí	26
8.7	Zásady výstavby a vedení stokových sítí	27

8.8	Směrové vedení stok	27
8.9	Výškové uspořádání stok	28
9	Materiály stok.....	28
9.1	Kameninové trouby	29
9.2	Betonové a železobetonové trouby	29
9.3	Trouby z tvárné litiny	29
9.4	Trouby z PE.....	30
9.5	Trouby z PVC.....	30
9.6	Trouby z PP	31
9.7	Sklolaminátové trouby	32
10	Objekty na stokové síti	32
10.1	Šachty	32
10.2	Dešťové vpusti	33
10.3	Lapače splavenin	33
10.4	Proplachovací šachty	34
10.5	Spadiště	34
10.6	Skluzy	34
10.7	Shybky	34
10.8	Odlehčovací komory (dešťové oddělovače)	34
10.9	Kanalizační přípojky	35
10.10	Separátory	35
10.11	Dešťové nádrže	36
10.12	Čerpací stanice	36
10.13	Výustní objekty	36
11	Čištění odpadních vod v ČOV.....	36
11.1	Pojem ekvivalentní obyvatel	37
11.2	Podklady pro návrh ČOV	38
11.3	Způsob návrhu ČOV	38
12	Způsoby čištění odpadních vod.....	38
12.1	Mechanické čištění	38
12.1.1	<i>Objekty pro mechanické čištění.....</i>	<i>39</i>
12.2	Biologické procesy	39
12.3	Aerobní procesy	40
12.3.1	<i>Objekty pro aerobní biologické čištění</i>	<i>40</i>
12.4	Anaerobní proces	40
13	Kalové hospodářství.....	41
13.1	Způsob nakládání s kaly	41

14	Charakteristika studijního území.....	41
15	Metodika	43
16	Současný stav řešené problematiky	43
17	Varianty návrhu studie	44
17.1	Varianta 1	44
17.2	Varianta 2	45
17.3	Varianta 3	45
17.4	Varianta 4	45
18	Hodnocení variant.....	45
18.1	Varianta 1	45
18.2	Varianta 2	46
18.3	Varianta 3	46
18.4	Varianta 4	46
18.5	Výsledky	47
19	Popis vybrané varianty	47
19.1	Kmenová stoka A	48
19.2	Stoka B.....	49
19.3	Stoka C.....	49
19.4	Navrhovaná ČOV.....	50
19.4.1	<i>Mechanické předčištění.....</i>	<i>50</i>
19.4.2	<i>Biologické čištění.....</i>	<i>51</i>
19.4.3	<i>Parametry ČOV.....</i>	<i>51</i>
20	Investiční náklady	52
21	Diskuse	54
22	Závěr.....	55
23	Fotodokumentace území.....	57
24	Použité zdroje	60
24.1	Použitá literatura	60
24.2	Internetové zdroje.....	61
24.3	Technické normy	62
24.4	Ostatní zdroje	62
25	Seznam příloh.....	62

1 Úvod

Vstupem do Evropské unie se Česká republika zavázala zajistit odvádění a čištění odpadních vod v souladu s evropskými normami ve všech městech nad 2000 obyvatel do roku 2010. Díky tomu se během minulých dvaceti let významně zvýšil podíl vypouštěných vyčištěných odpadních vod. Stále se ale objevují převážně malé obce, které na vybudování kanalizační sítě a čistírny odpadních vod nemají dostatek finančních prostředků, nebo jejich vybudování brání jiné technické překážky. V těchto obcích se dnes často stále nachází z dnešních pohledů již nevyhovující kanalizační systémy z 20. století. Problematikou budování kanalizační sítě v malé obci s kanalizačním systémem z minulého století se věnuje tato práce ve své druhé části.

Závazky ohledně čištění a odvádění odpadních vod se stále zpřísňují a do budoucna je možné dále počítat s jejich zpřísňováním v rámci zachování čistého životního prostředí, čistých povrchových i podzemních vod, které jsou pro moderní společnost naprosto zásadní surovinou a je nutné dbát veliký důraz na zachování jejich kvality.

2 Cíle práce

Následující bakalářská práce je rozdělena do dvou částí. První část práce, literární rešerše, má za cíl seznámit čtenáře se základními informacemi o tématu odkanalizování území a čištění odpadních vod. Část první je vypracována za pomoci českých i zahraničních odborných zdrojů.

Ve druhé části je cílem posouzení a srovnání jednotlivých variant ze studie návrhu kanalizace. Dále se práce věnuje výsledné zvolené variantě odkanalizování obce Stoklasná Lhota, zohledňuje jednotlivé stoky, nově plánovanou ČOV, hydrogeologickým podmínkám v trasách jednotlivých stok a odhadům investičních nákladů na stavbu kanalizace a ČOV.

3 Historie vodárenství a stokování

3.1 Starověké civilizace

Potřeba nakládat a hospodařit s vodami se datuje až do nejstarších civilizací tisíce let do naší historie. Tehdejším primárním úkolem bylo zajištění dostatečného množství vody pro potřeby zemědělství ve formě závlah. V tehdejších městských systémech bylo také nutné zajistit odvod odpadních vod z jejich území a zajištění vody pitné.

Civilizací, které by bylo možné podrobně popsat, je velké množství. Proto zde zmíním alespoň některé. Za takovou zmínku určitě stojí civilizace mezi řekou Eufrat a Tigris, v Mezopotámii. Zde sloužila zejména řeka Tigris k potřebě zavlažování zemědělských ploch. Archeologové se domnívají, že právě pro potřeby závlah byla kolem roku 2500 před Kristem vybudována nedaleko města Samarry v Iráku Nimrudská nebo Mardukská přehrada.

Jako další bych zmínil civilizaci ještě více na východ, protože se jedná o jeden z nejstarších důkazů počátků zemědělského hospodaření (pěstování plodin a chov domácích zvířat). Pochází z doby 7000 až 2500 let před Kristem a nachází se v dnešní provincii Balúčistán v Pákistánu. Archeologické nálezy dokazují, že tehdejší lidé se naučili efektivně využívat dešťové vody jejich zachytáváním v retenčních prostorách, a to jak pro účely závlah, tak i pro jiné přínosy.

Podobnou závlahovou infrastrukturu můžeme nalézt i v Latinské Americe pocházející z období 2500 před Kristem až 1540 našeho letopočtu. Nacházely se zde jak kolektory vody z pramenů, tak i hlavní vodní kanál pro dopravu vody do určených míst nebo také vodní fontány.

Rozsáhlé a významné nálezy nacházíme i v oblasti Středoziemního moře. Zde bylo významné počínání Řeků, Egyptanů či později Římanů.

Dodnes se dochovaly značné nálezy vodohospodářské infrastruktury v antických městech jako jsou Athény, Samos, Olympia, Milét, nebo v Alexandrii. Byla zde budována vodovodní potrubí, veřejné záchodky nebo také systémy odvodňovacích kanálů. Mínojská civilizace za sebou na ostrově Kréta zanechala systém po sobě návazných nádrží a malých přehrad. Ty byly budovány z masivních kamenných bloků nebo sypaných hrází. Podobné závlahové systémy se nacházely v Egyptě. Zde můžeme nalézt systémy vyvýšených nádrží, které se plnily při povodňových událostech a voda z nich byla využita pro závlahy v suchých obdobích. (Baba a kol. 2018)

3.2 Starověký Řím

V období starověkého Říma dosáhla jeho vodohospodářská infrastruktura i z pohledu dnešní doby opravdu propracované technické úrovně. Římané totiž považovali vodu i její zdroje za posvátné.

Velmi známé stavby tohoto období jsou akvadukty. Přesto není Řím první civilizací, která akvadukty stavěla a používala (je znám např. akvadukt Jerwan, království Asýrie, 700 let před Kristem, zásobování Athén čtyřmi akvadukty a jiné.). (Havlínek a kol. 2000)

Město spoléhalo na téměř 500 kilometrů různých přivaděčů vody, jejichž součástí byly nejen akvadukty, ale i různé tunely nebo jiné kanály. Hlavním účelem staveb byla pravidelná dodávka čisté vody z pramenů do města, která byla využívána jak pro pitné účely, tak i pro účely lázeňství nebo pro městské fontány. Všechna voda byla přiváděna gravitačně. První akvadukt Aqua Appia byl vybudován v roce 310 před Kristem. Následovaly ho další jako třeba Aqua Marcia, Aqua Tepula, Aqua Julia a další. (Aicher 1995)

Pro představu, Aqua Appia měřil 16 167 km a jeho převýšení bylo pouze 8 m v celé délce. Což znamenalo, že převýšení na 100 m činilo pouze 50 mm, přičemž akvadukt musel kopírovat okolní terén nejen v rovině. (Taylor 2000)

V oblasti stokování se stala velmi známou tehdy největší stoka Cloaca maxima. Vybudována byla v 6. století před Kristem, přičemž její trasa vedla přímo středem města. Většina domů ovšem nebyla napojena na systém kanalizace a zpracování splašků se provádělo pomocí kýblů. (Havlínek a kol. 2000)

3.3 Období středověku

Toto období se nese ve znamení postupného upadání základních konceptů hygieny, které byly ve starověku známy. Kýble s exkrementy se vylévaly na ulici nebo do blízkosti zdrojů pitné vody. Těmi byly například fontány, díky čemuž docházelo k mnoha závažným epidemiím různých nemocí.

Období velmi špatné hygieny trvalo mnoho staletí až do konce 19. století. V této době se začínají budovat první stokové městské sítě, jako například síť Pařížská za vlády Napoleona III. S tím však neustával problém epidemií. Splaškové vody se totiž bez jakéhokoliv čištění pouštěly přímo do řek, které sloužily jako zdroje vody. Až v roce 1859 se v Londýně rozhodlo o vybudování čistírny odpadních vod. Zároveň

s tím se v první polovině 19. století pracovalo na vývoji pískové filtrace. (Havlínek a kol. 2000)

3.4 Historie vodního hospodářství v Českých zemích

Vývoj tohoto odvětví se na našem území v období středověku nijak nelišil od vývoje v okolní Evropě. Velká města tehdejší doby spoléhala na zdroje vody, kterými byly řeky (a později i studny, jímky nebo zachycená dešťová voda) a odpadní voda se vylévala na chodníky nebo se odvážela za města.

Během 12. až 14. století vzniká v Praze několik vodovodních gravitačních vodovodů, které měly za úkol přivádět vodu z pramenů pro kláštery (Strahovský a Zbraslavský), pro Pražský hrad nebo pro veřejné účely do městských kašen.

K velkému rozvoji vodárenství dochází mezi 14. a 16. stoletím v období renesance. V této době dochází k vývoji nových postupů pokládání potrubí, k výstavbě vodních věží (např. Čáslav, Klatovy, Praha) nebo k výstavbě nových gravitačních vodovodů. V Hradci Králové, Táboru nebo Chrudimi byly vystavěny vodní nádrže do městského opevnění. Velká část staveb vybudovaných v tomto období sloužila bez velkých změn a přestaveb až do 19. století. (Jásek a kol. 1997)

Renesanční a středověká vodovodní infrastruktura v Praze se nachází ve špatném stavu. Jednak díky stáří a použitému materiálu, ale také díky četným požárům v průběhu let. Budování stokové sítě je v první polovině 19. století na počátku. V letech 1818–1828 dochází v Praze k vybudování prvních 44 kilometrů stokové sítě. V roce 1865 vzniká úřad pro správu Pražských kanalizací.

V Evropě se v průběhu druhé poloviny 19. století začíná díky příliš znečištěným řekám konečně rozvíjet proces čištění odpadních vod. Největším průkopníkem v této oblasti se stává Německo, kde působí mnoho odborníků nejen z pevninské Evropy, ale i z Anglie. Osud jednoho z nich, Sira Williama H. Lindleyho, se významně pojí s rozvojem stokové sítě a čistírenství Prahy. Děje se tak v roce 1883, kdy pražští radní zřizují tzv. Samostatný stavební úřad kanalizační. V té době má již Lindley za sebou zkušenosti z dokončení otcova projektu kanalizace ve Varšavě a pozici ředitele kanalizační kanceláře ve Frankfurtu nad Mohanem.

V roce 1889 je Lindley pověřen pražskou radou vypracováním generálního plánu pražské stokové sítě a projektu první čistírny. Do tohoto projektu byly zahrnuty jak jádro Prahy, tak i tehdejší pražská předměstí. Tato výstavba je dodnes součástí pražské stokové sítě a přispěla ke značnému rozvoji Prahy. Na vyústění stok byla vybudována

tehdy velmi moderní čistírna odpadních vod založená převážně na principu mechanického čištění s možností částečného chemického čištění. Do provozu byla uvedena roku 1906. (Havlínek a kol. 2000)

Díky zvýšeným nárokům na kvalitu pitné vody zahájila roku 1914 provoz vodárna v Káraném, která využívala jako zdroj podzemní vody. V roce 1929 následovala úpravna vody Podolí. (Synáčková 2014)

V roce 1910 je uveden do provozu první biofiltr v rámci Rakousko – Uherské monarchie v lázních Jáchymov. Mezi jedny z nejstarších soustavných systémů odvodnění u nás patří také soustava kanalizací v Brně. Byla vybudována v sedmdesátých letech 19. století a dodnes je součástí aktivní brněnské stokové sítě.

V následujícím 20. století se musí města přizpůsobovat velkému populačnímu i průmyslovému rozvoji. Do praxe jsou zaváděna potrubí z nových materiálů, proces čistírenství musí být stále vylepšován, neboť je tlak na neustále vylepšování čistírenských procesů. Objevují se moderní biologické metody čištění vody. (Havlínek a kol. 2000)

4 Legislativa

Odvětví odvádění, zpracování a čištění odpadních vod je řešeno na nadnárodní i národní úrovni. V rámci Evropské unie ji řeší směrnice evropské Rady 91/271/EHS, platná od 29. 5. 1991, o čištění městských odpadních vod. Dále pak směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES v platnosti od 22. 12. 2000, která stanovuje rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky.

Na národní úrovni legislativy České republiky jsou pro činnost v oboru odkanalizování obcí a čištění odpadních vod závazné následující zákony a nařízení vlády:

- Zákon č. 254/2001 Sb. zákon o vodách (Vodní zákon),
- Zákon č. 274/2001 Sb. zákon o vodovodech a kanalizacích,
- Nařízení vlády 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 a o citlivých oblastech.

Dále jsou pro potřeby návrhů projektů závazné následující technické normy:

- ČSN 75 6101 Stokové sítě a kanalizační přípojky
- ČSN 73 6005 Prostorové uspořádání sítí technického vybavení
- ČSN 01 3463 Výkresy inženýrských staveb – výkresy kanalizace
- ČSN EN 12889 Bezvýkopové provádění stok a kanalizačních přípojek a jejich zkoušení
- ČSN 75 6230 Podchody stok a kanalizačních přípojek pod dráhou a pozemní komunikací
- ČSN 75 6081 Žumpy
- ČSN EN 12255 Čistírny odpadních vod
- ČSN EN 12566-1 ed.2 Malé čistírny odpadních vod do 50 EO
- ČSN 75 6402 Čistírny odpadních vod do 500 EO
- ČSN 75 6401 Čistírny odpadních vod pro EO nad 500
- ČSN 75 6909 Zkoušky vodotěsnosti stok a kanalizačních přípojek

5 Odvodnění a stokování urbanizovaných území

V urbanizovaných územích ČR je odvodnění zajištěno pomocí souboru staveb a technologických zařízení, které můžeme dle metodiky MŽP ČR z roku 2009 pojmenovat jako „kanalizace pro veřejnou potřebu“. Kanalizací se rozumí stoková síť včetně objektů, které jsou na ní vybudované, jako jsou retenční a dešťové nádrže, odlehčovací komory, výusti apod. (více v kapitole 10). Tyto objekty jsou budovány společně s jednou nebo více ČOV pro dané území. Hlavním účelem stokové sítě je zajištění transportu odpadních vod, přičemž ČOV následně slouží ke snížení koncentrace znečišťujících látek v odpadních vodách před tím, než jsou vypuštěny do vodních recipientů. Primární snahou je vždy navrhnout a realizovat stokové sítě na principu gravitačního způsobu dopravy odpadních vod. Tento způsob je z hlediska energetického a potřeby údržby nejvýhodnější. (MŽP Odbor ochrany vod 2009)

6 Odpadní vody

Vzniku odpadních vod nelze nijak zabránit. Jejich kvalita a množství závisí na mnoha faktorech. Po použití mají změněnou jakost (složení, případně teplotu). Mohou mít vliv na jakost povrchových a podzemních vod. Považují se za ně vody použité obcích, domácnostech, sídlištích, závodech, zdravotnických zařízeních a jiných objektech nebo zařízeních. Za odpadní vody se považují i vody dešťové (povrchové) a balastní vody. (Amy a kol. 2008)

6.1 Druhy odpadních vod

Splaškové (domovní) odpadní vody: vody odváděné z kuchyní, prádelen, umyvadel, koupelen, záchodů, jídelen apod. Původ látek je převážně organický.

Srážkové povrchové (dešťové) odpadní vody: těmito vodami jsou všechny druhy atmosférických srážek spadlých na povrch území, ze kterého následně odtékají do stok. Při průchodu ovzduším a následným oplachem terénu se obohacují o organické i anorganické znečištění. Po dopadu na povrch dělíme dešťové vody na:

- znečištěné: pocházejí ze silně znečištěných povrchových ploch, intenzivně využívaných komunikací, průmyslových a zemědělských areálů,
- neznečištěné: vody pocházející z neznečištěných povrchů jakými jsou střechy domů, komunikace s malou intenzitou provozu, vody ze zelených ploch (zahrady, parky, veřejná zeleň).

Průmyslové odpadní vody: vody využitě během výrobního procesu v průmyslových a technologických provozech nebo podobných provozovnách, které nejsou nadále využitelné pro daný průmyslový proces. Do této kategorie spadají i vody ze zemědělských závodů a objektů. Úroveň předčištění látek před vypuštěním do veřejné kanalizace závisí na druhu jejich znečištění.

Infekční vody: vody obsahující choroboplodné zárodky takového druhu a v takovém množství, že před vypuštěním do veřejné kanalizace musí být speciálně hygienicky zabezpečeny. Odvádění infekčních vod se řídí zásadami technické normy ČSN 75 6406.

Oplachové vody: vody využívané k oplachu a čištění komunikací, chodníků, parkovišť a podobných zpevněných ploch. Míra znečištění je podobná míře znečištění dešťových odpadních vod.

Ostatní odpadní vody: jsou vody, které nemůžeme zařadit do některé z výše uvedených skupin, a takové vody, které se dostaly do stokové sítě nepředvídatelně.

Balastní vody: jsou vody, jejichž přítok do stokové sítě je nežádoucí. Převážně se za ně považují podzemní vody, které se do z takového systému dostaly kvůli jeho netěsnosti. (Synáčková 2014, ČSN 75 0161 2008)

6.2 Látky obsažené ve vodě

Za chemicky čistou můžeme považovat pouze destilovanou vodu. Voda vyskytující se běžně v přírodě obsahuje látky, které ovlivňují její fyzikální, chemické i biologické vlastnosti. Proto tuto vodu považujeme za znečištěnou.

Látky obsažené v odpadních vodách dělíme na biologicky rozložitelné a biologicky nerozložitelné. Zpracování biologicky rozložitelných látek určuje biologická spotřeba kyslíku. Biologicky nerozložitelné znečištění pak určuje chemická spotřeba kyslíku. (Amy a kol. 2008)

Vlastnosti odpadních látek určuje také jejich rozpustitelnost nebo nerozpustitelnost. Rozpustné látky jsou děleny do pěti tříd, nerozpustné pak do tříd dvou. Tabulka níže uvádí klasifikaci látek na základě jejich ovlivnění fyzikálně-chemických vlastností vody. (Havlínek a kol. 2000)

Skupina	Třída	Charakteristika
Rozpustné látky	I. třída	látky přítomné v množstvích větších než 5 mg/l: sodík, vápník, hořčík, křemík, hydrogenuhličitan, chloridy, sírany, organické látky
	II. třída	látky v množstvích větších než 0,1 mg/l: draslík, železo, bór, fluoridy, amoniakální dusík, dusičnany
	III. třída	látky v množstvích větších než 0,01 mg/l: hliník, mangan, měď, zinek, olovo, arsen, baryum, bromidy, fosforečnany
	IV. třída	látky přítomné ve stopových množstvích, menších než 0,01 mg/l: kadmium, chróm, kobalt, nikl, rtuť, kyanidy
	V. třída	přechodné složky vznikající ve vodním prostředí při narušení rovnováhy: biologické cykly (oběh uhlíku, kyslíku, dusíku, síry), radionuklidy
Nerozpustné látky	I. třída	látky neusaditelné, usaditelné a vzášivé
	II. třída	mikroorganismy (řasy, bakterie, houby, viry)

obr. 6.2: Látky obsažené ve vodě, HAVLÍNEK a kol. 2000, upraveno

6.3 Ukazatele znečištění odpadních vod

Koncentrace znečištění v odpadních vodách je kombinací množství vypuštěných znečišťujících látek a množství vody, která je s nimi smíchána. Úroveň znečištění odpadních vod se může měnit v závislosti na časovém horizontu jejich vypouštění nebo na konkrétním území. (Amy a kol. 2008)

Odpadní vody jsou charakterizovány za pomoci několika ukazatelů. Jedná se o nerozpuštěné látky (NL), biochemickou spotřebu kyslíku (BSK_5), chemickou spotřebu kyslíku ($CHSK_{cr}$), celkový dusík (N) a celkový fosfor (P).

Nerozpuštěné látky (NL)

- Je ukazatel popisující látky, které lze z vody odstranit převážně mechanickou cestou. Rozlišují se na usaditelné a neusaditelné. Původ může být organický i anorganický. Hodnoty jsou udávány v mg/l.

Biochemická spotřeba kyslíku (BSK₅)

- Je ukazatel, který popisuje množství látek, které jsou biologicky rozložitelné. Tyto látky narušují přirozenou rovnováhu kyslíku ve vodách. Tato charakteristika je stanovena na základě spotřeby kyslíku, kterou ze vzorku odpadní vody odeberou mikroorganismy během pěti dnů pozorování, aniž by byl do tohoto vzorku vody přidáván kyslík. Obvykle je uváděna v mg/l.

Chemická spotřeba kyslíku (CHSK_{Cr})

- Tento ukazatel určuje míru biologického znečištění a popisuje ji na základě množství spotřebovaného oxidačního činidla. Odpadní voda může vázat kyslík i pomocí chemických reakcí, a narušovat tak jeho přirozenou rovnováhu v recipientu. V dnešní době se používají dva způsoby stanovení CHSK, které se od sebe liší použitým druhem oxidačního činidla. U metody CHSK_{Cr} je to dichroman draselný, u metody CSHK_{Mn} je to pak manganistan draselný. Uváděn je obvykle v mg/l.

Celkové množství dusíku a fosforu (N_{celk}, P_{celk})

- Důvodem sledování koncentrace těchto látek je fakt, že tyto látky mohou při nadměrné koncentraci v recipientu působit jako živiny pro bakterie, mikroorganismy, řasy a jiné zelené rostliny. To má za následek přemnožení těchto organismů ve vodním toku, ve kterém pak dojde k nadměrné spotřebě kyslíku. Nedostatek kyslíku může zapříčinit uhynutí jiných zde žijících organismů a následné zhoršení kvality vody. (MŽP odbor ochrany vod 2009, Kaňka 2013)

7 Koncepte odvodňování

Jak bylo již zmíněno v části o vývoji historie stokování, primárním cílem bylo odvést všechny odpadní vody z urbanizovaných území co nejrychleji mimo ně. Tato koncepce pojetí odvodnění byla uplatňována po celé 20. století. Ve století současném je prosazována koncepce nová. Vzniká z četných politických, společenských, ekonomických a enviromentálních příčin. Mění se pohled na způsob odvádění a dalšího znovuvyužití dešťových vod a na ekologické dopady stokování.

7.1 Klasická koncepce

Původní klasická koncepce měla za cíl odvést odpadní vody co nejrychleji a nejkratší možnou cestou z odvodňovaného území. Primárním účelem je předejít

ohrožení obyvatel a škodám na majetku a současně usměrnit tok povrchových vod. Tyto primární účely jsou vyzdvihnuty na úkor kvality vypouštěných odpadních vod do vodních recipientů. Kromě znečištění recipientů není brán v úvahu ani dopad hydrologický. Systémy stok, řídicí se klasickou koncepcí, jsou schopné odvést až příliš velké množství dešťových vod z odvodňovaného území. Do recipientů se tímto způsobem může dostat mnohem větší objem srážkových vod, než je při srážkových událostech přirozené. To může mít za následek vytvoření biologické nerovnováhy v recipientu, nebo může dojít k poškození koryta toku vlivem větší kinetické síly vody.

Tato koncepce je vzhledem k dnešnímu přístupu k využívání dešťových vod a vzhledem k ekologickým dopadům na okolí již zastaralá. (Havlínek a kol. 2000)

7.2 Moderní koncepce

Hlavním rozdílem moderní koncepce oproti koncepci klasické je odlišné posouzení vnímání přístupu ke zpracování odpadních vod. Zásadou je odvádění menšího množství vod pomaleji. Je mnohem přísnější v pojetí ekologického dopadu na životní prostředí. Kanalizační systém funguje jako systém integrovaný, zahrnující tyto komponenty: stokovou síť, čistírnu odpadních vod, recipient (Havlínek a kol. 2000)

Tato koncepce si klade za cíl řádné zpracování všech biologicky rozložitelných látek pomocí biologických procesů jejich rozkladu. Před vypuštěním vody do vodního recipientu je důležité odstranění látek jako jsou fosfor a dusík, které při větších koncentracích přispívají k růstu řas a jiných vodních rostlin. Důsledkem jejich přemnožení může být přílišná spotřeba kyslíku vázaného ve vodě, která může mít za následek úhyn vodních organismů a ryb. Dále se klade důraz na odstranění patogenů zvířecích i lidských. Díky výraznému rozvoji městských území v druhé polovině 20. století a ve století současném hraje také důležitou roli efektivní využívání dešťové vody nejen pro potřeby závlah a udržování chladnějšího mikroklimatu ve městě, ale i jako způsob doplňování zásob zdrojů podzemních vod. (Amotey a Bani 2011)

Součástí moderní koncepce odvodnění jsou také dvě strategie zpracování odpadních vod, kterými jsou strategie emisní a imisní.

7.3 Emisní strategie

Je počítáno se stanovením jednotných limitů pro vypouštění odpadních vod skrze výusti stokových systémů nebo čistíren odpadních vod. Nebere se přitom ohled na stav

recipientu, roli hraje geopolitická situace. Jako typický příklad lze uvést stanovení limitních hodnot například pro BSK₅ vypouštěných do recipientu z ČOV.

Jako výhody této strategie lze zmínit její jednoduchost při realizaci projektů a snadnou kontrolu projektovaných funkcí. Nevýhodou naopak může být nižší efektivnost ČOV a stokové sítě, protože se jedná o obecné parametry uplatnitelné v mnoha oblastech. Neberou se v úvahu konkrétní podmínky a problémy daného místa.

7.4 Imisní strategie

Základním principem imisní strategie je stanovení limitů pro vypouštění vod do recipientu v souvislosti s konkrétní znalostí místních podmínek a širšími ekologickými znalostmi daného místa. Postup návrhu stokové sítě vychází nejprve z určení požadovaného konečného stavu vod v recipientu. Až poté je vytvořen návrh systému odvodnění splňující tyto stanovené podmínky.

Tato strategie dokáže díky přizpůsobení se místním požadavkům povodí vytvořit mnohem ekologicky efektivnější konečné řešení. Je ovšem značně nákladnější na výstavbu. (Havlínek a kol. 2000)

8 Stokové soustavy

Stokové soustavy vždy vznikaly a vznikají na základě daných odvodňovacích potřeb konkrétního místa, na jeho historickém vývoji, ekonomické situaci a ekologické potřebě. Podle způsobu odvádění odpadních vod rozlišujeme tyto stokové soustavy na:

- jednotná stoková soustava
- oddílná stoková soustava
- modifikovaná stoková soustava

8.1 Jednotná stoková soustava

Jedná se o nejrozšířenější systém soustav nejen v Evropě (např. 70 % celkové délky stok ve Velké Británii, Francii, Německu), ale i na území České republiky. Principem této stokové soustavy je doprava veškerých odpadních vod (splaškových i dešťových) pomocí stejného potrubí z odvodňovaného povodí až do ČOV. Při absenci dešťových srážek proudí potrubím pouze splaškové vody z domácností, průmyslu apod. Soustava musí být navržena na náhlé a mnohonásobně větší průtoky dešťových vod při srážkových událostech, než jsou běžné průtoky splaškových vod. Výhodou je,

že jednotná kanalizace je několikrát do roka dešťovými vodami samovolně propláchnuta.

Úkolem této soustavy je zpracovat a vyčistit veškeré běžné průtoky splaškových vod. Z důvodu velkých ekonomických nákladů na výstavbu takové soustavy se ovšem nepočítá s přečištěním celého množství dešťových vod, maximálně jen s jeho částí, například v dešťových nádržích, pokud jsou součástí stokové soustavy. Pro účely zmírnění průtoku odpadních vod na ČOV v průběhu srážkové události jsou na jednotné stokové soustavě umístěny objekty zvané odlehčovací komory, které odvádí nadbytek dešťových vod smíšených s vodami splaškovými přímo do vodního recipientu bez vyčištění. Jediný efektivní způsob vyčištění všech odpadních vod je jejich akumulace v nádržích na stokové soustavě, přičemž jejich objem je do ČOV vypouštěn k přečištění postupně později.

8.2 Oddílná stoková soustava

V této stokové soustavě jsou splaškové vody a dešťové vody odváděny z území v samostatných potrubích, obvykle nedaleko vedle sebe. Na žádném úseku této soustavy nedochází k mísení splaškových a dešťových vod. Tento princip s sebou nese značný ekologický přínos pro vodní recipient, do kterého je napřímo odvedena pouze dešťová voda neznečištěná bez příměsí nepřečištěných splaškových vod. Na soustavě není potřeba budovat odlehčovací komory, protože ČOV i kanalizace v celé své délce jsou navrženy na předem přesně známé maximální průtoky vod.

Nevýhodou je vyšší pořizovací cena z důvodu pokládky dvou potrubí a s tím související potřeba většího výkopu pro jejich pokládku. Větší dešťové potrubí je podobného průměru jako v případě jednotné stokové soustavy. Oproti tomu potrubí pro vody splaškové může být daleko menšího průměru. Další nevýhodou je také větší nárok na prostor uložení potrubí, který se na mnoha místech nemusí podařit zajistit. (Butler a Davis 2004)

Oddílná kanalizace se zřizuje zpravidla při odvodnění menších obcí nebo také u obcí, které se nacházejí u málo vodných a různými způsoby chráněných toků. Může být také vybudována tam, kde není možné zaručit jakost vody z přeпадů odlehčovací komor. Jsou zřizovány také tam, kde již z kapacitních důvodů není možné napojit novou stokovou soustavu do soustavy stávající při zachování dostatečné hydraulické spolehlivosti. Sklon potrubí pro splaškové vody musí být natolik dostatečný, aby nedocházelo k usazování nánosů v potrubí. Pokud není možné takového sklonu dosáhnout, je nutné zajistit proplachování kanalizace. (MŽP odbor ochrany vod 2009)

8.3 Kombinovaná stoková soustava

Vzhledem k tomu, že ani jedna z výše zmíněných koncepcí není z dnešního pohledu a potřeb ideálním řešením, uplatňují se v praxi různé způsoby kombinace těchto soustav, které jsou označovány právě jako kombinované.

Kombinovaná kanalizace vzniká sloučením výhodných vlastností jednotné i oddílné stokové soustavy. Soustavné odvodnění je projektováno podle místních možností a požadavků pro dané území. Tyto kanalizace vznikají úpravou již stávajících stokových sítí nebo projektem nového vhodnějšího základu nově budované soustavy se snahou o maximální odklonění neznečištěných dešťových vod mimo systém soustavy. (MŽP odbor ochrany vod 2009)

Výběr jednoho z těchto systémů je vázán na podmínky, kterými jsou:

- národní nebo místní politika vodohospodářského managementu,
- druh stávajícího systému a jeho budoucí vývoj,
- možné budoucí změny v povodí,
- kapacita a kvalita vodních recipientů,
- jakost a vlastnosti přítoků do systému,
- nutnost předčištění,
- topografie a geomorfologie,
- čištění odpadních vod,
- ekonomická hlediska,
- další místní podmínky.

(ČSN EN 752 2008)

8.4 Stokové soustavy podle způsobu dopravy splašků

Stokové soustavy se dále dělí podle způsobu dopravy na gravitační, tlakové, podtlakové a zvláštní způsob pneumatické dopravy splašků. Podle prostorového uspořádání se dělí na větevňé, radiální, úchytné a pásmové.

8.4.1 Gravitační kanalizace

Jedná se o nejběžnější způsob dopravy odpadních vod. V potrubí je využito proudění s volnou hladinou. Musí být dodrženo kontinuální klesání dna potrubí. Výhodou je jednoduchý a spolehlivý provoz.

8.4.2 Tlaková kanalizace

V tlakové kanalizaci je neustále udržováno tlakové proudění v potrubí. Splaškové vody z domu jsou gravitačně sváděny do sběrných jímek a poté jsou z nich pomocí ponorných čerpadel čerpány do stokové sítě. Tlaková kanalizace se nejčastěji navrhuje z plastového potrubí (PVC, PE, PP) malých průměrů. Sít' musí být vybavená odkalovacími a odvzdušňovacími armaturami po vzdálenostech přibližně 300 m a musí být alespoň jedenkrát denně profouknuta. Rychlost proudění vody je minimálně 0,7m/s. Tlaková kanalizace může být při získání povolení od vodoprávního úřadu položena na úroveň nebo do úrovně vodovodu z důvodu nutnosti její naprosté těsnosti.

Výhodou tlakové kanalizace je částečné předčištění vody před nasátím do tlakových čerpadel a tím absence dělnicích česlí v ČOV. Do tlakové kanalizace se tak vzhledem k potřebě absolutní těsnosti systému minimální množství balastních vod.

Nevýhody lze spatřovat v energetické náročnosti na provoz a drahé údržbě v podobě čištění. Nákladné jsou také případné výměny tlakových čerpadel. Pokud domácnost neprodukuje velké množství odpadních vod, díky čemuž spíná tlakové čerpadlo v dlouhých časových intervalech, může ve sběrných jímkách docházet k zahánění vody.

8.4.3 Podtlaková kanalizace

Principem této kanalizace je udržování podtlaku v celé stokové síti. Ten v celém systému zajišťuje centrální vakuová stanice pomocí podtlakových čerpadel. Odpadní vody jsou nasávány do stokové sítě při otevření sacích ventilů umístěných v domovních jímkách. Sací ventily se spouštějí při dosažení požadované hladiny vody v jínce, přičemž nasávají i vzduch. Z centrální vakuové stanice jsou odpadní vody do ČOV dopravovány gravitačně nebo jsou čerpány pomocí čerpadel. Potrubí podtlakové kanalizace je tvořeno plastovým potrubím (PE, PVC) malých průměrů. Sít' musí být vždy větvná. V celé její délce se udržuje sklon přibližně 2 ‰ a nezahlubování se dosahuje pomocí 45° odskoků. Z důvodu nutnosti absolutní těsnosti sítě může být kanalizace zakládána do úrovně nebo pod úroveň založení vodovodu za předpokladu, že je získáno povolení od vodoprávního úřadu.

Výhodou podtlakové kanalizace je její stoprocentní vodotěsnost, velké transportní rychlosti (až 6 m/s), absence dělnicích česlí na ČOV, minimum balastních vod a rychle zjištělné ruchy.

Nevýhodami této kanalizace jsou velká provozní spotřeba energie, specifické nároky na chování lidí při vypouštění odpadních vod do kanalizace a náchylnost na ucpání sacích ventilů. (Kycl a Heviánková, 2014)

8.4.4 Pneumatická doprava

Pneumatická doprava splašků funguje na principu stlačeného vzduchu. Nejprve jsou odpadní vody gravitačně přivedeny do předšachty. Z ní jsou poté svedeny do pracovní nádrže. Stlačený vzduch je do akumulární nádrže vpuštěn ve chvíli, kdy je tato nádrž naplněna v požadovaném množství. Řídicí systém poté vydá pokyn k otevření tlakového ventilu vzduchu. Nádrž je v ten moment natlakována do požadovaného tlaku. Následně je otevřen uzávěrový ventil nádrže a odpadní voda je působením tlaku vytlačena z nádrže ven. Poté je nádrž odvzdušněna a proces se opakuje. (Spellman 2003)

Výhodou tohoto systému je možnost dopravy i velmi znečištěných vod, protože nedochází ke kontaktu znečištěných vod s žádnými rotujícími zařízeními. V celé délce takovéto kanalizace není potřeba armatur k odkalení a odvzdušnění. Doprava splašků dosahuje rychlosti až 6 m/s. Předpokladem je také minimum balastních vod v potrubí.

Nevýhodou může být vyšší pořizovací cena pneumatické stanice a vyšší provozní spotřeba energií. (Synáčková 2014)

8.5 Stokové systémy podle prostorového uspořádání

Uspořádání závisí především na morfologii daného terénu, charakteru zástavby a jejího budoucího vývoje. Primárním cílem je vytvoření provozně spolehlivých tras kanalizace. V rámci daného území mohou být mezi sebou stokové systémy vzájemně kombinovány.

8.5.1 Větvný systém

Tento systém se uplatňuje v členitém terénu, kde není možné docílit pravidelného uspořádání stok. Do kmenové stoky, která je vedena nejnižšími místy území, jsou zaústěny hlavní stoky, do kterých jsou napojeny sběrače a uliční stoky.

8.5.2 Úchytný systém

Používá se v lokalitách s pravidelným uspořádáním území, v dlouhých údolích s jednotným sklonem k recipientu, případně podél vodních toků. Trasa úchytné

kmenové stoky kopíruje trasu vodního toku, do kterého jsou odlehčovány jednotlivé sběrače a uliční stoky.

8.5.3 Pásmový systém

Používá se v územích, kde je s ohledem na morfologii terénu nutné odvodňované oblasti rozdělit do několika výškových pásem. Z nejvyššího pásma jsou odpadní vody odvedeny gravitačně za jakéhokoli stavu vodního toku. Odvod vody ze středního pásma funguje gravitačně pouze za nízkých stavů vodního toku, přičemž za vyšších stavů vodního toku je nutné odpadní vody přečerpávat. Z nejnižšího pásma je nutné odpadní vody přečerpávat vždy.

8.5.4 Radiální (dostředný) systém

Používá se při odvodňování kotlin. Odvádění vody v systému je zajištěno gravitačně nebo pomocí přečerpávání na ČOV. Uspořádání stok v kotlině se většinou buduje větvovým systémem. (Kaňka 2013)

8.6 Výstavba stokových sítí

Před počátkem samotné výstavby sítě je nutné získat informace a vyjádření o uložení ostatních inženýrských sítí v dané oblasti od jejich provozovatelů (takové vyjádření lze získat na portálu mawis.eu). Dále je potřeba získat souhlasy ke stavbě od vlastníků dotčených a okolních pozemků. Je také nezbytné provést geologický průzkum podloží, na kterém závisí druh budoucího lože a obsypu stoky. Stoky je možné ukládat do otevřené rýhy, výkopu, nebo pomocí bezvýkopových technologií. Bezvýkopové technologie se využívají zejména tam, kde není možné provést pokládku stoky do otevřeného výkopu. Mohou to být například místa jako páteřní komunikace, které není možné uzavřít po dobu pokládky kanalizace, železniční tratě apod. V místě počátku bezvýkopového uložení potrubí je vykopána manipulační plocha, která slouží pro pohyb pracovníků stavební firmy, manipulaci s potrubím apod. Odtud je potrubí posouváno pod úroveň terénu překážky na druhou stranu. (Karus a Vorel 2006)

Potrubí stoky je kladeno do nejnižšího konce rýhy tak, aby hrdlo směřovalo proti sklonu dna rýhy. Musí být dbáno na dodržení plynulosti sklonu tak, aby se nikde nevyskytlo potrubí v protisklonu. Potrubí je ukládáno do předem připraveného lože, které je zvoleno na základě potřeb projektu, vlastností podloží a druhu použitého materiálu potrubí. Při hloubce otevřeného výkopu větší než 1,8 m se pro zajištění stability bočních stran výkopu používá tzv. pažení.

Před zasypaním potrubí se provádí tlaková zkouška celého nově položeného nebo jinak upravovaného potrubí. Zkouška se provádí na 1,5násobek budoucího běžného tlaku v potrubí, nejméně však na 10 m vodního sloupce. Trvá 15 minut a tlak v potrubí při ní nesmí klesnout pod 0,5 m vodního sloupce. (Synáčková 2014)

8.7 Zásady výstavby a vedení stokových sítí

Požadavky, které je nutné respektovat při návrhu, výstavbě, provozu a údržbě stokových sítí a kanalizačních přípojek, stanovuje norma ČSN 75 6101 a k ní příslušné právní předpisy. Výhledový stav je určen na dobu nejméně 30 let od předpokládaného uvedení stokové sítě do provozu. (ČSN 75 6101 2024)

8.8 Směrové vedení stok

Pro směrové vedení stok je nutné dodržovat tyto zásady:

- 1) Stoky kanalizace jsou ukládány primárně do veřejných a běžně přístupných pozemků.
- 2) Vstupní šachty a jiné objekty na stokové síti jsou navrhovány do přístupných míst, která umožňují příjezd těžké mechanizace pro údržbu stok.
- 3) U neprůlezných stok se úseky mezi šachtami navrhují pouze přímé. U průchozích stok je možné provádět směrovou změnu obloukem.
- 4) Stoky jednotné soustavy jsou umísťovány nejčastěji pod osu komunikace.
- 5) U stok oddílné soustavy je splašková stoka umístěná mimo osu komunikace a dešťová stoka pod osu komunikace.
- 6) Není dovoleno ukládat neprůlezná stoky v podélném směru pod kolektory a jiné vedení inženýrských sítí. Zároveň není dovoleno ukládat stoky pod koryta nebo do koryt toků v jejich podélném směru.
- 7) Jako minimální vzdálenost vnější strany stolky od kmene stromu se považuje 1,5 m.
(Synáčková 2014, Vodohospodářská zařízení Šumperk a.s. 2012)
- 8) V případě vedení stoky v blízkosti základů budovy se bezpečná vzdálenost dna výkopu a základu budovy počítá ze vztahu:

$$L = \frac{H - h}{\operatorname{tg}\varphi}$$

H ... hloubka dna výkopu [m],

h ... hloubka základů budovy pod terénem [m],

φ ... úhel vnitřního tření zeminy v daném místě dle ČSN 73 1000, platí pro homogenní prostředí.

- 9) Nad stávajícími stokami je zakázáno budovat potrubí a nadzemní objekty.

- 10) Trasy souběžných stok nesmí být nad sebou. Prostorové uložení inženýrských sítí při jejich souběhu popisuje norma ČSN 73 6005. (Synáčková 2014, Havlínek a kol. 2000)

8.9 Výškové uspořádání stok

Pro výškové uložení stok platí následující požadavky:

- 1) Sklon nivelety stoky má být co nejplynulejší.
- 2) Mezi dvěma sousedícími šachtami je navrhován jednotný sklon stoky dna.
- 3) Uložení stok jednotné i oddílné splaškové kanalizace do hloubky, ve které je možné odvodnit průměrné hluboké podzemní prostory okolních budov (sklepy, podzemní garáže apod.).
- 4) Maximální doporučená hloubka uličních stok je 6 m.
- 5) Minimální sklon přípojky vedené do sběrné stoky je 2 % u DN 150 a 1 % u DN 200.
- 6) Dodržení minimálního krytí potrubí dle normy ČSN 73 6005, které je:
 - 1,80 m pod komunikací,
 - 1,00 m ve volném terénu, v chodnících a přidružených prostorech komunikace (mimo souvislou zástavbu) podle místních podmínek,
 - 1,5 m při uložení pod kolejemi tramvajové trati.
- 7) Dodržovat sklon gravitačních stok tak, aby byla zajištěna minimální unášecí síla veškerého znečištění, a nedocházelo tak k zanášení kanalizace. Pokud nelze takového požadavku docílit, je nutné navrhnout hydraulicky výhodnější profil stoky. V takovém případě je nutné zajistit proplachy kanalizace a do sítě umístit proplachovací objekty.
- 8) Při rovnoběžném vedení dešťové a splaškové stoky se hlouběji umísťuje zpravidla splašková stoka.
- 9) Veškeré kanalizační stoky a potrubí (tlakové i podtlakové) odvádějící odpadní vody (kromě stok odvádějící pouze srážkové vody) musí být uloženy ve větší hloubce než vodovodní potrubí. Výjimku může povolit pouze vodoprávní úřad a pouze v případě, že bude zajištěné technické opatření proti kontaminaci pitné vody vodou odpadní.

9 Materiály stok

Materiál stoky je vždy volen podle plánovaného účelu stoky a její požadované životnosti. Materiál musí splňovat podmínky vodotěsnosti, mechanické, chemické a biologické odolnosti, odolání namáhání stoky a být odolný proti případným agresivním vlivům okolního prostředí. (Nypl a Synáčková 1998)

Používané materiály pro stokové potrubí jsou:

9.1 Kameninové trouby

Kameninové trouby jsou považovány za tradiční materiál stokových sítí. Jsou vyráběny z přírodního jílu, šamotu a vody. Potrubí je možné ukládat jak do pískového, tak i do štěrkového lože, v případně menšího zatížení. Pro případy většího zatížení se potrubí ukládá do betonových sedel. Lze je využít pro oddílné i jednotné soustavy stok.

Výhody: Vysoká chemická odolnost proti kyselinám a louhům, organickým kyselinám apod., velmi dobrá únosnost ve vrcholovém zatížení, odolnost proti obrusu a teplotě, vysoká životnost (až 100 let), ekologičnost materiálu a jeho recyklovatelnost.

Nevýhody: Křehkost materiálu a s tím související zvýšená opatrnost při jeho pokládce a také vysoká hmotnost.

9.2 Betonové a železobetonové trouby

Betonové a železobetonové potrubí je využíváno primárně pro odvádění dešťových odpadních vod. Mohou být dodatečně osazeny výstelkou (např. čedič) pro zvýšení jejich mechanické i chemické odolnosti. Takové mohou být využity pro stoky jednotné i oddílné stokové kanalizace. Z důvodů vyšší hmotnosti trub je doporučena pokládka na betonovou desku, mohou být ukládány i na pískové nebo štěrkové lože.

Výhody: Výborná mezní únosnost ve vrcholovém zatížení, možnost provedení výstelky uvnitř trouby a zvýšení její životnosti, odolnost vůči teplotě, možnost vejčitého i kruhového průřezu, ekologičnost a recyklovatelnost materiálu.

Nevýhody: Vysoká hmotnost a náročnější pokládka, riziko porušení trub obrusem a korozi a omezená maximální průtočná rychlost (trouby bez výstelky).

9.3 Trouby z tvárné litiny

Jsou vyráběny z ocelového šrotu a recyklovaných materiálů, do kterých je přidáván hořčík. Vnitřek trub je chráněn cementovou maltou, vnější část je pozinkována a natřena epoxidovým nátěrem. Trouby nejsou náchylné k praskání nebo k deformacím. Díky těmto vlastnostem je tento materiál velmi doporučován pro výstavbu nových stokových sítí zejména při vyšším zatížení. Jsou vhodné pro gravitační i tlakové kanalizace. Ukládají se do pískového nebo štěrkového lože.

Výhody: Výborné mechanické vlastnosti, odolnost proti mechanickému namáhání, možné uložení v extrémních podmínkách, volba vnitřní a vnější ochrany, možné

využití pro gravitační i tlakové průtoky, dlouhá životnost, odolnost proti obrusu a korozi.

Nevýhody: Vyšší hmotnost, výrobní délka potrubí nemusí být vhodná pro sanační práce, vyšší cena, potřebná ochrana proti výskytu bludných proudů.

9.4 Trouby z PE

S PE neboli polyethylenem je možné se dnes setkat ve dvou variantách. První, dnes již zcela nevhodnou a překonanou variantou pro účely stokování, je PE – LD (Low Density), který se stal zastaralým z důvodů nízké hustoty a měkkosti. Naopak s variantou PE – HD (High Density) je možné se u stokových sítí setkat, a to zejména u korugovaných trub. Ty lze použít především u dešťových sběračů a propustků pod komunikacemi. Své uplatnění mohou nalézt také v případě, kdy do nich nebude zaústěno velké množství dodatečných připojení. Potrubí z PE je častěji používáno pro gravitační stokové sítě. Lze je také využít u tlakových kanalizací. Vhodným ložem a obsypem je štěrkopísek.

Výhody: Velmi dobrá chemická, rázová a obrusová odolnost, nízká hmotnost, nízká hydraulická drsnost, ekologická recyklovatelnost.

Nevýhody: Malá teplotní odolnost, malá odolnost proti silným oxidantům, vyšší teplotní roztažnost.

9.5 Trouby z PVC

PVC neboli polyvinylchlorid je nejstarším a nejrozšířenějším materiálem z plastů pro výrobu potrubí kanalizací i vodovodů. I přestože ho v dnešní době jiné plastové materiály svými vlastnostmi již překonaly, PVC je dosud často využíván pro výstavbu stokových sítí, primárně díky nižší ceně. Je vhodný pro použití u oddílné i jednotné kanalizace a pro gravitační i tlakové kanalizace. Trouby z PVC není vhodné ukládat při teplotách pod +5°C. Jsou pokládány do pískového lože.

Výhody: Velmi dobrá odolnost proti obrusu a chemická odolnost, nízká hydraulická drsnost, jednoduchost pokládky, nízká hmotnost, nízká cena.

Nevýhody: Malá rázová pevnost, nelze provádět opravy a pokládky v zimních obdobích, omezená únosnost, ekologický dopad při likvidaci.

9.6 Trouby z PP

PP je označení pro materiál polypropylen. Materiál byl vytvořen v roce 1955, přičemž dodnes dochází k jeho stálé inovaci a vylepšování vlastností. Z tří existujících základních typů polypropylenů se pro účely dopravy vody využívá tzv. blokový kopolymer (PP-B). Ten se vyznačuje velmi vysokou tuhostí a houževnatostí, což snižuje riziko poškození potrubí před a během pokládky do země.

Polypropylenové potrubí se vyznačuje extrémní odolností proti agresivním chemikáliím a dokáže odolat odpadním vodám s vysokou koncentrací chemických látek. Z plastových materiálů má polypropylen nejvyšší odolnost proti obrusu a je tedy vhodný pro využití ve všech druzích kanalizace.

Oproti PVC se PP vyznačuje výbornou rázovou odolností i při teplotách kolem mínus 15 °C, při kterých se nestává křehkým. Potrubí z PP lze pokládat i v zimním období. Také jeho teplotní odolnost je podstatně lepší. Dokáže krátkodobě odolávat teplotám vody až 90 °C. Dlouhodobě pak teplotám vody 60 °C.

Materiál PP je ekologický a úplně recyklovatelný, jelikož je složen pouze z atomů uhlíku a vodíku. Samostatné díly potrubí lze spojovat mechanicky, svařovat na tupo nebo extruzí, přičemž díly nelze lepit. Běžnými vyráběnými typy jsou:

- Žebrované trouby: jsou určeny pro odvádění odpadních vod. Mají průměr DN 150 až 500, délku 2, 3, 5, 6 m a lze je ukládat i do nepříznivých geologických podmínek do hloubek 1 až 6 m. Jako materiál pro lože a obsyp je používán štěrkopísek 8–16 mm
- Korugované trouby: jsou určeny pro odvádění odpadních vod, jednotné i oddílné kanalizace. Vyráběné jsou dimenze D_e 160 až 670 mm, délky 3 až 6 m, ukládání do hloubek 0,6-6 m. Jako materiál pro lože a obsyp se používá štěrkopísek 0-8 mm.

Dále lze pro potřeby kanalizace použít méně běžná potrubí, kterými jsou hladké plnostěnné trouby a hladké trouby sendvičové konstrukce. Tyto dvě konstrukce se ale neřadí mezi standardní nabídky dodavatelů potrubí PP.

Výhody: Vysoká kruhová tuhost a houževnatost potrubí, vysoká chemická odolnost, velmi dobrá odolnost proti vysokým teplotám, výborná rázová odolnost, možnost celkové recyklace, nízká hodnota hydraulické drsnosti, nízká hmotnost.

Nevýhody: Vyšší cena a vyšší požadavek na preciznost při pokládce.

9.7 Sklolaminátové trouby

Skládají se ze směsi minimálně dvou materiálů. Pro účely odvádění odpadních vod jsou vyráběny hladké uvnitř i z vnějšku. Vyráběny jsou podle tlakových tříd pro gravitační i tlakové kanalizace. Jako materiál lože a obsypu je doporučen štěrkopísek zrnitosti 10 až 25 mm v závislosti na průměru potrubí.

Výhody: Lze zvolit různé tloušťky stěny potrubí při zachování stejného průměru potrubí, velmi dobrá chemická odolnost a odolnost proti obrusu, nízká hydraulická drsnost, nízká hmotnost.

Nevýhody: Komplikované dodatečné připojování potrubí, nízká dlouhodobá teplota vody, nízká odolnost proti poškození úderem, ekologický dopad zbytků potrubí. (Šejnoha 2003)

10 Objekty na stokové síti

Stoková síť je tvořena stokovými úseky a objekty. Tyto objekty jsou budované za účelem zajištění spolehlivého, hospodárného a bezporuchového provozování funkcí stokové sítě a k její údržbě a čištění. Níže jsou popsány jednotlivé stokové objekty a jejich účel. V extravilánu musí být tyto objekty označeny směrovou tyčí.

10.1 Šachty

Základním objektem každé stokové sítě jsou vstupní šachty. Slouží jako vstupní prostory pro pracovníky správce kanalizace za účelem její kontroly, čištění, údržby apod. Používají se také jako větrací objekty. Umísťují se vždy mezi dlouhé přímé úseky stok, v místech změny příčného průřezu potrubí stoky, do lomových bodů a na konec stoky.

Vzdálenost umístění vstupních šachet závisí především na příčném průřezu stoky. V případě neprůlezných a průlezných stok má být vzdálenost mezi dvěma sousedícími vstupními šachtami maximálně 50 m. Pokud se jedná o stoky průchozí, které jsou budovány ve výkopu, je možné umístit vstupní šachty až 200 m od sebe. Pro vzdálenosti mezi šachtami nad 100 m je nutný souhlas provozovatele kanalizace.

Výškové napojení průběžných stok je nutné v šachtách provádět plynule, tzn. dno vstupní stoky na úroveň dna výstupní stoky. Naopak napojení vedlejších stok se

provádí s převýšením. Na dně šachty je umístěn žlábek sloužící k plynulému přechodu mezi rozdílným vstupním a výstupním profilem potrubí.

Vstupní šachty jsou zpravidla budovány z prefabrikovaných dílů. Skládají se z šachtového dna, šachtové skruže, zákrytové desky, šachtového kónusu, vyrovnávacího prstence a z poklopu, přičemž dno, skruže a kónus jsou opatřeny stupadly. Dodavatelé šachet nabízejí různé možnosti výšek jednotlivých dílů podle potřeby daného použití. Minimální rozměr základu dna ale musí být pro kruhové šachty v průměru 1000 mm, pro šachty obdélníkové o rozměrech 800 x 1000 mm.

V místech spojení stok a v místech změny směru dráhy stoky nesmí být úhel mezi vstupní a výstupní šachtou větší než 90°. Soutok stok je zajištěn ve spojných šachtách.

Šachty jsou v zastavěných oblastech umísťovány především do pozemních komunikací a zpevněných ploch, kde jsou poklopy zarovnané do výšky komunikace. V zelených pásích vyčnívají nad okolní terén. V extravilánu mimo zástavbu jsou poklopy také nad terénem, dodatečně chráněny betonovou skruží a označeny příslušnou tyčí výšky 1500 mm. (Nypl a Synáčková 1998)

10.2 Dešťové vpusti

Slouží pro odvádění dešťových vod z pozemních komunikací, chodníku a ze zpevněných ploch. Jsou děleny do třech kategorií:

- uliční vpust se umísťuje do nejnižšího bodu komunikace, maximální odvodňovaná plocha je 400 m²,
- chodníková vpust se umísťuje v místech, kde není možné umístit uliční vpusti kvůli nedostatku místa v komunikaci, nátok je boční,
- horská vpust je umísťována v místech s příliš velkým sklonem odvodňovaného území (nad 8 %) a v místech předpokladu přítoku dešťových vod z nezpevněných ploch. Jsou navrhovány jako zděné, monolitické nebo prefabrikované šachty osazené rámem z dvojité mříže.

10.3 Lapače splavenin

Navrhují se v místech, kde je odvodňován extravilán otevřenými příkopy a při smývání povrchu dochází k unášení většího množství splavenin. Zabraňují jejich vtoku do kanalizace. (Milerski a kol. 2005)

10.4 Proplachovací šachty

Navrhují se v místech, kde může docházet v důsledku malé unášecí síly odpadních vod k usazování splavenin a zanášení stok. Jsou podobné konstrukce jako šachty vstupní. Na odtoku ze šachty jsou vybaveny stavítkem, jehož zavřením dochází k nastoupání vody do určité hladiny a po jeho otevření dojde k vypláchnutí usazenin v daném úseku stoky.

10.5 Spadiště

Jejich účelem je překonat velký sklon stoky, kvůli kterému by při v návrhovém průtoku byly přesaženy maximální povolené rychlosti proudění odpadních vod. Dno spadiště musí být již vystavené tak, aby odolalo nárazu přívalové vody. (Kaňka 2013)

10.6 Skluzy

Skluzy jsou úseky stoky se strmým sklonem. Zřizují se na místech, na kterých by byla stavba spadiště příliš nákladná a obtížná. Budují se také pro stoky velkých profilů. Použité materiály na výstavbu musí odolat velkým průtočným rychlostem (5–10 m/s). Na konci skluzy je vybudován objekt k utlumení energie proudící vody. (Kyncl a Heviánková 2014)

10.7 Shybky

Objekty, které umožňují převedení odpadních vod přes překážky, jakými jsou vodní toky, jiné stoky, kolektory, komunikace a jiné. Podle hydraulického hlediska je dělíme na:

- úplné: úplná shybka je taková, jejíž strop se nachází pode dnem přívodní i odvodní stoky (je hydraulicky pod tlakem),
- neúplné: neúplná shybka je taková, jejíž strop se nachází nade dnem přívodní a odvodní stoky, při normálních návrhových průtocích není hydraulicky pod tlakem, v případě zaplnění až po strop se stává hydraulicky pod tlakem. (Synáčková 2014)

10.8 Odlehčovací komory (dešťové oddělovače)

Odlehčovací komory (dále jen OK) jsou objekty na jednotné stokové kanalizaci. Jejich podoba úzce souvisí s celkovým koncepčním pojetím stokové sítě a s následnou podobou technologie čištění odpadní vody. Mají zásadní vliv na čistotu vodních recipientů. Základním principem OK je oddělit z celkového průtoku takové množství

primárně dešťové vody, které z kapacitních důvodů nelze vyčistit v ČOV. Odlehčená voda je složena primárně z vody dešťové, v určitém poměru obsahuje i odpadní vody splaškové. Pro řešení stokových sítí je možné využít řady různých typů OK. (Milerski a kol. 2005)

10.9 Kanalizační přípojky

Domovní přípojky slouží pro odvádění odpadních vod do stokové sítě z nemovitostí. O podmínkách pro návrh a stavbu kanalizačních přípojek pojednává norma ČSN 75 6101. Platí, že každá připojená nemovitost do stokové sítě musí mít svou vlastní přípojku.

Jako nejmenší průměr potrubí přípojky je možné použít DN 150. Pokud je nutné použití přípojky větší než DN 200, musí projekt obsahovat hydraulický výpočet. Pro přípojku DN 150 je stanoven minimální sklon 2 %, pro DN 200 je to minimální sklon 1 %. Maximální povolený sklon je 40 %.

Domovní přípojky jsou opatřeny revizními šachtami zpravidla na pozemku dané nemovitosti tak, aby byl zajištěn možný přístup pro kontrolu a pravidelné čištění. Do stokové sítě lze zaústit pouze na místa, které určí provozovatel stokové sítě, přičemž její délka musí být co nejkratší. Její napojení do stoky nesmí porušit hydraulické poměry stoky, nesmí ztížit údržbu stoky a nesmí zasahovat do vnitřního profilu stoky. V případě, že ve stoce není připravená odbočka nebo vložka pro napojení přípojky, je pro připojení přípojky nutné navrtat do stoky otvor. Při vrtání nesmí na potrubí stoky vzniknout žádná poškození. Připojení je možné provést pod úhlem 45° až 90°.

Pro napojení přípojek dešťových vpustí platí stejná pravidla jako pro napojení přípojek domovních. Svody vpustí se navrhují kolmé na osu komunikace. (Nypl a Synáčková 1998)

10.10 Separátory

Primárním úkolem je oddělit nerozpuštěné látky z odpadních vod. Separátory fungují na principu odstředivé síly, kdy jsou látky separovány v odstředivém poli. Lze je dělit na vířivé, při kterém odtéká na ČOV 1–5 % objemu z celkového přitečeného množství, a vírové, kdy na ČOV odtéká 10 nebo více procent odpadních vod. (Synáčková 2014)

10.11 Dešťové nádrže

Umisťují se na stokovou síť pro snížení nebo zachycení odnosu znečištění, které s sebou unášejí dešťové vody při kontaktu s povrchem. Primárním cílem je od tohoto znečištění ochránit recipient. Lze je také využít pro zmírnění průtoku na ČOV, pro snížení kulminačního průtoku při dešťové srážce do recipientu nebo pro retenci a vsak dešťových vod. (Kyncl a Heviánková 2014)

10.12 Čerpací stanice

Potřeba čerpacích stanic může vycházet z požadavků, kterými mohou být:

- nutnost odvádění odpadních vod do ČOV/recipientu přes rozvodnici,
- není možné výškově zaústit nově budované stoky gravitační sítě do stávající sítě,
- nutnost výškového překonání překážek v trase sítě,
- příliš plochý terén odvodňovaného území,
- potřeba přečerpat odpadní vody do sdružené ČOV z více obcí.

Velmi často je potřeba odpadní vody čerpat ve vstupní čerpací stanici ČOV tak, aby byla zachována možnost použití gravitační stokové sítě v odvodňovaném území a aby bylo následně možné odvést vyčištěné vody z ČOV do recipientu. (Nypl a Synáčková 1998)

10.13 Výustní objekty

Jsou objekty, jejichž cílem je vypustit odpadní vody do recipientů nebo vodních nádrží. Umisťují se nad úroveň hladiny Q_{365d} . Často jsou vystavovány silným účinkům vody proudící v recipient, a proto je třeba dbát na jejich dostatečné ochránění například kamenným záhozem, dlažbou apod. Výustní objekty jsou vybaveny zpětnými klapkami pro případ, kdyby došlo ke vzduť hladiny vody a tím k možnému zpětnému vtoku odpadních ale i říčních vod do ČOV, díky čemuž by mohlo dojít k poškození zařízení ČOV. (Havlínek a kol. 2000)

11 Čištění odpadních vod v ČOV

Procesy čištění odpadních vod a samotné čistírny jsou velice obsáhlé a složité téma. Existuje mnoho způsobů a technologií čištění a jejich následných uplatnění v praxi. Druhá část této práce se zabývá studií odvádění odpadních vod z území obce

do 500 EO. Z těchto důvodů jsou v následující kapitole popsány čistírny odpadních vod a v nich probíhající procesy čištění z pohledu malých ČOV do 500 EO.

Odpadní vody se často vyznačují svou velikou proměnlivostí jak ve kvalitě, tak i ve vypouštěném množství. Avšak je u nich možné vysledovat určitou pravidelnost, která souvisí s denním režimem daného odvodňovaného místa. Nejzásadnějším kritériem, které musí čistírny plnit a za jakým účelem se primárně budují, je požadovaná kvalita vyčištěné vody na výstupu z ČOV. Na základě tohoto kritéria se volí způsob použité čistírenské technologie. Přitom je nutné vycházet i z ekonomických požadavků a možností investora, kterým bývají zpravidla obce. Z pohledu investičních nákladů na výstavbu je potřeba zvážit, zda je výhodnější výstavba stokové sítě a k ní přidružené centrální čistírny, která přináší možnost připojení několika obcí na jednu ČOV (centralizované řešení), nebo realizovat výstavbu více na sobě nezávislých stokových sítí, kdy je každá zakončena menší nezávislou čistírnou. Vždy je nutné vycházet z místních konkrétních požadavků v dané lokalitě a možností investora. ČOV s kapacitou do 500 EO se budují převážně na oddílné kanalizaci, jejich umístění na jednotných kanalizacích je výjimečné. (Sojka 2004)

Dimenzování čistírny závisí na způsobu odvodnění území. Při použití jednotné stokové sítě je ČOV dimenzována na maximální průtok dešťových vod Q_{max} , který je vždy větší než běžný průtok splašků Q_{spl} . Zatímco u ČOV umístěné na soustavě oddílné stačí její dimenzování pouze na běžné průtoky splašků Q_{spl} . (Slavičková a Slaviček 2013)

11.1 Pojem ekvivalentní obyvatel

V procesu čištění odpadních vod je výchozím ukazatelem pro dimenzování ČOV takzvaný ekvivalentní obyvatel (EO). Jeden EO je jednotka, která vyjadřuje míru znečištění, kterou je průměrný člověk schopný vyprodukovat. Jedná se o 150 l splaškových vod na osobu na den a množství organického znečištění, které odpovídá 60g BSK₅.

Jednotka EO slouží pro stanovení maximálního denního množství organických látek od obyvatel, vybavenosti obce a průmyslu či zemědělství, na které se musí v daném odvodňovaném území dimenzovat kapacita čištění příslušné ČOV. (Gray 2004)

11.2 Podklady pro návrh ČOV

Jak již bylo zmíněno v úvodu této kapitoly, množství a kvalita odpadních vod přitékajících na ČOV závisí na povaze a charakteru daného odvodňovaného území. U jednotné kanalizace je průtok dimenzován na Q_{\max} , u oddílné na Q_{spl} . Pro samotný návrh jednotlivých částí objektů a technologického vybavení ČOV je nutné znát následující požadavky: (Havlínek a kol. 2004)

- požadavek na kvalitu vyčištěných odpadních vod a způsob jejich vyčištění,
- uvedení průměrných, maximálních a minimálních hodnot přítoků na ČOV,
- množství a složení odpadních vod,
- druh a stav stokové sítě,
- následné zlikvidování nebo využití odpadních produktů čištění jako jsou štěrk, písky, tuky, kal, bioplyn apod. (Slavíčková a Slaviček 2013)

11.3 Způsob návrhu ČOV

K výstavbě čistírny lze využít tzv. balené ČOV. Jsou zpravidla využívány pro výstavbu ČOV pro 50 až 500 EO. Dodávány jsou již jako předvyrobené celky technologií, které jsou vybaveny například provzdušňovacím systémem. Vhodný typ se volí podle charakteru a potřeb daného území.

Druhou možností výstavby ČOV do 500 EO je výstavba klasické komunální ČOV, která je navržena obdobným způsobem jako velké ČOV. (MŽP odbor ochrany vod 2009)

12 Způsoby čištění odpadních vod

Odpadní vody lze čistit několika různými způsoby, které na sebe navazují v čistírenském procesu za účelem co největší efektivity vyčištění odpadních vod. Mezi takové způsoby se řadí čištění mechanické a čištění biologické.

12.1 Mechanické čištění

Jedná se o prvotní a nejjednodušší způsob odstranění znečištění z odpadních vod, které popisuje hodnota NL. Pomocí mechanického čištění se z vod odstraňují nerozpouštěné látky, které tvoří velkou část jejich znečištění. Zpravidla se provádí ve dvou stupních čištění. V prvním stupni dojde nejprve k oddělení hrubších částí a materiálu pomocí česlí nebo lapáku písku. Následuje druhý stupeň, kde odpadní vody proudí skrze usazovací nádrž. Tento způsob nedokáže vyčistit látky rozpouštěné ve

vodě. V návrhu se doporučuje posoudit i nutnost osazení lapáků tuků a olejů, které se ovšem v ČR tímto způsobem příliš často neinstalují. (Sojka 2004)

12.1.1 Objekty pro mechanické čištění

Takové objekty se vždy umisťují před vtokem do ČOV, aby nedošlo k poškození technologických částí čistírny nebo k omezení procesu v biologické části čištění. Pro účely mechanického čištění se používají:

Česle: slouží pro odstranění plovoucích nečistot, jakými jsou například papíry, zbytky potravin, obalové materiály apod. Lze je dělit na ručně a stejně stírané, na hrubé, střední a jemné.

Lapáky písku (štěrk): umisťují se před ČOV na jednotné i oddílné kanalizaci, protože nečistoty charakterem podobné písku (štěrku) se objevují i v odpadních vodách z domácností. Dělí se podle způsobu průtoku vody na vertikální a horizontální.

Usazovací nádrže: jsou určeny k oddělení nerozpuštěných látek od látek ve vodě rozpuštěných. Vzniklý kal se nazývá primární. Oddělení látek probíhá pomocí využití sedimentace, které je dosaženo zmenšením průtočné rychlosti v nádrži. U malých ČOV se obvykle neinstalují kvůli následné práci s tímto odpadním produktem. Jsou proto často nahrazovány štěrbínovou nádrží.

12.2 Biologické procesy

Proces biologického čištění odpadních vod probíhá díky působení mikroorganismů a na základě biochemických oxidačně redukčních reakcí. Mikroorganismy dokáží odstranit pouze biologicky rozložitelné látky, které jsou udávány pomocí hodnot BSK₅. Cílem je maximální redukce látek jako jsou fosfor a dusík.

Hlavním činitelem v tomto procesu je tzv. aktivovaný kal, neboli shluk bakterií, plísní, kvasinek apod. V této kultuře mohou být zastoupeny i jednobuněčné organismy. Rozkladný proces je velmi složitý a jeho správný průběh závisí na mnoha faktorech, jakými jsou například obsah kyslíku ve vodě, pH vody, teplota vody, druh a míra znečištění apod. (Dohányos a kol. 2007)

Biologické čištění odpadních vod se dělí na procesy aerobní a anaerobní.

12.3 Aerobní procesy

Aerobní procesy jsou ty, ve kterých je přítomný kyslík. Rozklad organických látek mikroorganismy probíhá za přítomnosti kyslíku ve vodě. Dělí se na proces extenzivní (kořenové čistírny, biologické rybníky) a na intenzivní (proces aktivace, biofiltry). Konečnými produkty jsou voda a oxid uhličitý. (Slavičková a Slaviček 2013)

Nejběžnějším způsobem aerobního čištění je aktivační proces. Skládá se z provzdušňované nádrže, ve které dochází k čištění odpadních vod. Dále voda proudí z aktivační nádrže do separačních nádrží, kde se oddělí vyčištěné odpadní vody od kalu. Kal je dále zpětně čerpán zpět do procesu čištění a vyčištěná voda je odvedena do recipientu. Princip tohoto procesu spočívá ve vytvoření aktivovaného kalu. (Sojka 2004)

Dalším způsobem aerobního čištění odpadních vod je použití biofilmových reaktorů, tzv. biofiltrů. Podle způsobu průtoku a přístupu ke vzduchu se dělí na skrápěné, ponořené a rotační, přičemž bakterie jsou drženy na vhodných nosičích. (Slavičková a Slaviček 2013)

12.3.1 Objekty pro aerobní biologické čištění

V procesu čištění se zařazují v ČOV za objekty primárního mechanického předčištění. Objekty biologického čištění jsou:

Aerační nádrže: nádrže, ve kterých dochází k provzdušnění vody pro zajištění správného růstu a zachování primárního kalu.

Biofilmové objekty: nebo také biofiltry, jsou průtočné objekty, které se skládají z nosných médií, které nesou rostoucí mikroorganismy, podle typu průtoku se dělí na skrápěné, ponořené a rotační (MŽP odbor ochrany vod 2009)

12.4 Anaerobní proces

Procesy anaerobního čištění jsou využívány zejména pro čištění odpadních vod s vysokou koncentrací znečištění. V tomto případě jsou bakterie a mikroorganismy vázány na nosiče, kterými mohou být například nerozpustitelné látky obsažené ve vodě. Výsledným produktem procesu je bioplyn, který se využívá pro chod ČOV ve formě výroby elektrické energie nebo pro vytápění budov apod. (Sojka 2004)

13 Kalové hospodářství

Kaly jsou suspenze pevných látek, které byly původně obsaženy v odpadní vodě. Koncentrace kalů se vyjadřuje v g/l nebo v %. Přestože kaly představují asi 1 až 2 % objemu konečných vyčištěných odpadních vod, obsahují asi 50 až 80 % původního znečištění. Jejich složení závisí na povaze znečištění odpadních vod před procesem čištění. Cílem zpracování nebo využití kalů je zamezení znečištění životního prostředí a také ekonomická využitelnost. (Pošta a kol. 2005)

13.1 Způsob nakládání s kaly

Zpracování kalů závisí především na původu znečištění, konkrétní lokalitě a způsobu následného použití. V dnešní době je možné nakládat s kaly třemi způsoby, kterými jsou:

Skládkování: podmínkou pro skládkování kalu na skládce odpadů je jeho stabilizace, odvodnění a snížení organické sušiny. Takové řešení je nejméně ekologické a využívá se pouze v případech, kdy není jiná možnost zpracování kalu.

Spalování: z možných způsobů je spalování nejvíce hygienickým řešením. Kaly mohou být také použity jako součást stavebních materiálů.

Využití v zemědělství: před samotným použitím pro zemědělské účely je nutná hygienická stabilizace kalu tak, aby byl nezávadný. Problémem jsou látky jako antibiotika a hormony, které se skrze tato hnojiva dostávají do zemědělské půdy. Hygienicky vhodný kompost vyrobený z kalu může být využit na městské zeleni, náspech apod.

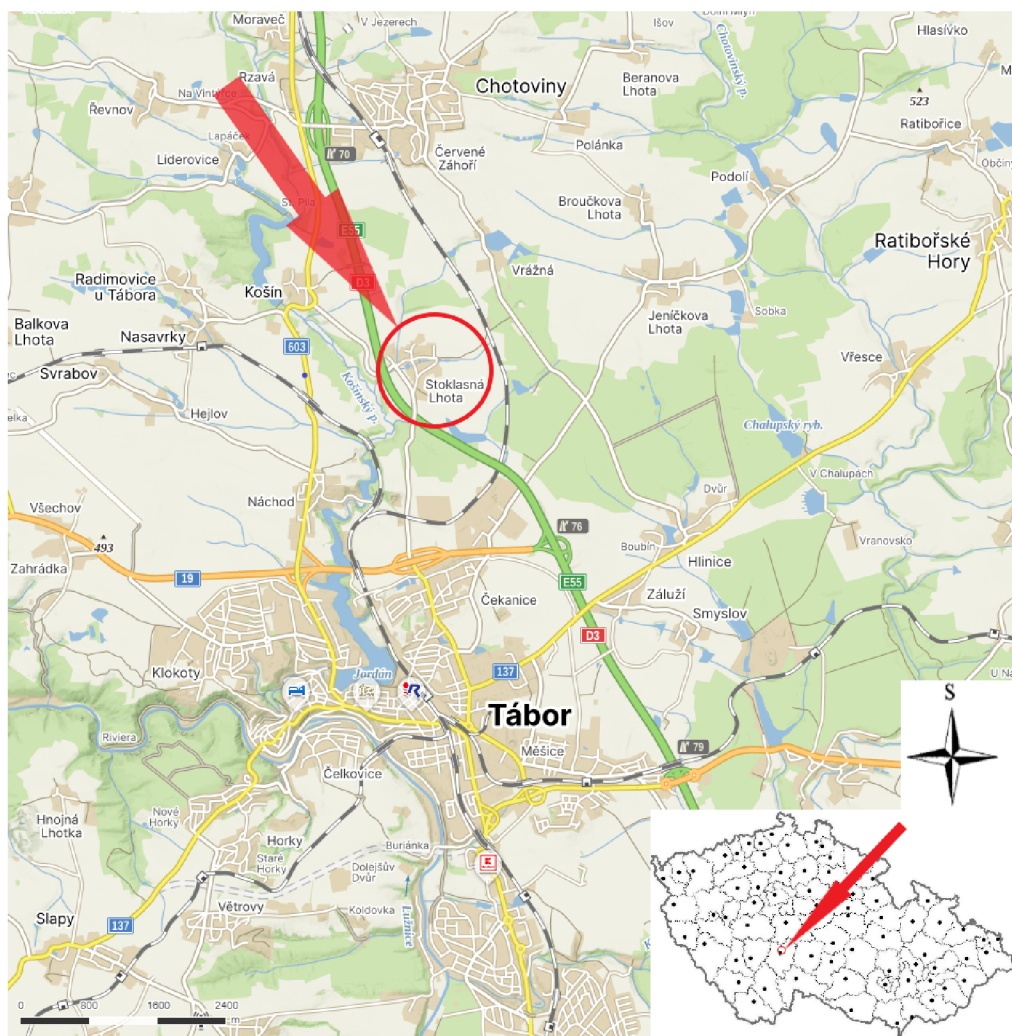
14 Charakteristika studijního území

Stoklasná Lhota kdysi bývala samostatnou obcí. V dnešní době je součástí města Tábor jako jedna z jeho patnácti místních částí. Od středu města je vzdálena 3,7 km vzdušnou čarou směrem na sever a rozkládá se na ploše zhruba 14 ha. Kolem západní části obce prochází dálnice D3.

Příjezd do obce je možný po silnici III. třídy č. 00347, patřící Správě a údržbě silnic Jihočeského kraje, ze směru od obce Čekanice nebo od obce Košín, ze které je možné po silnici č. 603 dojet na nedaleký dálniční exit č. 70 dálnice D3. Do obce je

zavedena autobusová linka č. 20, kterou zajišťuje MHD Tábor. Podle dat českého statistického úřadu z roku 2021 žilo v obci 162 stálých obyvatel.

Na východní straně obce se nachází dva za sebou průtočné bezejmenné rybníky. Výtok z těchto rybníků je zatrubněný. Jako zatrubněný pokračuje výtok do návesního rybníka ve středu obce a následně ústí do rybníka Dolejší v západní části obce. Na severozápadním okraji obce byla v nedávné době vybudována malá vodní nádrž sloužící jako zdroj vody pro místní zemědělství. Přestože se v obci nachází čtyři rybníky a jedna retenční nádrž, potýká se obec dlouhodobě s nedostatkem vody. Výtoky ze všech těchto vodních ploch se spojují v jeden bezejmenný tok, který ústí do Košínského potoka na západní straně dálnice D3.



obr. 14: Situace lokality v kontextu České republiky a nejbližšího okolí obce, zdroj: mapy.cz, autor

15 Metodika

Podklady ke zpracování této bakalářské práce mi poskytli Ing. Aleš Mucha a p. Jan Krátoška z firmy Aqua Procon s. r. o., která zpracovává projektovou dokumentaci studie. Konzultace ohledně projektu a stávající situace v obci mi rovněž poskytl zodpovědný projektant p. Jan Krátoška.

Z poskytnutých podkladů jsem pomocí programu MicroStation V8 upravil mapové podklady situace širších vztahů v obci pro potřeby vyobrazení plánované kanalizační sítě. Konkrétní informace o stávajících a plánovaných stokách a parametrech ČOV vycházejí z technických zpráv projektu. Podklady o hladině podzemních vod, podloží a způsobu odvodnění stavby vycházejí z podkladů zprávy o inženýrskogeologickém průzkumu společnosti 2g geolog s. r. o z května roku 2018.

Informace o územním rozvoji obce vychází z volně dostupných zdrojů územního rozvoje obce umístěných na internetových stránkách města Tábor.

Pro stanovení orientačních investičních nákladů plánované varianty jsem využil technickou zprávu projektu a příručku ministerstva pro místní rozvoj ČR z roku 2023 s názvem „Průměrné ceny dopravní a technické infrastruktury obcí“.

Informace v teoretické části práce vycházejí ze zdrojů uvedených v seznamu použité literatury v závěru této práce.

16 Současný stav řešené problematiky

V šedesátých letech minulého století byla v území obce vybudována jednotná mělce uložená kanalizace tvořená betonovým potrubím profilů DN300 – DN600. Na tuto kanalizaci je dodnes napojená naprostá většina obyvatel. Tato kanalizace má vyústění do rybníků v obci. Přečištění odpadních vod si řeší obyvatelé sami. Část obyvatel má na svých pozemcích zřízené septiky s přepadem, přičemž je odváženo jen největší znečištění. Další část obyvatel má zřízené septiky se vsakem na svých pozemcích, domovní čistírny anebo jsou napojeni přímo do stávající jednotné kanalizace. V době psaní této práce ještě nebyla konkrétně zmapována situace Jednotlivých domů. Vzhledem ke stáří stávající kanalizace dochází k průsakům splaškových vod do podloží.

V obci se kromě stávající jednotné kanalizace nachází také řada jiných inženýrských sítí, jakými jsou například podzemní vedení sítě nízkého napětí (E.ON

a.s.), podzemního sdělovacího vedení (CETIN a.s.), podzemní vedení sítě veřejného osvětlení (Technické služby Tábor s.r.o), přípojky nízkého napětí (E.ON a.s.). Do obce je souvisle se stavbou kanalizace plánováno zavedení podzemní sítě střednětlakého plynovodu. V současné době v obci není zavedena síť plynovodu.

Z pohledu geomorfologického členění území se obec nachází v severovýchodní části okrsku Sezimoústecká pahorkatina. Ta je charakterizována jako plochá pahorkatina na moldanubických pararulách, písčích, jílech a miocéních štěrcích. Z pohledu výkopových prací lze území charakterizovat jako území se složitými geologickými poměry v místech dotčených stavbou. Ve všech provedených sondách byly nalezeny pararuly v různých stupních zvětrání.

Hladina podzemní vody v dotčených území se pohybuje od 0,8 až 3,0 m pod úrovní stávajícího terénu. Průměrná hloubka uložení budoucího kanalizačního potrubí je plánována v rozmezí mezi 2,2 až 3,3 m pod úrovní stávajícího terénu. Vzhledem k hladině podzemních vod bude muset být většinová délka výkopů opatřena drenážemi.

17 Varianty návrhu studie

V rámci studie byly navrženy a posuzovány čtyři možné varianty odkanalizování obce Stoklasná Lhota a její napojení na rozvod pitné vody. Tato práce je ovšem zaměřena pouze na část odkanalizování obce. Možné návrhy vodovodu jsou tedy v následujících kapitolách vynechány. Jednotlivé varianty studie se liší ve způsobu odvádění splaškových vod. Podklady pro zpracování této části vycházejí ze studie projektu napojení obce Stoklasná Lhota na kanalizaci vypracovanou společností Aquaprocon. Situace jednotlivých variant je zobrazena v příloze 2.

17.1 Varianta 1

První varianta počítá s gravitačním odvedením splašků do nově vybudované ČOV, jejíž umístění je plánováno v západní části obce v zálohu komunikace III/00347 Tábor – Košín. Vyčištěná voda má být sváděna do Košínského potoka. Celková navrhovaná délka splaškové gravitační kanalizace v této variantě činí 2 425 m. Použito má být polypropylenové potrubí DN250.

17.2 Varianta 2

Varianta 2 počítá s gravitačním odvedením splaškové vody z obce do čerpací stanice umístěné v nejnižším místě obce v zálohu komunikace III/00347 Tábor – Košín. Dále budou splašky čerpány podél komunikace směrem ke křížení dálnice D3 a dále na ČOV to Tábora. Je počítáno s umístěním celkem 11 ks čistících prefabrikovaných šachet na výtlaku splašků. Pro návrh je použito potrubí PE 100 SDR11 DE 90, jehož celková délka činí 2 500 m. Dále bude na kanalizaci umístěna čerpací stanice s výkonem 3 l/s a tlumící stoka PP DN 250 v délce 3 m.

17.3 Varianta 3

Varianta 4 počítá se svedením splaškové vody do čerpací stanice umístěné v zálohu komunikace III/00347 Tábor – Košín. Dále budou podél stejné komunikace čerpány do stávající čerpací stanice ČSK 6 – TA Náchod ATC, která přečerpává splaškové vody směrem do Tábora. Součástí tohoto napojení je výměna stávajících čerpadel a celková úprava čerpací stanice ČSK 6. Celková délka potrubí PE100 SDR11 DE 90 výtlaku splašků činí 2 413 m. Na trase kanalizace bude umístěna čerpací stanice o výkonu 3 l/s a dojde k osazení celkem 12 ks čistících prefabrikovaných šachet.

17.4 Varianta 4

Také v této variantě se počítá s gravitačním odvedením splašků do čerpací stanice v místě zálohu komunikace III/00347. Z této čerpací stanice budou splašky dále čerpány podél této komunikace směrem do Tábora. Varianta 4 počítá s umístěním celkem 17 ks čistících prefabrikovaných šachet a čerpací stanicí s výkonem 3 l/s. Dále bude v trase kanalizace umístěna tlumící stoka PP DN 250 o délce 17 m. Celková délka výtlaku splašků je 3 513 m.

18 Hodnocení variant

18.1 Varianta 1

Výhody:

- při výstavbě bude dotčeno minimum soukromých vlastníků,
- dotčené pozemky byly již dopředu předmětem diskuze,
- z pohledu investičních nákladů nejlevnější varianta,

Nevýhody:

- nutnost výstavby nové ČOV a přilehlých objektů,
- provoz malé ČOV.

18.2 Varianta 2

Výhody:

- napojení budované kanalizace na stávající infrastrukturu města Tábor

Nevýhody:

- jedná se o nejdražší variantu,
- celková délka výtlaku splašků,
- část trasy je vedena v blízkosti lesa, kde je nutné kácení jeho části,
- velká část trasy je vedena podél krajské komunikace,
- protlak vedoucí pod železniční tratí,
- podchod pod dálnicí.

18.3 Varianta 3

Výhody:

- z variant výtlaku splašků u variant 2-4 je varianta 3 nejkratší,
- napojení budované kanalizace na stávající infrastrukturu města Tábor.

Nevýhody:

- velká část trasy je vedena podél krajské komunikace,
- celková délka výtlaku splašků,
- část trasy je vedena v blízkosti lesa, kde je nutné kácení jeho části,
- protlak vedoucí pod železniční tratí,
- podchod pod dálnicí.

18.4 Varianta 4

Výhody:

- velká část trasy je vedena v pozemcích města Tábor,
- napojení budované kanalizace na stávající infrastrukturu města Tábor.

Nevýhody:

- celková délka výtlaku splašků,
- část trasy je vedena v blízkosti lesa, kde je nutné kácení jeho části,
- protlak vedoucí pod železniční tratí.

18.5 Výsledky

Všechny zmíněné varianty počítají s využitím stávající jednotné kanalizace, která by byla opravena a dále využívána pro účely svádění dešťových vod. Počítá se také s vybudováním nové pouze splaškové gravitační kanalizace včetně zřízení kanalizačních přípojek. První varianta studie zahrnuje vybudování nového objektu ČOV na kraji obce. Varianty 2, 3 a 4 počítají s vybudováním čerpací stanice ve stejném místě jako navrhovaná ČOV, odkud by byly splašky čerpány výtlačným potrubím do ČOV Tábor. Tyto tři varianty se liší v trase vedení výtlačného potrubí.

Hlavní nevýhodou varianty 1 je vybudování nové ČOV. Nevýhodu spatřuji především v následných nákladech na provoz této čistírny. Neoptimálnější variantou z hlediska následných provozních nákladů by bylo napojit odvádění splašků do stávající ČOV Tábor. Touto možností se zabývaly varianty 2, 3 a 4. Vzhledem ke vzdálenosti mezi obcí Stoklasná Lhota a městem Tábor je nutné odvádět splašky z obce pomocí výtlačného potrubí. Právě ona vzdálenost je největší nevýhodou a problémem těchto tří variant. Vybudování výtlačného splaškového potrubí v délce přibližně 2 400 až 3 500 m (v závislosti na variantě) se potýká primárně s majetkoprávními problémy. Trasa potrubí by procházela přes velké množství pozemků, v některých případech by také muselo dojít k vykácení značné části lesa. V trase mezi Stoklasnou Lhotou a Tábořem by bylo zároveň nutné překonávat překážky, jako je trasa dálnice D3 a železnice. Vzhledem ke zdejší povaze terénu by křížení s dálnicí muselo být provedeno ve velké hloubce pod stávajícím terénem. Takový způsob protlaku kanalizace by byl značně nákladný a technicky náročný.

Z těchto výše zmíněných důvodů a po srovnání kladů a záporů jsem jako vítěznou variantu vybral variantu 1 – vybudování samostatné ČOV.

19 Popis vybrané varianty

Jako konečná varianta k výstavbě kanalizace pro obec Stoklasná Lhota byla vybrána z původní studie varianta 1. Ta počítá s výstavbou gravitační kanalizace a samostatné ČOV s čerpací stanicí na ČOV v nejnižším bodě obce v zálohu komunikace III/00347. Součástí kanalizační sítě za ČOV je vybudování přepadu a odvodu přečištěných splaškových vod do stávajícího bezejmenného potoka, který dále ústí do Košínského potoka. Veškeré stoky uvnitř obce jsou navrženy z potrubí PP DN250 plnostěnné žebrované konstrukce. Vzorové uložení stok je popsáno v příloze 3.

V místech, kde budou práce probíhat nad hladinou podzemní vody, bude na základové spáře proveden podsyp tloušťky 150 mm ze štěrkopísku nebo drceného kameniva frakce 0-16 mm. Pokud se v místě prací bude vyskytovat podzemní voda, bude na základové spáře zajištěn podsyp hutněného štěrku tloušťky 150 mm a na dně výkopu bude zhotovena drenážní rýha pro uložení drenážního potrubí DN100. Obsyp bude proveden ze štěrkopísku frakce 0-16 mm nebo drceného kameniva s použitím geotextílie v závislosti na podmínkách výskytu podzemní vody.

Celková délka kanalizace včetně odtoku z ČOV je 2 376,92 m. Splaškové přípojky budou tvořeny potrubím PVC DN150 v počtu 78 ks a celkové délce 405,00 m.

V místech napojení stok, v místech změny směru, na rovných úsecích po maximální vzdálenosti 50 m, na koncích stok a v místech výškových lomů budou umístěny prefabrikované kanalizační šachty s průměrem DN 1000.

Nově budovaná kanalizace bude sloužit pouze jako kanalizace splašková. Pro účely odvádění dešťových vod bude využita stávající kanalizace, na které bude vzhledem k jejímu stáří a stavu provedena oprava pomocí bezvýkopových i výkopových technologií. Před samotným spuštěním nové kanalizace a ČOV do provozu bude důsledně zkontrolováno, že do nově vybudované kanalizace není připojen žádný potenciální zdroj dešťové vody.

Před samotnou výstavbou ČOV dojde k plošnému vykácení náletových stromů a zeleně v místě stavby. Zároveň bude nutné pokácení sedmi stávajících stromů v trase kanalizace. Situace varianta 1 je znázorněna v příloze 1.

19.1 Kmenová stoka A

Z areálu ČOV umístěné v zálohu komunikace III/00347 Tábor – Košín je vedena kmenová stoka A směrem do obce, která prochází pod touto komunikací protlakem. Do této stoky budou napojeny veškeré ostatní budované stoky. Stoka bude vedena dále v komunikaci do centrální části obce, poté směrem na jih kolem návsi až na jižní okraj obce, kde následně odbočí doleva do vedlejší ulice. Na konci této ulice bude ukončena šachtou před rybníkem.

Stoka A-1 bude vedena v trase od místa protlaku pod krajskou komunikací III/00347 severozápadním směrem. Potrubí stoky bude uloženo do asfaltové komunikace a bude ukončeno šachtou na konci ulice. Do této stoky bude napojena stoka A-1-1 vedoucí v nezpevněné komunikaci.

Stoka A–2 bude do kmenové stoky A zaústěna v místě křížení místní komunikace s komunikací hlavní, u kterého se nachází místní obecní kaple. Dále bude do stoky A napojena stoka A–3, do které bude ve křížení hlavní a místní komunikace napojena stoka A–3–1. Dále pak bude napojena vedlejší stoka A–4 a následně A-5. Obě tyto stoky jsou uloženy v nezpevněné travnaté komunikaci. Jejich trasa je vedena jižním směrem do území, se kterým se v souladu s územní studií počítá jako s možnou zastavitelnou plochou obce. Na kmenové stoce A včetně jejích vedlejších stok bude umístěno celkem 50 šachet. Podélný profil stoky A je popsán v příloze 4.

Tyto stoky se nacházejí ve složitých základových podmínkách. V místě stavebních prací se bude vyskytovat souvislá hladina podzemní vody. Velmi mělká hladina podzemní vody do 1 m pod stávajícím terénem se bude vyskytovat v okolí návsi a rybníků. V ostatních částech se bude pohybovat okolo 1 až 2 m pod stávajícím terénem.

Průměrná hloubka uložení kanalizačního potrubí je 2,2 m pod úrovní stávajícího terénu. Výjimku tvoří pouze 135 metrů dlouhý úsek stoky A, který bude vyhlouben do hloubky až 5,1 m pod stávajícím terénem. Čtvrtina z celkové délky těchto stok bude zakládána do jílu se střední plasticitou až jílu písčitého. Zbylá délka potrubí bude založena do zcela zvětralých pararul, které jsou samy o sobě přirozenou drenáží.

19.2 Stoka B

Její trasa začne v křížení hlavní a místní komunikace nedaleko návsi a povede severním směrem. Ze stoky B bude dále vycházet stoka B–1, která bude vedena směrem k retenční nádrži na severozápadě obce. Do stoky B–1 bude dále zaústěna stoka B–1–1. Na stoce B a na jejích vedlejších stokách bude umístěno celkem 14 šachet.

Stoka B a vedlejší stoky budou uloženy v průměrné hloubce 2,5 m pod stávajícím terénem. V trasách stok se nachází mělká hladina podzemní vody od 0,5 do 2,0 m pod stávajícím terénem.

19.3 Stoka C

Tato stoka bude začínat na návsi v křížení hlavní a místní komunikace nedaleko autobusových zastávek. Dále bude vedena skrze náves severovýchodním směrem v místní asfaltové komunikaci. Za návsi stoka odbočí východním směrem a bude

procházet v místní komunikaci mezi návesním rybníkem a budovou místních dobrovolných hasičů. V trase této komunikace bude pokračovat východním směrem až k poslednímu domu na konci ulice. Zde bude pokračovat trasa severním směrem.

Do stoky budou umístěny vedlejší stoky C-1 procházející v místní komunikaci po jižní straně návesního rybníka, za kterým bude ukončena. Do této stoky bude dále napojena stoka C-1-1, která bude kopírovat jižní stranu návesního rybníka. Následně budou na severní straně návsi do stoky C napojeny stoky C-2 a C-3. Jako poslední bude do stoky C zaústěna stoka C-4 vedená v místní komunikaci. Na stoce C a stokách k ní vedlejších se bude nacházet celkem 24 šachet.

Průměrná hloubka uložení těchto úseků potrubí bude 2,5 m pod úrovní současného terénu. Většina úseků bude hloubena ve zvodnělých zeminách, jílech a v pararulách, které jsou stěží rozpojitelné. Hladina podzemní vody se pro tyto úseky nachází mělce, a to v hloubce od 0,6 do 2,0 m pod stávajícím terénem.

19.4 Navrhovaná ČOV

Nově budovaná ČOV bude tvořena podzemní i nadzemní částí. Podzemní část bude tvořena železobetonovou nádrží, nadzemní část pak keramickým zdivem tloušťky 300 mm a bude kryta dřevěným sedlovým krovem. Navržený typ ČOV je typu Bio – Cleaner od společnosti Envi – Pur s. r. o. Tábor. Technologii čištění je klasické aktivační biologické čištění s předřazenou denitrifikací, která je promíchávána. Principem technologie je velmi nízkém zatížení aktivovaného kalu. Samotná aktivace je řešena pomocí jemnobublinné aerace. K ČOV bude vybudována příjezdová komunikace z asfaltobetonu umožňující pojezd osobních a lehkých nákladních vozidel.

19.4.1 Mechanické předčištění

Voda bude k ČOV dopravena kanalizací gravitačně a poté na ČOV čerpána z čerpací jímky se dvěma ponornými kalovými čerpadly s mělnicím zařízením, která se budou v provozu pravidelně střídát. Před vstupem do ČOV jsou navrženy jemné strojně stírané česle a vírový lapák písku. Shrabky z česlí budou skladovány v plastových nádobách. Případný potřebný obtok přes strojně stírané česle je zajištěn i přes ručně stírané česle.

19.4.2 Biologické čištění

Poté již voda vtéká do denitrifikační zóny, která je promíchávána a dochází zde k odstranění dusíku. Následně voda vtéká do aktivačního procesu a nitrifikace, kde dochází k aerobnímu odbourávání organického znečištění. Provzdušňování je jemnobublinné a je zajištěno pomocí dmychadla. Dále je aktivovaný kal od vyčištěné vody separován v dosazovací nádrži. Aktivační směs protéká dosazovací nádrží vertikálně a vločky aktivovaného kalu jsou sedimentovány. Poté již přečištěná voda odtéká přes přepad a měrné zařízení do bezejmenného recipientu. Vracení aktivovaného kalu zajišťuje pneumatické čerpadlo. Přebytečný kal bude ukládán výtlačným potrubím do kalové jímky, odkud může být vyčerpán fekálním vozem. V objektu ČOV bude osazeno také zařízení pro chemické srážení fosforu.

19.4.3 Parametry ČOV

Kapacita navrhované ČOV je plánována pro 200 EO. Ostatní parametry jsou:

- objem denitrifikace: 14 m³
- objem aktivace – nitrifikace: 32,5 m³
- objem dosazovací nádrže: 8 m³
- denní přítok vody: 36 m³
- průměrný přítok splašků: 0,30 l/s
- maximální průtok splašků: 1,88 l/s
- denní přínos znečištění: 10 kg BSK₅, 10 kg NL

Návrhové denní parametry počítají s průměrným celkovým denním množstvím splaškových vod, které je $Q_{24cel} = 26 \text{ m}^3/\text{den}$.

Hodnoty koncentrací na odtoku z ČOV do recipientu stanovené podle údajů výrobce:

parametr	hodnota	průměrné	maximální
CHSK _{cr}	mg/l	110	170
BSK ₅	mg/l	30	50
NL	mg/l	40	60
N-NH ₄ ⁺	mg/l	20	30

Tab. 19.1: hodnoty koncentrací na odtoku z ČOV, technická zpráva projektu kanalizace Stoklasná Lhota

Výše uvedené hodnoty koncentrací na odtoku z ČOV splňují hodnoty stanovené nařízením vlády 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 a o citlivých oblastech. Hodnoty dle nařízení vlády pro kategorii ČOV do 500 EO jsou:

parametr	hodnota	průměrné	maximální (nepřekročitelné)
CHSK _{cr}	mg/l	150	220
BSK ₅	mg/l	40	80
NL	mg/l	50	80
N-NH ₄ ⁺	mg/l	-	-

Tab. 19.2: hodnoty koncentrací na odtoku z ČOV dané nařízením vlády č. 401/2015 Sb.

20 Investiční náklady

Při propočtu odhadu investičních nákladů projektu varianty 1 jsem vycházel z dokumentu Ministerstva pro místní rozvoj ČR s názvem „Průměrné ceny dopravní a technické infrastruktury obcí 2023“.

Rozpočtové náklady počítají s hloubkou výkopu 2,60 m + 0,20 m výškou ornice v případě nezpevněného povrchu. V případě asfaltového vozovky jsou v cenách zahrnuty náklady na řezání asfaltového krytu a odstranění podkladních vrstev vozovky. Počítá se s hloubkou výkopu 3,0 m. Celkové náklady obou povrchů také zahrnují umístění kanalizačních šachet po 25 m délky potrubí. Cena kanalizačních přípojek zahrnuje náklady spojené se zemními pracemi a uvažuje hloubku výkopu 2,0 m.

Kanalizace splašková, plastové potrubí, DN 250			
položka	jednotka	nezpevněný povrch	asfaltová vozovka
Náklady na 1 bm	[Kč]	8 383	17 721
Náklady na 1 bm při výskytu podzemní vody	[Kč]	-	18 131
Celková délka potrubí	[m]	350	2060
Celková cena	[Kč]	2 934 050	37 349 860

Tab. 20.1: náklady na vybudování splaškové kanalizace, zdroj: autor

Přípojky splaškové kanalizace, DN 150		
Cena za 1ks	[Kč]	6 054
Počet kusů	[ks]	78
Celková cena	[Kč]	472 212

Tab. 20.2: náklady na vybudování splaškových přípojek, zdroj: autor

V následující tabulce je proveden odhad výpočtu ceny podzemní části ČOV a následně odhad výpočtu ceny nadzemní provozní části ČOV.

ČOV		
Počet EO		200
Cena za na 1EO	[Kč]	43 602
Celková cena	[Kč]	8 720 400

Tab. 20.3: náklady na vybudování ČOV, zdroj: autor

Provozní budova ČOV		
Náklad na 1 m ³ obestavěného prostoru	[Kč]	9 800
Obestavěný prostor	[m ³]	177
Celková cena	[Kč]	1 734 600

Tab. 20.4: náklady na vybudování provozní budovy ČOV, zdroj: autor

V tabulce níže je uvedena celková odhadovaná cena návrhu varianty 1, která činí 51 211 122 Kč. Na základě dostupných podkladů ze studie návrhu kanalizace v obci Stoklasná Lhota z počátku roku 2020 jsem porovnal tehdejší odhad investičních nákladů s odhadem vlastním. Odhad nákladů z roku 2020 počítal s cenou vybudování kanalizace a ČOV, která činila 35 830 000 Kč. Vzhledem ke změně globální geopolitické a ekonomické situace od roku 2020 do letošního roku 2024 došlo ke zdražení většiny položek projektu. Obecně se u takovýchto projektů v rozpočtové praxi počítá se zvýšením ceny projektu o 1,45násobek původní ceny. Při vynásobení původní ceny projektu z roku 2020 (35 830 000 Kč) koeficientem 1,45 jsem získal výsledek 51 953 500 Kč. Můj provedený celkový odhad investičních nákladů na základě cen z roku 2023 tedy považuji za realistický a blízký skutečné ceně.

Celkové náklady výstavby kanalizace a ČOV		
Splašková kanalizace	[Kč]	40 283 910
Přípojky splaškové kanalizace	[Kč]	472 212
ČOV	[Kč]	8 720 400
Provozní budova ČOV	[Kč]	1 734 600
Celková cena projektu	[Kč]	51 211 122

Tab. 20.5: celkové náklady projektu varianty 1, zdroj: autor

21 Diskuse

Malé obce o velikosti do 500 obyvatel v České republice používají často systém kanalizace z druhé poloviny 20. století. Území obce Stoklasná Lhota, kterou jsem využil pro napsání své práce, je toho reálným příkladem. Tyto systémy jsou z dnešního pohledu většinou považovány za nepříliš vhodné, např. z důvodů odvádění části splašků bez vyčištění přímo do vodních recipientů, vsakování splaškových vod, poškození stávajícího potrubí a s tím souvisejícím vyšším výskytem balastních vod, nebo absence následného využívání dešťových vod. Z nabízených možností řešení pro čištění odpadních vod se volí především takové, které bere největší ohled na konkrétní lokalitu. V praxi to znamená, že v lokalitách s hustou nebo málo rozptýlenou zástavbou bude vhodnější volit čištění odpadních vod z více objektů najednou v centrální ČOV. Naopak tam, kde jsou mezi obcemi, mezi částmi obcí nebo v rozptýlené zástavbě velké vzdálenosti, je vhodnější volit decentralizovaná řešení tvořená několika menšími ČOV nebo také žumpami a septiky v rámci těch nejmenších obcí.

Největšími problémy při stavbě kanalizace a na ní napojené ČOV v malých obcích jsou potřebné investiční náklady celého projektu, které často mnohonásobně přesahují roční rozpočet obce. Takovým obcím pak nezbývá nic jiného, než se spoléhat na různé formy dotací a musí přijmout riziko velkého zadlužení v poměru ke svému ročnímu rozpočtu. Dalším problémem, který u malých obcí může nastat, je zajištění alespoň minimálního přítoku na ČOV, který se může v průběhu dne výrazně lišit. Zajištění tohoto přítoku je nezbytné k zachování správné a konzistentní funkce čistírenského procesu. Je také nutné zahrnout náklady potřebné na provoz a opravy čistírny. Alternativní variantou může být vybudování přírodní kořenové čistírny odpadních vod.

Pokud není možné z technických, ekonomických či jiných důvodů zajistit vybudování kanalizace a následné čištění odpadních vod z daného území obce, je nutné přistoupit k využití jiných možností. Takovými jsou vybudování žump, septiků se zemními filtry nebo domovních čistíren odpadních vod (DČOV).

Žumpy jsou zpravidla betonové nebo plastové izolované bezodtoké nádrže. Jsou do nich přiváděny veškeré odpadní vody z domácnosti, které nejsou nijak čištěny. Obsah žumpy je potřeba pravidelně vyvázet fekálním vozem. Takové řešení se vzhledem k nákladům na vývoz obsahu žumpy hodí k nemovitostem, které jsou obývány pouze po část roku. K vybudování není potřeba stavební povolení.

Za septik se považuje nádrž, ve které dochází k mechanicko-biologickému čištění odpadních vod z domácnosti. Nejčastěji je rozdělen do tří komor, kterými voda protéká. Aby se docílilo co nejlepšího stupně vyčištění odpadních vod, jsou za septiky umístovány zemní (např. pískové) filtry, které zajišťují konečné dočištění. Voda ze septiku odtéká buď do kanalizace nebo do země. Z tohoto důvodu je septik považován za vodní dílo a k jeho výstavbě je zapotřebí stavební povolení a povolení k nakládání s vodami. Septik se neobejde bez nutnosti pravidelného vývozu kalu fekálním vozem, avšak v delších intervalech než žumpa.

DČOV se navrhuje na základě předpokládaného množství EO v nemovitosti, podle kterého se volí její velikost. Na rozdíl od septiku je DČOV závislá na pravidelném přítoku odpadních vod. Čištění probíhá na základě stejných mechanicko-biologických procesů jako u velkých ČOV. Součástí DČOV jsou také usazovací, aktivační a dosazovací nádrže. Mohou být také vybaveny dalšími stupni čištění, jako je například využití UV lamp. Vody z těchto čistíren je možné vsakovat do země nebo vypouštět do vodních recipientů, přičemž jejich kvalita je regulována zákonem. Další možností je využití vody pro potřeby zálivky. Kal z DČOV je nutné odčerpávat.

Výše zmíněná řešení jsou vhodná pro obce, které kvůli svým finančním možnostem nejsou schopny zajistit vybudování obecní kanalizační sítě a ČOV. Zřízení žumpy, septiku nebo DČOV si zajistí v takové obci každý majitel nemovitosti na vlastní náklady. Taková situace by mohla nastat i v případě řešené lokality obce Stoklasná Lhota. Její výhodou je však to, že je součástí města Tábora jako jedna z městských částí.

22 Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo seznámit čtenáře s problematikou odvádění a čištění odpadních vod. Druhá část práce se věnovala studii návrhu splaškové

kanalizace a čištění splaškových vod v obci Stoklasná Lhota, výběru nejvhodnější varianty pro danou obec a následnému podrobnému popisu vybrané varianty.

V teoretické části této práce byla zpracována rešerše z dostupné literatury české i zahraniční. Rešerše byla zpracována tak, aby čtenáři poskytla obecný a ucelený pohled na problematiku odvádění a čištění odpadních vod v urbanizovaných územích. Nejdříve byla literární rešerše zaměřena na úvod do historie oboru, dále se věnovala současným legislativním normám. V další části jsou uvedeny druhy odpadních vod a jsou nastíněny k dnešní koncepci odvádění odpadních vod. Dále se práce věnuje stokovým systémům, jejich rozdělení a různorodým způsobům dopravy odpadních vod. Práce také podrobně zohledňuje jednotlivé používané materiály pro potrubí stok. Nejen že shrnuje jejich výhody a nevýhody, ale práce také nabízí aktuální pohled na problematiku stokování a ukazuje možnosti použití těchto materiálů v praxi. Poté následuje část věnovaná objektům na stokových sítích, ve které jsou jednotlivé objekty obecně popsány. Větší pozornost je věnována objektům používaných ve studii návrhu kanalizace ve druhé části práce. Poslední část literární rešerše je věnována čištění odpadních vod.

Druhá část této bakalářské práce byla zaměřena na práci se studií návrhu kanalizace pro obec Stoklasná Lhota. V rámci této části jsem se nejdříve zaměřil na popis dané lokality a shrnutí současného stavu lokality. Pro tuto lokalitu byly vypracovány celkem čtyři možné varianty návrhu výstavby nové splaškové kanalizace. Za nejvhodnější jsem zvolil variantu 1, která se od zbylých třech variant lišila návrhem vybudování nové malé ČOV na kraji obce. Ostatní varianty počítaly s vybudováním výtlačného potrubí splašků z obce do města Tábor, kde by byla k čištění splaškových vod ze Stoklasné Lhoty využita ČOV Tábor. Varianty 2, 3 a 4 se ukázaly jako nevyhovující, a to hned z několika důvodů. Jednalo se o příliš dlouhé trasy výtlačného potrubí, mnoho majetkoprávních komplikací a důvodem byly také složité protlaky potrubí pod dálnicí D3 a železniční tratí.

Jak již bylo zmíněno, zvolená výsledná varianta 1 počítá s vybudováním nové malé ČOV na kraji obce. Vybudována bude zcela nová gravitační splašková kanalizace se třemi hlavními stokami A, B a C, na které budou připojeny stoky vedlejší. Dále budou zhotoveny kanalizační přípojky pro všechny domy v obci. Stávající jednotná kanalizace bude opravena a dále využita pro účely odvádění dešťových vod do návesního rybníka a do rybníka Dolejší. Stavbu kanalizace bude ztěžovat mělce se vyskytující hladina podzemní vody pod úrovní stávajícího terénu v téměř celé její trase.

23 Fotodokumentace území



obr. 23.1: pohled na místo umístění budoucí ČOV v zářezu komunikace III/00347h, severozápadní pohled, zdroj: autor



obr. 23.2: pohled ve směru toku na bezejmenný potok do kterého bude zaústěn výustní objekt ČOV, zdroj: autor



obr. 23.3: pohled na trasu stoky A před zaústěním do ČOV, severovýchodní pohled, zdroj: autor



obr. 23.4: pohled na místo budoucího zaústění stoky B do stoky A, jihovýchodní pohled, zdroj: autor



obr. 23.5: pohled na místo budoucího zaústění stoky C do stoky A, vpravo se nachází návěs obce, severovýchodní pohled, zdroj: autor



obr. 23.6: pohled na současné vyústění stávající kanalizace do návěsního rybníku, zdroj: autor

24 Použité zdroje

24.1 Použitá literatura

- [1] AICHER, Peter J. *Guide to the aqueducts of ancient Rome*. Wauconda, Ill.: Bolchazy-Carducci Publishers, ©1995. ISBN 0-86516-282-4
- [2] AMOTEY, Peace and BANI, Richard. *Wastewater Management, Waste Water -Evaluation and Management* [online]. InTech, 2011, s. 379-398 [cit. 2024-01-26]. ISBN: 978-953-307-233-3. Dostupné z: <http://www.intechopen.com/books/waste-water-evaluation-and-management/wastewater-management>
- [3] BABA, Alper a kol., Developments in water dams and water harvesting systems throughout history in different civilizations. *International Journal of Hydrology* [online]. MedCrave Publishing, 2018, vol. 2, no. 2, s. 150-166 [cit. 2024-01-25]. ISSN 2576-4454. Dostupné z: <https://gcris.iyte.edu.tr/handle/11147/7229>
- [4] BUTLER, David a DAVIES, John W. *Urban drainage*. 2nd ed. New York: Spon Press, 2004. ISBN 0-415-30607-8.
- [5] DOHÁNYOS, Michal; KOLLER, Jan a STRNADOVÁ, Nina. *Čištění odpadních vod*. 2. vyd. Praha: VŠCHT, 2007. ISBN 978-80-7080-619-7.
- [6] FRANČZYK, Karel. Špičkové bezvýkopové technologie na projektech ISPA Ostrava [online]. *SOVAK*. 2006, 2006(9), 4-11 [cit. 2024-02-02]. ISSN 1210-3039. Dostupné z: <https://www.sovak.cz/cs/casopis/cislo-92006-casopisu-sovak>
- [7] GRAY, Nicholas F. *Biology of Wastewater Treatment*, 2nd ed., London: Imperial College Press, ©2004. ISBN 1-86094-332-2
- [8] HENZE, M. *Biological wastewater treatment: principles, modelling and design*. London: IWA Pub., 2008. ISBN 1843391880.
- [9] HLAVÍNEK, Petr; MIČÍN, Jan a PRAX, Petr. *Příručka stokování a čištění*. Brno: NOEL 2000, ©2001. ISBN 80-86020-30-4.
- [10] JÁSEK, Jaroslav. *Klenot města: historický vývoj pražského vodárenství*. Praha: Atelier VR, 1997. ISBN 80-238-1055-3.
- [11] KAŇKA, Jiří. *Provozování a bezpečnost stok a čistíren odpadních vod*. České Budějovice: Vysoká škola evropských a regionálních studií, 2013. ISBN 978-80-87472-52-1.
- [12] KYNCL, Miroslav a HEVIÁNKOVÁ, Silvie. *Udržitelné systémy veřejných vodovodů a veřejných kanalizací*. Ústí nad Labem: Univerzita J.E. Purkyně v Ústí nad Labem, Fakulta životního prostředí, 2014. ISBN 978-80-7414-799-9.

- [13] *Metodická příručka zneškodňování odpadních vod v obcích do 2 000 ekvivalentních obyvatel: březen 2009* [online]. Praha: Ministerstvo životního prostředí České republiky, Odbor ochrany vod, 2009 [cit. 2024-01-26]. Dostupné z: <https://www.mzp.cz/web/edice.nsf/e26dd68a7c931e61c1256fbe0033a4ee/0989b086a5d140a7c1257589003ace96?OpenDocument>
- [14] MILERSKI, Rudolf; MIČÍN, Jan a VESELÝ, Jaroslav. *Vodohospodářské stavby*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005. ISBN 80-214-2896-1.
- [15] NYPL, Vladimír a SYNÁČKOVÁ, Marcela. *Zdravotně inženýrské stavby 30: stokování*. Praha: České vysoké učení technické, 1998. ISBN 80-01-01729-X.
- [16] POŠTA, Josef. *Čistírny odpadních vod*. V Praze: Česká zemědělská univerzita, Technická fakulta, 2005. ISBN 80-213-1366-8.
- [17] SLAVÍČKOVÁ, Kateřina a SLAVÍČEK, Marek. *Vodní hospodářství obcí 1: úprava a čištění vody*. 2., přeprac. vyd. V Praze: České vysoké učení technické, 2013. ISBN 978-80-01-05390-4.
- [18] SOJKA, Jan. *Malé čistírny odpadních vod*. 2. aktualiz. vyd. Stavíme. Brno: ERA, 2004. ISBN 80-86517-80-2.
- [19] SPELLMAN, Frank R. *Handbook of water and wastewater treatment plant operations*. Boca Raton, Fla.: Lewis Publishers, ©2003. ISBN 1-56670-627-0.
- [20] SYNÁČKOVÁ, Marcela. *Vodárenství a stokování*. Praha: Fakulta životního prostředí ČZU, 2014 Elektronická skripta.
- [21] ŠEJNOHA, Jiří. *Stavební materiály pro výstavbu stokových sítí*. Praha: Česká vědeckotechnická vodohospodářská společnost, 2003.
- [22] TAYLOR, Rabun M. *Public needs and private pleasures: water distribution, the Tiber river and the urban development of ancient Rome*. Studia archaeologica ("Erma" di Bretschneider), 109. Roma: "L'Erma" di Bretschneider, ©2000. ISBN 88-8265-100-2
- [23] *Technické standardy materiálů a zařízení pro kanalizační stoky a kanalizační přípojky: září 2019* [online]. Šumperk: Vodohospodářská zařízení Šumperk, a.s. [cit. 2024-02-10]. Dostupné z: <https://www.spvs.cz/ke-stazeni>

24.2 Internetové zdroje

- [1] Čištění městských odpadních vod, *eur-lex.europa.eu* [online]. 2017 [cit. 2024-03-02]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/CS/legal-content/summary/urban-waste-water-treatment.html>

- [2] Tábor - Stoklasná Lhota S7, S28/1. *taborczech.eu*. [online] 2016. [cit. 2024-02-28]. Dostupné z: https://www.taborczech.eu/vismo/dokumenty2.asp?id_org=16470&id=45856&n=tabor%2Dstoklasna%2Dlhota%2Ds7%2Ds28%2D1&p1=65695.
- [3] Tábor - Stoklasná Lhota, Historie. *taborsko.eu* [online]. 2008 [cit. 2024-04-05]. Dostupné z: <http://stoklasnalhota.taborsko.eu/index.php?docid=471&lang=CZ>
- [4] Tábor - Stoklasná Lhota. *taborsko.eu* [online]. 2008 [cit. 2024-03-05]. Dostupné z: <http://stoklasnalhota.taborsko.eu/index.php?tree=14&lang=CZ>
- [5] Vodní politika EU, *mzp.cz* [online]. 2008-2023 [cit. 2024-03-02]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/vodni_politika_eu
- [6] Nařízení vlády č. 401/2015 Sb., *e-sbirka.cz* [online]. [cit. 2024-03-5]. Dostupné z: <https://www.e-sbirka.cz/sb/2015/401?zalozka=text>

24.3 Technické normy

ČSN 73 6005 Prostorové uspořádání sítí technického vybavení

ČSN 75 0161 Vodní hospodářství – Názvosloví kanalizace

ČSN 75 6101 Stokové sítě a kanalizační přípojky

ČSN 75 6110 Odvodňovací systémy vně budov

ČSN 75 6402 Čistírny odpadních vod do 500 EO

ČSN EN 12566-1 ed.2 Malé čistírny odpadních vod do 50 EO

24.4 Ostatní zdroje

Osobní konzultace se zodpovědným projektantem projektu Janem Krátoškou

AQUA PROCON s.r.o. - Projektová dokumentace studie vodovodní a kanalizační sítě Stoklasné Lhoty

AQUA PROCON s.r.o. - Projektová dokumentace vodovodní a kanalizační sítě Stoklasné Lhoty

2G Geolog s.r.o. - Zpráva o inženýrskogeologickém průzkumu Stoklasné Lhoty pro vodovod, kanalizaci a ČOV, květen 2018

25 Seznam příloh

Příloha_1: Situace širších vztahů

Příloha_2: Situace širších vztahů – varianty 1, 2, 3, 4

Příloha_3: Vzorový příčný řez uložením stoky – PP potrubí

Příloha_4: Podélný profil stoky A