VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ OBCÍ
INSTITUTE OF MUNICIPAL WATER MANAGEMENT

NAKLÁDÁNÍ S ODPADNÍMI VODAMI V OBCI SUDICE
WASTEWATER MANAGEMENT IN THE VILLAGE SUDICE

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE — **Bc. Lenka Hoferková**
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE — **Ing. PETR HLUŠTÍK, Ph.D.**
SUPERVISOR

BRNO 2017

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3607T027 Vodní hospodářství a vodní stavby
Pracoviště	Ústav vodního hospodářství obcí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Lenka Hoferková
Název	Nakládání s odpadními vodami v obci Sudice
Vedoucí práce	Ing. Petr Hluštík, Ph.D.
Datum zadání	31. 3. 2017
Datum odevzdání	12. 1. 2018

V Brně dne 31. 3. 2017

doc. Ing. Ladislav Tuhovčák, CSc. Vedoucí ústavu	prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

[1] Pasportizační podklady pro vybranou oblast zdravotně-technické infrastruktury
[2] LARRY W. MAYS. Stormwater collection systems design handbook. McGraw-Hill. 2001. ISBN 0-07-135471-9
[3] Wastewater Technology Fact Sheet : Sewers, Pressure. In MEYERS, F.E. [online]. Niskayuna, NY : EPA U.S., 9/2002. http://nepis.epa.gov.epa 832-pf-02-006
[4] STRÁNSKÝ, D., et al. Metodická příručka - Posouzení stokových systémů urbanizovaných povodí. In OPZP.cz [online]. 2009 [cit. 2012-11-25]. http://opzp.cz
[5] ČSN EN 1671. Venkovní tlakové systémy stokových sítí. Český normalizační institut, Praha, 1998
[6] ČSN EN 13508. Zjišťování a hodnocení stavu venkovních systémů stokových sítí a kanalizačních přípojek, Český normalizační institut, Praha, 2011 a 2013.
[7] Související normy a legislativní podklady
[8] Další podklady dle aktualizace vycházející z průběhu řešení dle pokynu vedoucího diplomové práce

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Cílem diplomové práce je provedení studie odvodnění a likvidace odpadních vod v obci. Student v rámci práce provede rozbory odpadních vod ve vytipovaných měrných profilech, provede vyhodnocení rozborů a navrhne opatření proti vniku znečištění vnášeného do recipientu a chovných rybníků pod obcí. Pro posuzovanou lokalitu bude navrženo technologické řešení odkanalizování a čištění odpadních vod, které finančně posoudí s ohledem na aktuální výzvy dotačních titulů v této oblasti.

STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:
1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

Ing. Petr Hluštík, Ph.D.
Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT

Práce je řešena v kontextu na zhoršenou kvalitu vody v Sudickém potoce a úhyn ryb v chovných rybnících napájených z toku. Cílem práce je vyhodnocení rozborů kvality vody v toku z odebraných vzorků ve čtyřech vytipovaných měrných profilech. Následně jsou v práci navrhnuty a technicky popsány tři varianty odvodnění a čištění odpadních vod v obci Sudice. První variantou je návrh centrální čistírny odpadních vod a odvodnění stávající jednotnou či novou oddílnou kanalizací. Druhá varianta představuje návrh a popis decentralizovaného čištění vod v domovních čistírnách. Poslední možnost zahrnuje návrh oddílné kanalizace a výtlaku, kterým budou splaškové vody čerpány na blízkou ČOV Šebetov. V závěru jsou všechny alternativy finančně posouzeny a navrženy možnosti financování. Doporučená varianta řešení je centrální čistírna odpadních vod se stávající jednotnou kanalizací.

KLÍČOVÁ SLOVA

kvalita vody, městská čistírna odpadních vod, jednotná kanalizace, splašková kanalizace, tlaková kanalizace, čerpací stanice, Sudice

ABSTRACT

This thesis is written due to the poor quality of the stream Sudický potok and the fish kills in nearby ponds supplied by the stream. The goal is evaluating the results of the water samples obtained from the four local spots. Polluted quality in the stream in the Sudice town then proceed to design three various solutions of the sewage collection systems. The first option is designing the municipal wastewater treatment plant and the draining wastewater by single sewerage or sanitary sewerage. The second choice designs the domestic waste water treatment plants. The third solution is designing the sanitary sewerage and effluent sewerage to the nearby waste water treatment plant in Šebetov town. All variants are economically evaluated. In conclusion the first solution, municipal waste water treatment plant with the single sewerage, is recommended.

KEYWORDS

water quality, municipal waste water treatment plant, single sewerage, sanitary sewerage, effluent sewer, septic tanks, Sudice

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Bc. Lenka Hoferková *Nakládání s odpadními vodami v obci Sudice.* Brno, 2018. 80 s., 8 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce Ing. Petr Hluštík, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 11. 1. 2018

Bc. Lenka Hoferková
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych poděkovala svému vedoucímu současné diplomové i minulé bakalářské práce Ing. Petru Hluštíkovi, Ph.D. za cenné rady, připomínky a čas věnovaný při konzultacích. Dále bych chtěla poděkovat své rodině za podporu při studiu.

Obsah

1 Úvod **2**

2 Legislativa a normy z oblasti vodního hospodářství **3**
2.1 Právní předpisy České republiky 3
2.2 Právní předpisy Evropské unie 4
2.3 Normy 4

3 Současný stav v obci Sudice **5**
3.1 Popis obce 5
3.2 Popis současného stavu odkanalizování a čištění OV 7
3.3 Údaje o vodním recipientu 7
3.4 Výhled odkanalizování dle PRVKUK 8

4 Monitoring kvality vody v Sudickém potoku **9**
4.1 Problémy v chovných rybnících 9
4.2 Množství rozpuštěného kyslíku 10
4.3 Rozbory kvality vody 12
4.4 Závěr a doporučení 16

5 Varianty řešení nakládání s odpadními vodami v obci Sudice **17**
5.1 Varianta 1a - ČOV a jednotná kanalizace 17
5.1.1 Trubní síť 17
5.1.2 Objekty na síti 22
5.1.3 Čistírna odpadních vod 25
5.2 Varianta 1b – ČOV a nová oddílná kanalizace 34
5.2.1 Trubní síť 35
5.2.2 Objekty na síti 38
5.2.3 Čistírna odpadních vod 39
5.3 Varianta 2 – domovní ČOV 44
5.4 Varianta 3 – oddílná kanalizace a doprava na ČOV Šebetov 47
5.4.1 Trubní síť 47
5.4.2 Objekty na síti 48
5.4.3 Posouzení ČOV Šebetov 50
5.4.4 Množství odpadních vod a znečištění 51

6 Ekonomické zhodnocení variant **53**
6.1 Varianta 1a 53
6.2 Varianta 1b 54
6.3 Varianta 2 56
6.4 Varianta 3 56
6.5 Možnosti financování 57

6.6 Doporučení 59

7 Závěr **61**

Literatura **63**

Seznam tabulek **66**

Seznam obrázků **67**

Seznam grafů **68**

Seznam použitých zkratek a symbolů **69**

Seznam příloh **70**

Summary **71**

1. Úvod

Společnost se v nové době snaží chránit životní prostředí a uvědomuje si jeho důležitost. Jedním z nejdůležitějších úkolů je ochrana vod. Kvalitu povrchových vod ovlivňují především bodové zdroje znečištění (obce a města, průmysl a další). Odpadní voda (OV), která není dostatečně čištěna, vnáší do recipientů antropogenní znečištění působící negativně na vodní faunu a flóru a způsobuje organoleptické problémy. Vnášení nutrientů způsobuje eutrofizaci toků či vodních nádrží, která se projevuje nárůstem řas a sinic. Mikrobiálním rozkladem organických látek ze znečištění dochází ke snížení hodnoty rozpuštěného kyslíku ve vodách, který je potřebný pro život a reprodukci vyšších živočichů v toku např. ryb. Tato prognóza není výhledová, ale již v dnešní době se vyskytují havárie, při kterých dochází k úhynu velkého množství ryb. Jsou to varovné signály a musí se řešit.

Čištění odpadních vod z měst a obcí je tedy prioritou v ochraně povrchových vod a je to jeden z požadavků Evropské unie. Nakládání s odpadními vodami ve městech a obcích má mnoho alternativ řešení. Možnosti jsou decentralizované čištění, či centrální. Obě varianty čištění můžou být při vhodném návrhu, dobrém stavu, kvalitním zpracování a správném provozování dobře fungující a účinné. Roli při rozhodování, kterou variantu zvolit, hraje stavebně – technické řešení a také ekonomická efektivnost jednotlivých navržených alternativ.

Tato diplomová práce se zabývá nakládáním s odpadními vodami v obci Sudice. Je zpracována na základě podnětu obce. Důvodem pro vypracování jsou dva faktory. Prvním je limitující schopnost kanalizačního systému v obci odvádět odpadní vody, které by měly splňovat limitní koncentrace dané vyhláškou. V systému volných vyústí je složité kontrolovat kvalitu vody vnášenou do recipientu. Druhým důvodem jsou opakované havárie spojené s úhynem tun ryb v chovných rybnících, které se nachází níže po toku.

Po této úvodní části následuje stručné shrnutí legislativních a normativních vztahů z oblasti ochrany vod, stokování, čištění odpadních vod a čistírny odpadních vod (dále jen čistírna) (ČOV).

Součástí předkládané diplomové práce je monitoring stavu toku, který probíhal v roce 2016 a 2017. Kvalita Sudického potoka je stanovena na základě výsledků z deseti odběrů odebraných ze čtyř vytipovaných měrných profilů. Rozbory vzorků byly provedeny v laboratoři na Fakultě stavební VUT v Brně a v akreditované Vodohospodářské laboratoři VAS, a. s. v Brně. Všechny výsledky rozborů jsou zpracovány a vyhodnoceny.

V navazujících kapitolách se práce věnuje alternativám odvodnění a likvidaci odpadních vod v obci. Navrženy jsou čtyři technologická řešení, která jsou technicky popsána. Všechny varianty jsou ekonomicky zhodnoceny. V závěru práce je doporučeno nejvýhodnější řešení z hlediska ekonomického a technického.

2. Legislativa a normy z oblasti vodního hospodářství

Ochrana povrchových vod a zlepšení jejich jakosti je jedním z cílů Evropské unie i České republiky v oblasti ochrany přírody. V následujícím textu jsou popsány platné legislativní předpisy a normy týkající se vodního hospodářství, odkanalizování, čištění vod a ochraně přírody.

2.1 Právní předpisy České republiky

Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon) v platném znění se vztahuje k ochraně povrchové a podzemní vody s cílem zlepšení jejich jakosti. Stanovuje podmínky pro hospodárné nakládání s vodami. Účelem je také podpora života ryb v povrchových vodách s rozdělením na vody lososové a kaprové, které jsou stanovené nařízením. Při haváriích ukládá povinnosti pro původce havárie a opatření k jejich nápravě. [4]

Zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích), ve znění pozdějších předpisů se vztahuje na vodovody a kanalizace, které jsou trvale využívány nejméně 50 fyzickými osobami, nebo při produkci odpadních vod více jak 10 m^3/den. Součástí zákona je vymezení pojmů jako např. kanalizace, provozovatel kanalizace, provozování kanalizace apod. Schvaluje a ukládá povinnost zajištění zpracování plánu rozvoje vodovodů a kanalizací. [3]

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 stanovuje ukazatele vyjadřující stav povrchové vody, přípustné znečištění odpadních a povrchových vod. Zvlášť jsou posuzovány hodnoty a ukazatele ovlivňující kvalitu vody v citlivých oblastech. V příloze č. 1 jsou stanoveny emisní standarty přípustného znečištění odpadních vod, které jsou zavazující i pro domovní čistírny odpadních vod (DČOV). Dobrým stavem povrchových vod je stav, který odpovídá ukazatelům uvedeným v příloze č. 2 tohoto nařízení. [5]

Nařízení vlády č. 57/2016 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění odpadních vod a náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod podzemních stanovuje požadavky na účinnost čistění domovních čistíren při vypouštění do podzemních vod. [6]

Vyhláška č. 428/2001 Sb., kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích) stanovuje emisní standarty na čištění odpadních vod včetně požadavků na projektovou dokumentaci, výstavbu a provoz čistíren. Dále požaduje náležitosti pro kanalizační řád a rozbory vzorků odpadních vod. [2]

2.2 Právní předpisy Evropské unie

Vodní rámcová směrnice 2000/60/ES je nejvýznamnější a ucelený právní předpis pro oblast vodního hospodářství. Jejím účelem je sjednocení současných způsobů ochrany vody bez ohledu na administrativní či státní hranice.

2.3 Normy

- ČSN 01 3463 – Výkresy inženýrských staveb
- ČSN 75 2130 – Křížení a souběhy vodních toků s dráhami, pozemními komunikacemi a vedeními
- ČSN 75 6101 – Stokové sítě a kanalizační přípojky
- ČSN 75 6401 – Čistírny odpadních vod pro více než 500 ekvivalentních obyvatel
- ČSN 75 6402 – Čistírny odpadních vod do 500 ekvivalentních obyvatel
- ČSN 75 7051 – Kvalita vod - Biologický rozbor - Stanovení bentosu
- ČSN EN 1610 – Provádění stok a kanalizačních přípojek a jejich zkoušení
- ČSN 75 6404 – Malé čistírny odpadních vod do 50 ekvivalentních obyvatel
- TNV 75 6011 – Ochrana prostředí kolem kanalizačních zařízení

3. Současný stav v obci Sudice

V současné době se zpracovává tato studie odkanalizování obce, která řeší špatný stav nakládání s odpadními vodami v obci Sudice a problémy chovných rybníků pod obcí. Kromě možnosti uváděné v PRVKUK JMK, tedy vybudování vlastní ČOV, tato studie navrhuje další varianty.

3.1 Popis obce

Popis území

Sudice je středně velká obec, která leží asi 5 km severně od města Boskovice. Patří do okresu Blansko, kraj Jihomoravský. Je položena v údolí Malé Hané v severovýchodní části na okraji geologického útvaru Boskovická brázda, což je protáhlá sníženina mezi Českomoravskou vrchovinou a Českou křídovou tabulí na západě a Brněnskou a Zábřežskou vrchovinou na východě. Na severovýchodním okraji Boskovické brázdy se nachází spodnokarpatské usazeniny.

Obec leží v nadmořské výšce 360 – 380 m n.m. a průměrný roční úhrn srážek je 620 mm. Průměrná roční teplota vzduchu se pohybuje kolem 7,5 °C. Středem obce protéká Sudický potok, který se dále jižněji vlévá po pravé straně do recipientu Semíč. [14]

Obrázek 3.1: Mapa ČR [zdroj: Lenka Hoferková]

Obyvatelstvo

K 1. 1. 2017 v Sudicích žije celkem 470 obyvatel, z nichž je v současnosti napojeno na kanalizaci 90 %. [19]

Tabulka 3.1: Počet obyvatel, produkce odpadních vod a znečištění [12]

		2013	2014	2015
Počet obyvatel	EO	466	472	476
Produkce odpadních vod	m^3/den	50,31	50,23	50,23
BSK_5	kg/den	23,54	23,51	23,51
NL	kg/den	21,57	21,55	21,55
$CHSK_{cr}$	kg/den	47,07	47,01	47,01

Území

Obec je obklopena zemědělskými pozemky a je tzv. návesního typu. Centrum obce je obestavěno dvorovými statky tzv. grunty. Tato zástavba statků vybíhá jižně od návsi. Průběžně na ni navazuje novější zástavba s menšími pozemky lemující oboustranně komunikaci. Většina domů je převážně jednopodlažní, případně dvoupodlažní. Na jihu obce u vjezdu je výrazná stavba Sudického dvora. [14]

Vodovod

Zásobování pitnou vodou je realizováno převážně ze **skupinového vodovodu Boskovice** pro veřejnou potřebu, který je majetkem „Svazku vodovodů a kanalizací“ měst a obcí Blansko, provozován společnosti VAS, a.s. – divize Boskovice. V období roku 2016 bylo množství pitné vody fakturované celkem 24 346 m^3/rok – odebrané obyvateli 14 170 m^3/rok a ostatními producenty 10 176 m^3/rok. Ve stejném období pak bylo odvedeno kanalizací celkem 12 168 m^3/rok – od obyvatel 11 989 m^3/rok a od ostatních producentů 179 m^3/rok. Nejvíce odpadních vod je produkováno obyvatelstvem, jedná se převážně o vody splaškového charakteru. [12]

Odpadní vody

Splaškové odpadní vody od obyvatel jsou odváděny, **po předčištění** v septicích či malých domovních ČOV, jednotnou kanalizační sítí do recipientu – **Sudický potok**. Odpadní technologické vody z výrobní a podnikatelské činnosti jsou (kromě srážkových vod) **splaškové** (ze sociálních zařízení podniků) a **technologické** (z vlastního výrobního procesu). Kvalita splaškových vod se může přechodně měnit ve značném širokém rozmezí dle momentálního spotřeby pitné vody. [19]

Významní producenti

Drobné provozovny, jako je **restaurace a prodejna potravin**, bez významnějšího množství odpadních vod z výroby, jsou napojeny na veřejnou kanalizaci. V současné době provozovatel sítě požaduje po zmíněné restauraci osazení odlučovače tuků na odpadní vody z kuchyně a restaurace a celkovou rekonstrukci předčistícího zařízení na splaškové odpadní vody.

Menší producenti městské vybavenosti ze sféry **služeb** jsou také napojeni na veřejnou kanalizaci. Pravidelně neprodukují technologické odpadní vody, pouze v závislosti spotřebě pitné vody.

Větší producenti průmyslových – technologických odpadních vod nejsou napojeni na veřejnou kanalizaci. Jedná se např. o několik statkářů s provozovnami a autodílna.

Dále jsou zde objekty občanské vybavenosti – obecní sokolovna a obecní knihovna. V obci není žádné školské, předškolní zařízení ani zdravotnické zařízení. [19]

3.2 Popis současného stavu odkanalizování a čištění OV

V převážné části obce jsou OV po předčištění v biologických septicích vypouštěny do kanalizace. Pouze v zástavbě nových rodinných domů (RD) v západní části obce jsou vybudovány domovní čistírny.

V obci je stávající jednotná kanalizace s vyústěním do recipientu. Vlastníkem kanalizační sítě je „Svazek vodovodů a kanalizací“ měst a obcí v Blansku a provozovatelem Vodárenská akciová společnost, a.s. Jednotná kanalizace zahrnuje svádění odpadních vod komunálních ale i část dešťových vod z veřejných zpevněných ploch i z jednotlivých nemovitostí v obci – intravilánu a částečně i z polních pozemků – extravilánu. Kanalizace byla vybudována postupně. První etapa výstavby byla v roce 1938 a druhá etapa až v roce 1969. Obec má v současné době 470 obyvatel, z nichž je 90 % napojeno na stávající jednotnou kanalizaci. Odpadní vody jsou odváděny do místní vodoteče Sudického potoka. [19]

Materiál kanalizace je převážně beton v rozměrech DN 300 – 500, malá část je větší dimenze DN 900, zbylé úseky jsou z PVC, PP a PE o rozměru DN 300. Celkově má kanalizace délku 3225 m, z toho DN 900 je 119 m a dále do dimenze DN 500 3106 m. [19]

Skutečné množství vypouštěných odpadních vod z kanalizace obce v roce 2016 bylo 12 168 m^3/rok, tedy 0,39 l/s. Znečištění vnášené do recipientu je uvedeno v tabulce 3.2. [19]

Stávající stavebně – technický stav kanalizačního potrubí není znám a bylo by vhodné jej posoudit. Z hlediska kapacity kanalizace stávající dimenze potrubí vyhovuje. Kapacitní průtoky Q_{kap} jsou uvedeny ve variantě 1a, tabulce č. 5.3.

Tabulka 3.2: Znečištění vnášené do recipientu

Odtok do recipientu		
	průměr [mg/l]	[t/rok]
BSK_5	59,3	1,74
$CHSK_{cr}$	120,3	3,53
NL	25,9	0,76

3.3 Údaje o vodním recipientu

Obcí protéká Sudický potok a dále levostranný bezejmenný přítok viz obrázek č. 3.2. Správcem obou toků je Povodí Moravy, s.p. identifikační číslo Sudického potoka je

10200660 a číslo hydrologického pořadí 4-16-02-0890. Do toku jsou napojeny čtyři výustě současné kanalizace. Sudický potok je pravostranný přítok vodního toku Semíč. Průměrný roční průtok v Sudickém potoce je $Q_{355} = 0,029\ m^3/s$. [19]

Levostranný bezejmenný přítok je v obci zatrubněný a přibližně 100 metrů před napojením do Sudického potoka pak přechází ve zpevněné dno, které je vidět na obrázku č. 4.5. Sudický potok má v celé své délce přírodní dno neupravené, místy zarostlé vegetací, která snižuje jeho kapacitu. U odběrného místa č. 4 je vytvořena přehrážka viz. obrázek č. 4.4.

V jižní části města mimo zástavbu se nachází rybníky, které jsou zásobovány vodou ze Sudického potoka. V této práci je podrobněji popsána jejich špatná situace v kapitole č. 4.1 Problémy v chovných rybnících.

Obrázek 3.2: Vodoteče v obci Sudice [zdroj: ČÚZK]

3.4 Výhled odkanalizování dle PRVKUK

Plán rozvoje vodovodů a kanalizací (PRVKUK) předpokládá vybudování **nové splaškové kanalizace** ve výhledovém období (po roce 2015). Odpadní vody budou likvidovány na navrhované **mechanicko-biologické ČOV**. [12]

4. Monitoring kvality vody v Sudickém potoku

Součásti práce je monitoring a vyhodnocení rozborů vody ze Sudického potoka. Cílem monitoringu je zjištění kvality vody, jelikož zde dochází ke kontaminace sudických rybníků. Od prosince 2016 byly průběžně odebírány vzorky vody ze čtyř předem stanovených míst viz. obrázek č. 4.4 a vyhodnocovány v laboratoři Fakulty stavební VUT a v akreditované Vodohospodářské laboratoři VAS, a.s. v Brně. Výsledky a závěry rozborů jsou uvedeny v této kapitole.

(a) odběrné místo č. 1 a č. 2

(b) odběrné místo č. 3

(c) odběrné místo č. 4

(d) jímka

Obrázek 4.1: Průběh odběru vzorků [zdroj:Lenka Hoferková]

4.1 Problémy v chovných rybnících

Ze Sudického potoka jsou napájeny rybníky pana Havelky a Hlaváčka viz. obrázek č. 4.2. Čtyři rybníky pana Havelky jsou využívány pro chov kaprů, štik, línů, amurů a okounů a je nutné u nich zajistit dostatečnou kvalitu vody danou zákonem. Rozloha, hloubka a množství rybí obsádky je uvedeno v tabulce č. 4.1. Ukazatele a hodnoty vyjadřující stav povrchové vody vhodné pro chov ryb jsou v Příloze č. 3 Nařízení vlády č. 401/2015 Sb.

Na druhou stranu p. Hlaváček vlastní tři rybníky, které jsou určené k rekreaci. Informace o rozloze, hloubkách a druzích rybí obsádky jsou uvedeny v tabulce č. 4.2.

Nejnovější a největší je Velký nový rybník o rozloze 8 ha a kvalita vody je zde lepší ve srovnání s ostatními rybníky.

Obrázek 4.2: Rybníky p. Havelky a p. Hlaváčka [zdroj: ČÚZK]

Úhyn ryb

První kontaminace sudických rybníků spojená s úhynem ryb byla zaznamenána v listopadu 2016. Na místo byl přivolán HZS JmK. Dle protokolu byla voda v potoce čirá, ale v obou rybnících u Sudického dvora leželo několik kusů mrtvých ryb. Na místě bylo provedeno měření obsahu kyslíku a odebrány vzorky k laboratornímu rozboru. Z výsledků rozborů vyplývá, že k úhynu došlo vlivem nízkého obsahu rozpuštěného kyslíku ve vodě a stresu, vyvolaného působením chemických látek – volného amoniaku a amonných iontů ze znečištěného Sudického potoka. Dle protokolu je situace na tomto úseků Sudického potoka dlouhodobá. Druhá kontaminace v březnu 2017 byla podobného charakteru.

4.2 Množství rozpuštěného kyslíku

Koncentrace kyslíku byla měřena 12. května 2017. Měření provedl Ústav vodního hospodářství obcí Fakulty stavební VUT v Brně. Dle výše zmíněného Nařízení vlády č. 71/2003 Sb. nejvíce zastoupené kaprovité ryby potřebují koncentraci rozpuštěného kyslíku 6 – 8 mg/l, při koncentraci pod 6 mg/l je nutné přezkoumání, zda nižší koncentrace nebude mít vliv na vývoj rybí populace.

Ve výsledcích, uvedených v následujících tabulkách č. 4.1 a 4.2, byla nevyhovující koncentrace kyslíku v 6 ze 7 rybníků viz obrázek č. 4.3. Na přítoku z potoka do rybníků byla naměřena hodnota rozpuštěného O_2 $6,75\ mg/l$. V závěru protokolu měření bylo doporučeno eliminovat bodové znečištění splaškových odpadních vod vypouštěných do recipientu a zvýšit aeraci chovných rybníků.

Obrázek 4.3: Koncentrace kyslíku - nevyhovující a přípustná [zdroj: ČÚZK]

Tabulka 4.1: Koncentrace kyslíku v rybnících p. Havelky [zdroj: Petr Hluštík]

Název	Rozloha [ha]	Hloubka [m]	Množství ryb [q]	Druhy ryb	Rozp. O_2 [mg/l]	Splnění NV
Nový rybník	1,5	0,9-2,5	12	kapr K1, štika, lín, amur, okoun	2,1	✗
Starý rybník - Semíč	1,3	0,8-1,7	30	kapr K1, štika, lín, amur, okoun	4,2	✗
Malý rybník 1	0,2		2	kapr K1	4,6-5	✗
Malý rybník 2	0,24		3	kapr K1	4,6-5	✗

Tabulka 4.2: Koncentrace kyslíku v rybnících p. Hlaváčka [zdroj: Petr Hluštík]

Název	Rozloha [ha]	Hloubka [m]	Množství ryb [q]	Druhy ryb	Rozp. O_2 [mg/l]	Splnění NV
Horní rybník	0,5	1,2	-	není chovný - pouze plevelné ryby, karas	1,3-2,4	✗
Dolní rybník	0,5	1,2	-	není chovný - plevelné ryby, karas	3-3,8	✗
Velký nový rybník	8	2	-	lín, candát	8	✓

4.3 Rozbory kvality vody

Vzhledem k tomu, že obec Sudice nemá vybudovanou centrální ČOV a odpadní vody jsou do potoka sváděny po předchozím předčištění v biologických septicích, předpokládá se zhoršená kvalita vody.

Obrázek 4.4: Odběrné body pro rozbory vzorků na Sudickém potoce [zdroj: ČÚZK]

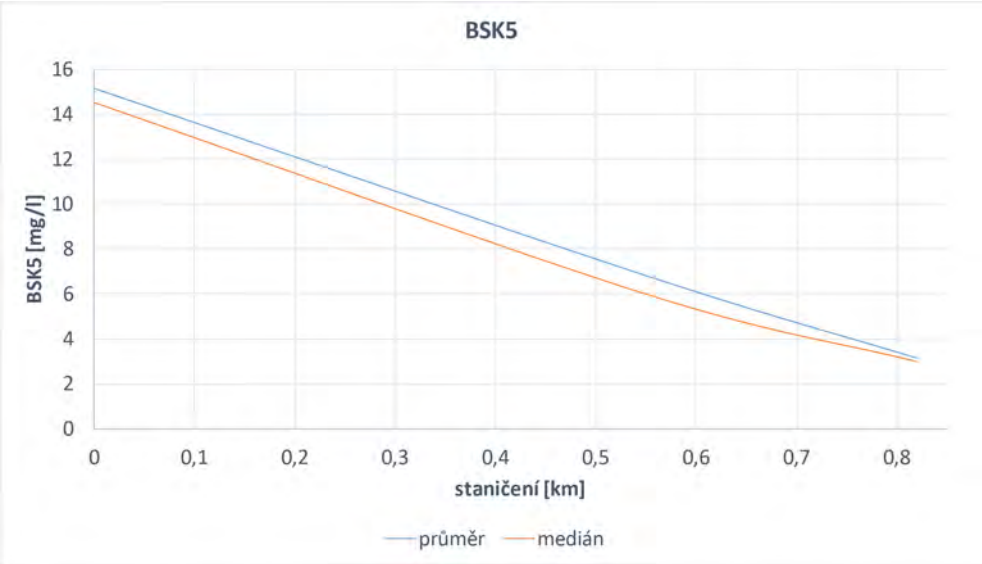
V rámci práce byl proveden roční monitoring, který spočíval v odběru vzorků přibližně v měsíčním intervalu. Celkově bylo provedeno deset odběrů ze čtyř míst na toku viz. obrázek č. 4.4, typu prostý vzorek reprezentující jakost vody, tzn. jednorázově odebírané vzorky vody. Odběr vzorků č. 1 a č. 2 byl v intravilánu nejblíže centru obce a vyústění kanalizace. Po 550 metrech byl odběrný bod č. 3 a poslední bod č. 4

byl 800 metrů vzdálený od prvního vzorku. Rozmístění odběrných míst bylo konzultováno s vedením obce. Cílem bylo zjistit, kde by mohlo vnikat znečištění do toku, zda v obci, nebo u zemědělského družstva, které se nachází u bodu č. 3. Zemědělské družstvo má vlastní jímku na odpadní vody.

Metodický postup pro odběr vzorků je uveden v ČSN 75 7051. Výsledky rozborů jsou uvedeny v příloze č. 1. Ve vzorcích byl stanoven obsah níže vypsaných ukazatelů a porovnán s průměrnými hodnotami přípustného znečištění dle Přílohy č. 3 k nařízením vlády č. 401/2015 Sb. [5]

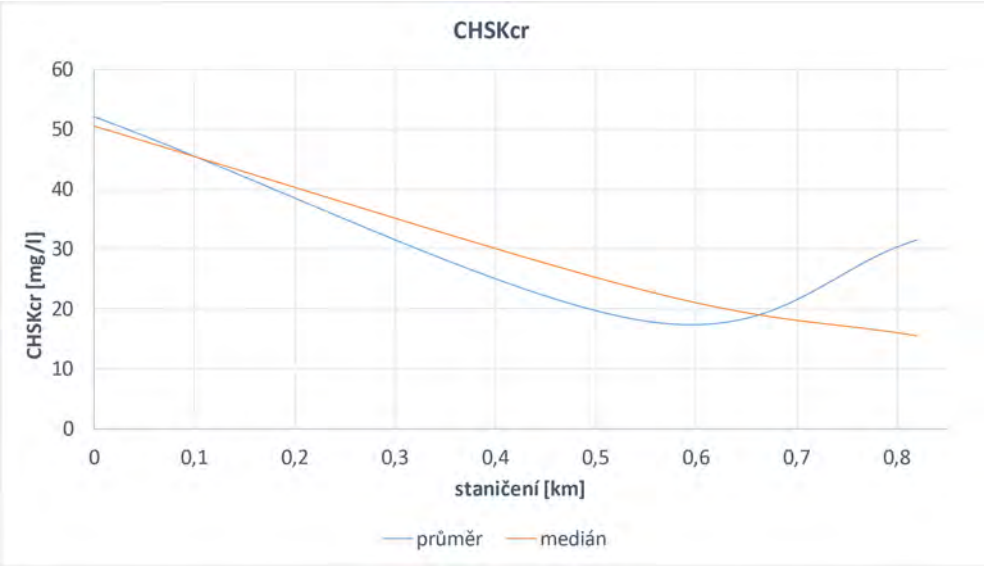
- BSK_5 – biochemická spotřeba kyslíku po 5 dnech [mg/l]; průměr 3,8 mg/l
- $CHSK_{CR}$ – chemická spotřeba kyslíku (oxidace dichromanem draselným)[mg/l]; průměr 26 mg/l
- O_2 – koncentrace rozpuštěného kyslíku; průměr > 9 mg/l
- pH – vodíkový exponent; limit <5 - 9> mg/l
- N-NO_2 – dusitanový dusík [mg/l]
- N-NH_4 – amoniakální dusík [mg/l]; průměr 0,23 mh/l
- NL – nerozpuštěné látky [mg/l]; průměr 20 mg/l
- K – konduktivita [μ S/cm]
- N-NO_3 – dusičnanový dusík [mg/l]; průměr 5,4 mg/l
- N_{KJ} – Kjeldahlův dusík [mg/l]
- P-PO_4 – fosforečnany [mg/l]
- P_C – celkový fosfor [mg/l]; průměr 0,15 mg/l

U čtyř hlavních ukazatelů BSK_5, $CHSK_{cr}$, NL a rozpuštěný O_2 byl vypočítán roční průměr a medián a vynesen do grafů. Z grafů je patrná změna po délce toku se zlepšující se tendencí kvality vody.



Graf 4.1: Koncetrace BSK_5

Biochemická spotřeba kyslíku je mírou obsahu organických látek, biologicky rozložitelných a částečně anorganických sloučenin. V povrchových vodách by měl být roční průměr 3,8 mg/l. Hodnota ročního průměru naměřená u vzorku č. 1 byla až pětkrát překročena viz graf č. 4.1. [21]

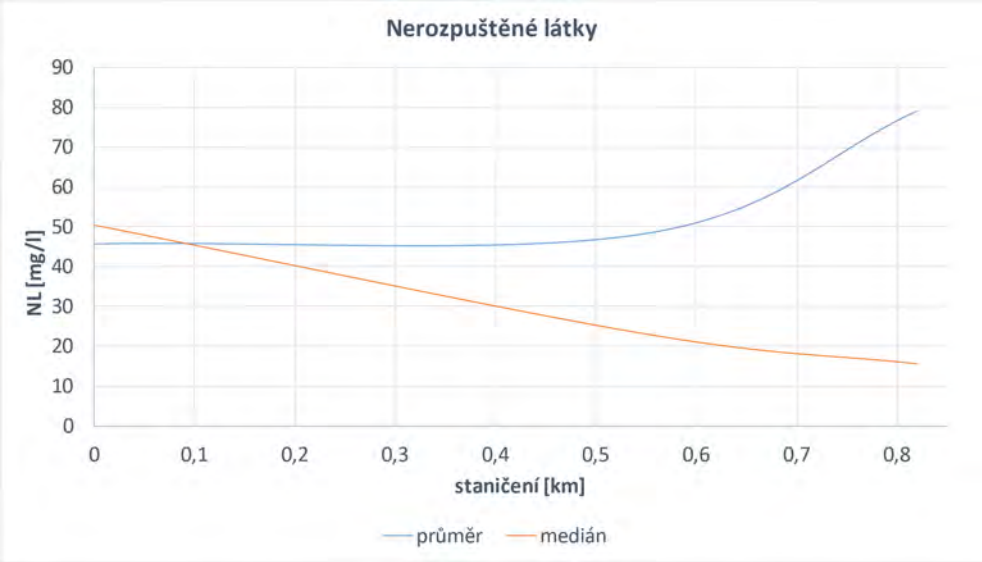


Graf 4.2: Koncetrace $CHSK_{cr}$

Chemická spotřeba kyslíku bývá přibližně dvakrát vyšší. Oxidace organických látek ve vodě je provedena pomocí působení oxidujících sloučeniny dichromanu draselného. V povrchových vodách by měla být hodnota ročního průměru 26 mg/l. I zde jsou hodnotu dle grafu č. 4.2 průměrně dvakrát překročeny. [21]

Graf 4.3: Koncetrace rozpuštěného O_2

Kyslík přechází do vody z větší části ze vzduchu a je spotřebováván při rozkladu organických látek. Jeho rozpustnost ve vodě je závislá na teplotě. S vyšší teplotou se jeho rozpustnost snižuje. V povrchových vodách by jeho koncentrace měla být vyšší než 9 mg/l. V zástavbě je naměřena hodnota kolem 6 mg/l a po délce toku se zvyšuje, což indikuje samočistící schopnost vodních toků. Ani po necelém kilometru pod obcí nedosahuje standardní hodnoty 9 mg/l. [21]



Graf 4.4: Koncentrace nerozpuštěných látek

Nerozpuštěného látky mohou být do toku vnášeny s odpadními vodami nebo sunuty tokem po dně (písek, hlína). Průměrná roční koncentrace v povrchové vodě by měla být 20 mg/l. V rozborech se objevily někdy velmi vysoké hodnoty až 1870 mg/l, ale to mohlo být způsobeno silnými dešti a následným splavem hlíny z blízkých polí. Průměrně byla koncentrace nadlimitní. [21]

Při odběrech byly také zaznamenány estetické a organoleptické závady (zápach a zákal) viz obrázek č. 4.5. Především zápach byl u bodů v intravilánu č. 1 a č. 2 po celý rok.

(a) květen, odběrné místo č. 1

(b) květen, odběrné místo č. 4

Obrázek 4.5: Znečištění recipientu [zdroj: Lenka Hoferková]

Srovnání bodů č. 1 a č. 2

Odběrné body č. 1 a č. 2 se nachází přímo v Sudicích v intravilánu. Při srovnání jejich výsledků lze konstatovat, že průměrně je horší kvalita v levostranném přítoku do Sudického potoka, do kterého jsou vypouštěny předčištěné vody z větší části obce podél krajské komunikace III/ 37414.

4.4 Závěr a doporučení

Z výsledků rozborů je prokazatelné negativní ovlivnění vodního toku, které se projevuje snížením rozpuštěného kyslíku. V intravilánu jsou ve vodě obsaženy organické látky, které jsou odstraňovány samočistícími procesy v toku po jeho délce. Ve zkoumaném úseku kvalita vody není dobrá.

Problémem je nedostatečně čištěné odpadní vody z individuálního předčištění (biologické septiky), které kanalizace odvádí přímo do vodního toku. Maximální účinnost čištění septiků je přitom jen 30 % BSK_5, 20 % CHSK, 60 % NL dle ČSN 75 6402. Řešením by bylo čištění městských odpadních vod na centrální ČOV případně domovních ČOV, které mají vyšší účinnosti čištění až 95 % BSK_5, 90 % CHSK, 90 % NL. Možná řešení jsou navržena a popsána v kapitole č. 5 Varianty řešení nakládání s odpadními vodami v obci Sudice. Znečištění vnášené do recipientu bude řádově menší a kvalita Sudického potoka se zlepší.

Samostatným tématem je zvýšení koncentrace rozpuštěného kyslíku v chovných rybnících p. Havelky tak, aby kvalita vody odpovídala podmínkách vhodných pro život ryb uvedených v Nařízení vlady č. 71/2003 Sb. První návrh řešení je vybudování aerační technologie např. povrchových aeračních zařízeních nebo kaskádu. Druhým návrhem je snížení počtu rybí obsádky v rybnících.

5. Varianty řešení nakládání s odpadními vodami v obci Sudice

V této práci je řešeno odkanalizování a čištění městských odpadních vod v obci Sudice. S počtem 470 obyvatel se řadí mezi oblasti o velikosti do 500 ekvivalentních obyvatel. Pro navrhování těchto malých čistíren se postupuje dle ČSN 75 6402 Čistírny odpadních vod do 500 EO.

Tři navržené způsoby odkanalizování obce jsou technicky popsány a ekonomicky porovnány. V první variantě jsou odpadní vody čištěny na centrální ČOV na jižním cípu obce. Ve druhé variantě je navržen systém decentralizovaného čištění domovními čistírnami (DČOV). Poslední varianta, navržena zastupitelstvem obce, je přečerpávání splaškových vod na ČOV v Šebetově.

5.1 Varianta 1a - ČOV a jednotná kanalizace

Předmětem varianty 1a je návrh nových úseků gravitační kanalizace. Dále je navržena centrální čistírna pro 470 EO zahrnující vlastní ČS. Vzhledem k tomu, že středem obce protéká Sudický potok, nelze gravitačně odvést všechny odpadní vody (OV) a je nutné vybudovat ČS a tlakové potrubí, které převede odpadní vody přes tok.

5.1.1 Trubní síť

Odpadní vody z jednotlivých nemovitostí v Sudicích jsou sváděny stávající kanalizací do ČS 1 a přes centrální ČOV do recipientu Sudický potok. Jednotnou kanalizací jsou odváděny odpadní vody splaškové, dešťové povrchové a balastní. Je třeba navrhnout nové úseky a zkapacitnění na stoce "A" i "B. Celková situace jednotné kanalizace je v příloze č. 3.

Stoka "A" je tvořena převážně úseky staršími 50 let z betonu DN 300 až DN 500 a novějšími úseky z PVC DN 300 a DN 500. Navrženým materiálem nového potrubí je plnostěnné hladké PVC DN 300 délky 80 m a DN 500 délky 315 m. Na stoce bude je navržen úsek stoky "A2" DN 300 v místě původní stoky, která vedla v opačném sklonu do vodního toku. Dále je propojena novým potrubím DN 500 severní a jižní část stoky "A", v místě napojení stoky "A2". V koncové části od ČOV po napojení stoky "A3" kapacitně nevyhoví stoka "A" a proto je nahrazena DN 500. Výpis dimenzí a délek potrubí je v tabulce 5.1.

Stoka "B" svádí OV ze západní části obce do čerpací stanice. Odtud jsou OV přečerpávány výtlačným potrubím na ČOV. Nově navržené úseky jsou z plnostěnného hladkého PVC DN 300. Nově navržená je stoka "B3", na kterou se nově napojí nemovitosti č. p. 146 a č. p. 184. Dvě původně oddělené části stávající stoky "B" propojí nové potrubí DN 300 PVC. Stoka "B2" DN 300 PVC povede v opačném sklonu než

původní stoka a napojí se na hlavní "B". Koncový úsek před ČS 2 bude odvádět OV na ČOV. Výpis dimenzí a délek potrubí je v tabulce 5.2.

Výtlak "V1" přivádí OV z ČS 1 na objekty mechanického předčištění ČOV. Navržené potrubí je PE100 90 x 8,2 SDR11 PN16.

Výtlak "V2" v jižní části obce je navržen jako PE100 90 x 8,2 SDR11 PN16 dopravující OV po mostní konstrukci přes Sudický potok do ČS 1 na ČOV.

Tabulka 5.1: Výpis potrubí stoky "A"

Stoka	DN 300 [m]	DN 500 [m]	Celkem [m]	Nové DN 500 [m]	Nové DN 300 [m]
"A"	171	742	913	315	
"A-1"	535		535		
"A-1-1"	42		42		
"A-2"	80		80		80
"A-3"	307		307		
"A-3-1"	26		26		
"A-4"	63		63		
"A-5"	60		60		
"A-6"	67		67		
"A-7"	180		180		
"A-8"		17	17		
"A-9"		108	108		
Celkem	1431	552	1971	315	80

Tabulka 5.2: Výpis potrubí stoky "B"

Stoka	Délka DN300 [m]	Celkem [m]	Nové DN 300 [m]
"B"	633		315
"B-1"	61		61
"B-2"	78		78
"B-3"	126		126
Celkem		898	580

Délka kanalizace včetně nových úseků: stoka "A" 1971 m a stoka "B" 898 m. Celkem má gravitační stoková síť 2869 m. Na stoce "A" i "B" jsou nově navržené úseky a jejich délky jsou uvedeny v tabulkách č. 5.1 a 5.2.

Hydraulika

Na jednotné stoce musí být splněny minimální sklony, aby nedocházelo k usazování sedimentů u DN 300 $>$ 9 ‰, pro DN 500 $>$ 5 ‰ [23]. Dle hydraulického výpočtu je stávající stoková síť včetně nových úseků na stoce "A" v některých místech kapacitně nevyhovující. Zejména v koncových úsecích, kde je DN 300. Bude potřeba zvýšení dimenze na DN 500 viz tabulka č. 5.3. Dimenze u stoky "B" nejsou podrobně známy. Z kanalizačního řádu se dá usuzovat že jsou zde minimální DN 300 a za tohoto předpokladu stoka kapacitně vyhoví viz tabulka č. 5.5.

Při splnění podmínky, že sklon kanalizace je menší než 35,0 ‰ při DN menším než 1000 mm, nedochází k provzdušňování odpadní vody vzduchem. Tato podmínka je splněna. [24]

Hydrotechnická situace jednotné stoky je v příloze č. 4. Vzorový hektar zastavěné a nezastavěné oblasti pro výpočet dešťových průtoků je v příloze č. 5.

Tabulka 5.3: Hydraulika stoky "A"

		DÉŠŤ				OBYVATELE								
Okrsek	Stoka	Plocha	Odtokový součinitel Ψϕ	$Q_{déšť}$	$\Sigma Q_{déšť}$	Přípojky	EO	ΣEO	$Q_{24,m}$	k_h	$Q_{h,max}$	Q_b	Q_{NO}	$Q_N=Q_{DEŠŤ}$
		ha	-	l/s	l/s	-	osoby		l/s	-		l/s	l/s	l/s
1	A	0,063	0,1	0,81	459	0	0	396	0,55	3,7	2,035	0,11	0,66	459,55
2	A-1	0,83	0,35	37,47	102	11	32	109	0,151	5,9	0,889	0,0301	0,181	102,39
3	A-1	0,38	0,35	17,16	64,7	5	15	76	0,106	6,3	0,667	0,0212	0,127	64,86
4	A-1-1	0,33	0,218	9,26	9,26	6	18	18	0,024	7,2	0,176	0,0049	0,029	9,29
5	A-1	1,35	0,22	38,31	38,3	15	44	44	0,061	6,9	0,422	0,0122	0,073	38,39
6	A	0,59	0,35	26,64	356	7	21	287	0,399	4,4	1,757	0,0799	0,479	356,35
7		0,55	0,35	24,83	329	8	23	267	0,371	4,4	1,631	0,0741	0,445	329,68
9	A-2	0,37	0,22	10,50	10,5	1	2,9	2,9	0,004	7,2	0,029	0,001	0,005	10,51
8	A	0,08	0,22	2,27	294	0	0	241	0,334	4,9	1,637	0,0668	0,401	294,30
10	A-3	0,11	0,35	4,97	58	4	12	88	0,122	6,1	0,746	0,0244	0,147	58,11
11	A-3-1	0,3	0,35	13,55	13,5	4	12	12	0,016	7,2	0,117	0,0033	0,02	13,56
12	A-3	0,43	0,22	12,20	39,4	7	21	65	0,09	6,5	0,583	0,0179	0,108	39,56
13	A-3	0,96	0,22	27,24	27,2	15	44	44	0,061	6,86	0,419	0,0122	0,073	27,32
14	A-4	0,21	0,22	5,96	5,96	1	2,9	2,9	0,004	7,2	0,029	0,001	0,005	5,96
15	A	0,84	0,22	23,84	228	7	21	150	0,208	7,2	1,496	0,0416	0,249	227,96
16		0,85	0,35	38,38	204	7	21	129	0,179	5,8	1,04	0,0359	0,215	204,09
17		0,21	0,35	9,48	165	1	2,9	109	0,151	5,8	0,874	0,030	0,181	165,67
18	A-5	0,34	0,35	15,35	15,4	5	15	15	0,02	7,2	0,147	0,0041	0,024	15,38
19	A-6	0,12	0,35	5,42	5,42	0	0	0	0	0	0	0	0	5,42
20	A	0,23	0,35	10,38	135	2	5,9	91	0,126	6,1	0,77	0,0253	0,152	135,40
21	A-7	1,39	0,22	39,45	39,4	9	26	26	0,037	7,2	0,264	0,0073	0,044	39,49
22	A	0,36	0,22	10,22	85,4	3	8,8	59	0,081	6,6	0,538	0,0163	0,098	85,51
23	A-8	0,04	0,1	0,52	0,52	1	2,9	2,9	0,004	7,2	0,029	0,001	0,005	0,52
24	A-9	1,17	0,35	52,83	52,8	12	35	35	0,049	7,1	0,347	0,0098	0,059	52,88
25	A	0,77	0,22	21,85	21,9	4	12	12	0,016	7,2	0,117	0,0033	0,02	21,87

Tabulka 5.4: Hydraulika stoky "A"– pokračování

Okrsek	Stoka	Materiál	n	DN	výška	délka	i	A	o	R	c	v	Posouzení		
													Q_{kap}	Vyhoví	Návrh DN
			-	mm	M	m	‰	m^2	m	-		m/s	l/s		mm
1	A	BE	0,015	**300**	0,3	10	30	0,0707	0,94	0,08	43,3	2,05	145,16	**ne**	500
2	A-1	BE	0,015	**300**	3	175	17,1	0,0707	0,94	0,08	43,3	1,55	109,73	**ano**	
3	A-1	BE	0,015	**300**	1	78,8	9,5	0,0707	0,94	0,08	43,3	0,94	66,76	**ano**	
4	A-1-1	BE	0,015	**300**	0,2	42	9,1	0,0707	0,94	0,08	43,3	0,82	57,83	**ano**	
5	A-1	BE	0,015	**300**	3	281	10,7	0,0707	0,94	0,08	43,3	1,23	86,59	**ano**	
6	A	BE	0,015	**300**	2	122	16,4	0,0707	0,94	0,08	43,3	1,52	107,30	**ne**	500
7		BE	0,015	**300**	1,5	133	11,1	0,0707	0,94	0,08	43,3	0,86	60,80	**ne**	500
9	A-2	PVC	0,008	**300**	1	80	12,5	0,0707	0,94	0,08	81,2	2,49	175,69	**ano**	
8	A	BE	0,015	**300**	0,5	50	10	0,0707	0,94	0,08	43,3	1,19	83,81	**ne**	500
10	A-3	PVC	0,008	**300**	1	27	34	0,0707	0,94	0,08	81,2	4,28	302,41	**ano**	
11	A-3-1	BE	0,015	**300**	1	26	32	0,0707	0,94	0,08	43,3	3,29	232,44	**ano**	
12	A-3	PVC	0,008	**300**	3	105	28,6	0,0707	0,94	0,08	81,2	3,76	265,61	**ano**	
13	A-3	PVC	0,008	**300**	3	175	17,1	0,0707	0,94	0,08	81,2	2,91	205,74	**ano**	
14	A-4	BE	0,015	**300**	0,7	63	9,94	0,0707	0,94	0,08	43,3	1,06	74,66	**ano**	
15	A	BE	0,015	**500**	2	130	15,4	0,1963	1,57	0,13	47,1	2,07	405,90	**ano**	
16		BE	0,015	**500**	4	138	29	0,1963	1,57	0,13	47,1	2,84	557,15	**ano**	
17		BE	0,015	**500**	1	40	25	0,1963	1,57	0,13	47,1	2,64	517,43	**ano**	
18	A-5	PVC	0,008	**300**	1	60	16,7	0,0707	0,94	0,08	81,2	2,87	202,87	**ano**	
19	A-6	PVC	0,008	**300**	1	67	14,9	0,0707	0,94	0,08	81,2	2,72	191,98	**ano**	
20	A	BE	0,015	**500**	0,5	31	16,1	0,1963	1,57	0,13	47,1	2,12	415,61	**ano**	
21	A-7	BE	0,015	**300**	2,5	180	13,9	0,0707	0,94	0,08	43,3	1,4	98,77	**ano**	
22	A	BE	0,015	**500**	2	88	22,7	0,1963	1,57	0,13	47,1	2,51	493,35	**ano**	
23	A-8	BE	0,015	**500**	**0,**	17	32	0,1963	1,57	0,13	47,1	4,04	793,70	**ano**	
24	A-9	BE	0,015	**500**	2	108	18,5	0,1963	1,57	0,13	47,1	2,27	445,33	**ano**	
25	A	BE	0,015	**300**	3	171	17,5	0,0707	0,94	0,08	43,3	1,57	111,01	**ano**	

Tabulka 5.5: Hydraulika stoky "B"

Okrsek	Stoka	DÉŠŤ				OBYVATELE								$Q_N = Q_{DEŠŤ}$
		Plocha	Odtokový součinitel Ψϕ	$Q_{déšť}$	$\Sigma Q_{déšť}$	Přípojky	EO	ΣEO	$Q_{24,m}$	k_h	$Q_{h,max}$	Q_b	Q_{NO}	
		ha	-	l/s	l/s	-	osoby		l/s	-		l/s	l/s	l/s
1	B	0,26	0,1	3,35	161,2	2	4,1	74	0,103	6,3	0,648	0,0206	0,1233	161,309
2	B-1	0,15	0,1	1,94	1,9	1	2,1	2,1	0,003	7,2	0,021	0,0006	0,0034	1,938
3	B	0,09	0,1	1,16	155,9	0	0	68	0,094	6,3	0,594	0,0188	0,1131	156,010
4	B-2	0,32	0,22	9,08	9,082	3	6,2	6,2	0,009	7,2	0,062	0,0017	0,0103	9,092
5	B	0,71	0,35	32,06	145,7	7	14	62	0,086	6,2	0,531	0,0171	0,1028	145,757
6		0,63	0,22	17,88	113,6	3	6,2	47	0,066	6,7	0,44	0,0131	0,0788	113,676
7		0,78	0,35	35,22	95,7	9	19	41	0,057	6,8	0,388	0,0114	0,0685	95,787
8		0,31	0,35	14,00	60,5	4	8,2	23	0,031	7,2	0,226	0,0063	0,0377	60,539
9	B-3	0,59	0,35	26,64	26,6	3	6,2	6,2	0,009	7,2	0,062	0,0017	0,0103	26,649
10	B	0,44	0,35	19,87	19,9	4	8,2	8,2	0,011	7,2	0,082	0,0023	0,0137	19,880

Tabulka 5.6: Hydraulika stoky "B"– pokračování

Okrsek	Stoka	Materiál	n	DN	výška	délka	i	A	o	R	c	v	Posouzení	
													Qkap	Vyhoví
			-	mm	M	m	‰	m2	m	-		m/s	l/s	
1	B	PVC	0,008	300	1,0	80	13	0,1	0,942	0,08	81,17	2,4855	175,69	ano
2	B-1	PVC	0,008	300	1,0	61	16	0,1	0,942	0,08	81,17	2,8463	201,20	ano
3	B	PVC	0,008	300	0,5	33	15	0,1	0,942	0,08	81,17	2,7364	193,42	ano
4	B-2	PVC	0,008	300	0,5	78	10	0,1	0,942	0,08	81,17	1,7799	125,81	ano
5	B	PVC	0,008	300	1,5	135	11	0,1	0,942	0,08	81,17	2,3433	165,64	ano
6		PVC	0,008	300	2,0	134	15	0,1	0,942	0,08	81,17	2,7159	191,98	ano
7		BE	0,015	300	3,0	118	25	0,1	0,942	0,08	43,29	1,8905	133,63	ano
8		BE	0,015	300	1,5	40	32	0,1	0,942	0,08	43,29	2,296	162,29	ano
9	B-3	PVC	0,008	300	2,0	126	16	0,1	0,942	0,08	81,17	2,8008	197,98	ano
10	B	BE	0,015	300	1,0	93	11	0,1	0,942	0,08	43,29	1,2294	86,90	ano

Průměrný denní průtok splaškových vod se stanoví podle vztahu:

$$Q_{24,m} = EO \times q_{spec} \tag{5.1}$$

kde : EO je počet ekvivalentních obyvatel
q_{spec} specifické průtok OV od 1 obyvatele, $q_{spec} = 120\ l/os/den$

Maximální hodinový průtok splaškových vod se stanoví podle vztahu:

$$Q_{h,max} = \frac{Q_{24,m}}{24} \times k_{h,max} \tag{5.2}$$

kde : $Q_{24,m}$ je průměrný denní průtok splaškových vod, v l/den
k_h součinitel maximální hodinové nerovnoměrnosti

Množství balastních vod se stanoví podle vztahu (0,2 – 20 % balastních vod):

$$Q_b = 0,2 \times Q_{24,m} \tag{5.3}$$

Průtok dešťových vod se stanoví podle vztahu:

$$Q_{dest} = \psi \times A \times i \tag{5.4}$$

kde : ψ je součinitel odtoku ($0 < \psi \leq 1$)
A plocha povodí stoky měřená horizontálně, v ha
i intenzita směrodatného deště uvažované periodicity, v $l/(s \times ha)$

R je obecný hydraulický poloměr potrubí stanovený podle vztahu:

$$R = \frac{S}{O} \tag{5.5}$$

kde : S je průtočná plocha, v m^2
O omočený obvod, v m

Uložení potrubí

Dle ČSN 75 6101 je minimální výška krytí stoky pod silniční komunikací 1,80 m (maximálně 6,0 m). V chodníku a ve volném terénu je minimální výška krytí 1,0 m (doporučuje se provést opatření proti zamrznutí). Gravitační stoky jednotné soustavy pro odvádění splaškových odpadních vod musí být při souběhu a křížení s vodovodem hlouběji. Křížení stoky s vodními toky se navrhuje podle ČSN 75 2130. Postup při souběhu inženýrských sítí je uveden v ČSN 73 6005, kde jsou doporučeny nejmenší dovolené vodorovné a svislé vzdálenosti sítí při jejich souběhu.

Gravitační potrubí se uloží následujícím způsobem. Provede se rýha a na dno se položí lože ze štěrkopísku se zrny do 4 mm o minimální tloušťce 100 + 0,1 DN mm (v kamenitém podloží a na skále min. 15 cm), potrubí se položí do středu výkopu. Boční obsyp potrubí se provede ze stejného materiálu jako lože bez ostrohranných částic. Krycí zásyp musí být alespoň 300 mm nad vrchol stoky. Hutnění obsypu a zásypu (ručně, nožním dupáním nebo lehkými strojními dusadly) se provede po vrstvách cca 10 - 15 cm do výšky alespoň 300 mm nad vrchol stoky.

Pro tlakovou kanalizaci jsou navrženy trubky příslušné tlakové odolnosti PE100 SDR11. Pro venkovní tlakové systémy stokových sítí platí norma ČSN 75 6111. Potrubí bude uloženo stejně jako gravitační výše popsané. Změnou je označení trasy stoky pomocí vodiče umístěného v ose potrubí pro zajištění pozdějšího vytyčení, aby nedošlo k záměně.

Vystrojení tlakového potrubí

Ve vrcholech potrubí bude umístěn odvzdušňovací a zavzdušňovací ventil. V případě uložení potrubí nad zemí, kde bude vystaveno teplotním vlivům, je třeba počítat s dlouhodobou ztrátou pevnosti trubního materiálu. Na potrubí se osadí uzavírací armatury v odbočkách a koncových úsecích. Na začátku každého úseku je navržena proplachovací odbočka.

5.1.2 Objekty na síti

Kanalizační šachty

Na síti budou osazeny prefabrikované kanalizační šachty DN 1000 vstupní, lomové a soutokové, dle požadavků ČSN 75 6101. Kanalizační revizní šachty jsou situovány v místech spojení stok, výškových a směrových lomech, na rovné trase maximálně po 50 m.

Čerpací stanice a výtlačné potrubí

Čerpací stanice 1 je součástí objektu ČOV a dopravuje odpadní vody ze stanice na technologickou linku. Je zde navržena kompaktní čerpací stanice typu Wilo-EMUport s oddělenou separací nečistot, která má snadnější údržbu a menší poruchovost. K akumulaci odpadních vod v případě výpadku elektrické energie, či v případě poruchy čerpadel je navržena předřazená havarijní železobetonová kruhová jímka o průměru $3,0\ m$, hloubce $4,5\ m$ a objemu $33,81\ m^3$ viz tabulka 5.7. Dále jsou navržena dvě čerpadla Wilo-EMU FA 08.53E v zapojení 1+1 dle Technických standardů VAS, a.s. Čerpané množství je $6,94\ l/s$ a celková dopravní výška $10,92\ m$ viz tabulka 5.9. [8]

Výtlačné potrubí "V1" dopravující OV z ČS1 na ČOV je navrženo PE100 90 x 8,2 SDR11 PN16. Rychlost v potrubí je vypočtena $1,63\ m/s$. Minimální a maximální rychlosti ve výtlačném potrubí 0,7 až 2 m/s jsou dodrženy viz tabulka 5.8.

Čerpací stanice 2 Odpadní vody ze stoky "B" nelze dopravit na ČOV gravitačně, kvůli překážce vodního toku. Vody jsou svedeny do čerpací stanice 2 (ČS). ČS 2 je umístěna na obecním pozemku. I v tomto případě je navržena kompaktní čerpací stanice typu Wilo-EMU port s oddělenou separací nečistot. Před ní bude předřazena havarijní železobetonová kruhová jímka o průměru 1,5 m, hloubce 3 m a objemu 5,3 m^3 viz tabulka 5.7. Ve stanici jsou navržena dvě čerpadla v zapojení 1+1 typu Wilo-EMU FA 08.53E a jejich charakteristiky jsou v grafu č. 5.1.

Výtlačné potrubí "V2" je trasováno po mostní konstrukci a chráněno izolací proti zamrznutí a je zaústěno do ČS 1. Dimenze potrubí je PE100 90 x 8,2 SDR11 PN16. Rychlost v potrubí je 0,98 m/s. Minimální a maximální rychlosti ve výtlačném potrubí 0,7 až 2 m/s jsou dodrženy viz tabulka 5.8.

Tabulka 5.7: Návrh havarijní jímky pro ČS 1 a ČS 2

Veličina	EO	Q_N	V_{navrh}	V_{skut}	Rozměry
Jednotka	-	m^3/hod	m^3	m^3	D x H [m]
ČS 1 - ČOV	470	3,95	31,59	33,81	3 X 4,5
ČS 2	96	0,58	4,61	5,3	1,5 X 3

Návrhový objem jímky V_{navrh} je navržen na maximální denní průtok a stanoví se podle vztahu: [18]

$$V_{navrh} = T \times Q_N \tag{5.6}$$

kde : T doba zdržení je uvažována 8 hodin
Q_N návrhový průtok je denní průtok $Q_{24,m}$, v m^3/s

Tabulka 5.8: Návrh výtlačného potrubí V1 a V2

Veličina	Délka	v_{max}	Q_{cerp}	d_{NV}	d_{SKUT}	v_{SKUT}	typ
Jednotka	m	m/s	m^3/hod	m	m	m	-
V1 - ČOV	30	2	25	0,066	0,074	1,63	DN 90
V2	82	2	15	0,052	0,074	0,98	DN 90

Návrh dimenze potrubí d_{nv} se stanoví podle vztahu: [18]

$$d_{nv} = \sqrt{\frac{4 \times Q_{cerp}}{\pi \times v_{max}}} \tag{5.7}$$

kde : Q_{cerp} je čerpané množství, v m^3/s
v_{max} maximální průtok ve výtlačném potrubí 2 m/s

Skutečná rychlost ve výtlačném potrubí v_{skut} se stanoví podle vztahu: [18]

$$v_{skut} = \frac{4 \times Q_{cerp}}{\pi \times d_{skut}^2} \tag{5.8}$$

kde : d_{skut} je skutečný průměr potrubí, v m/s

Tabulka 5.9: Návrh čerpadel pro ČS 1 a ČS 2

veličina	Re	λ	L	H_g	$H_{z,t}$	$H_{z,m}$	H	Q_{cerp}	typ čerpadel
jednotka	-	-	m	m	m	m	m	l/s	-
ČS 1	92412	0,02840	30	5	1,57	4,35	10,92	6,94	Wilo-EMU FA 08.53E
ČS 2	55447	0,02918	82	6	1,59	4,35	11,94	4,17	Wilo-EMU FA 08.53E

Reynoldsovo kritérium Re se stanoví podle vztahu: [18]

$$Re = \frac{v_{skut} \times d_{skut}}{\upsilon} \tag{5.9}$$

kde : υ kinetická viskozita vody, $1,30 \times 10^{-6}$ m^2/s

Součinitel ztrát třením λ se stanoví iterací podle Colebrook-Whiteova vztahu: [18]

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \times log\left[\frac{k}{3,7 \times d_{skut}} + \frac{2,51}{Re\sqrt{\lambda}}\right] \tag{5.10}$$

kde : k je drsnost potrubí, 0,25 mm

Ztráty třením $H_{z,t}$ se stanoví podle Darcy-Weisbacha vztahu: [18]

$$H_{z,t} = \lambda \times \frac{L}{d_{skut}} \times \frac{v_{skut}^2}{2g} \tag{5.11}$$

Ztráty místní $H_{z,m}$ se stanoví vztahu: [18]

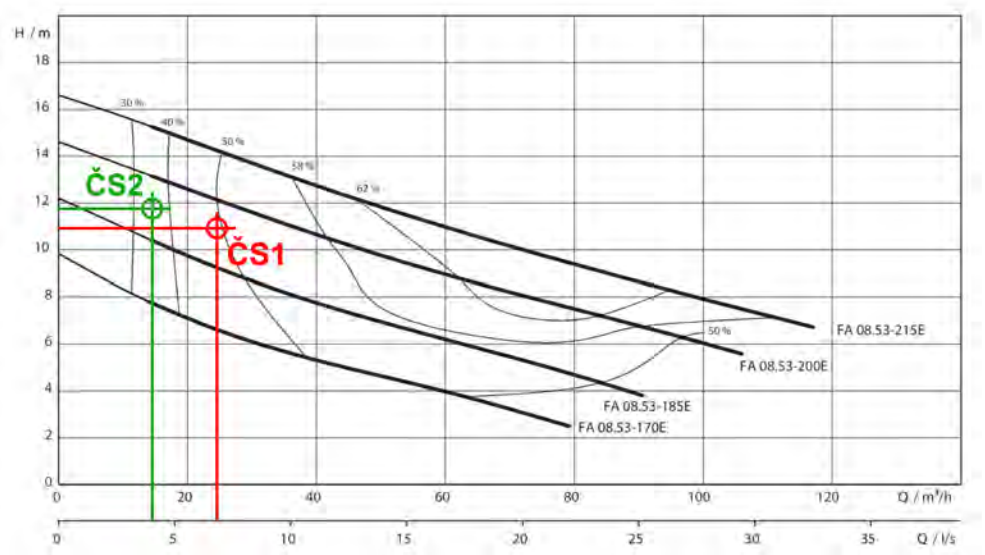
$$H_{z,m} = \xi_{s90} + \xi_{zkl} + \xi_k \tag{5.12}$$

kde : ξ_{s90} je místní ztráta kolena, 0,3 m
ξ_{zkl} místní ztráta zpětné klapky, 4 m
ξ_k místní ztráta šoupěte, 0,05 m

Celková dopravní výška H se stanoví vztahu: [18]

$$H = H_g + H_{z,m} + H_{z,t} \tag{5.13}$$

kde : H_g je geodetická výška, v m



Graf 5.1: Charakteristika navržených čerpadel varianta 1a [zdroj:wilo.com]

5.1.3 Čistírna odpadních vod

Nová ČOV je umístěna na pozemku obce a projektována pro 470 EO.

Údaje o množství a jakosti odpadních vod

Pro účely této studie se počítá se všemi producenty OV, kteří se nacházejí v obci a jsou napojeni na veřejnou kanalizaci. Ostatní producenti (tj. občanská vybavenost) jsou převzati z kanalizačního řádu obce a produkují 179 m^3/rok. Významní producenti mají vlastní řešení likvidace OV a nejsou zahrnuti.

Dle Přílohy č. 12 k vyhlášce č. 428/2001 Sb. směrná hodnota spotřeby pitné vody je 35 $m^3/os/rok$ (cca 96 l/os/den) v bytové zástavbě, pro rodinné domy se připočítává 1 m^3/os na spotřebu spojenou s očistou okolí domu. Dle údajů od provozovatele kanalizace byla produkce OV 24,73 $m^3/os/rok$ v roce 2016. Pro účely návrhu odkanalizování a čištění OV se počítá s hodnotou q_{spec} 120 $l/EO/den$. Množství balastních vod pro jednotnou kanalizaci je uvažováno 20 %. [17]

Tabulka 5.10: Množství OV dle ekvivalentních obyvatel

	Q_{24} $[m^3/den]$	Q_d $[m^3/den]$	Q_h $[m^3/hod]$	Q_{min} $[m^3/hod]$
Obyvatelé	56,40	84,60	10,12	0
Ostatní producenti	0,49	0,02	-	
Balastní vody	11,38	0,47	-	
Celkový průtok	68,27	96,47	10,61	0,47

Součinitel denní nerovnoměrnosti: $k_d = 1,5$
Součinitel maximální hodinové nerovnoměrnosti: $k_h = 2,87$
Součinitel minimální hodinové nerovnoměrnosti: $k_{min} = 0$

Průměrný denní bezdeštný průtok Q_{24} se stanoví podle vztahu:

$$Q_{24} = Q_{24,o} + Q_{24,p} + Q_b \tag{5.14}$$

kde : $Q_{24,o}$ je průměrný denní průtok od obyvatelstva, v m^3/den
$Q_{24,p}$ průměrný denní průtok z průmyslu, v m^3/den
Q_b balastní vody 20 %, v m^3/den

Maximální denní průtok Q_d se stanoví podle vztahu:

$$Q_d = (Q_{24,o} \times k_h + Q_{24,p} + Q_b)/24 \tag{5.15}$$

Maximální hodinový průtok Q_h se stanoví podle vztahu:

$$Q_h = (Q_{24,m}\ k_h \times k_d + Q_{24,p} + Q_b)/24 \tag{5.16}$$

Minimální průtok Q_{min} se stanoví podle vztahu:

$$Q_{min} = Q_{min,o} + Q_b \tag{5.17}$$

kde : $Q_{min,o}$ je minimální hodinový průtok od obyvatelstva, v m^3/hod

Maximální průtok biologickou částí za deště: $Q_{max} = Q_h = 10,61\ m^3/hod$

Posouzení biologické části ČOV za dešťového průtoku nevyhoví. Všechny OV budou přivedeny na 1. stupeň čištění - česle a lapák písku a před aktivační nádrží je navrženo odlehčení pro dešťový průtok.

$$Q_{dest} = 17,69l/s > Q_{max} = 2,95l/s \tag{5.18}$$

Maximální průtok odpadních vod za deště se stanoví podle vztahu:

$$Q_{dest} = (1 + m) \times Q_h \tag{5.19}$$

kde : m je násobek ředění, $m = 5$

Látkové zatížení

Denní množství znečištění S_{dp} v kg/den pro BSK_5 , $CHSK_{cr}$ a NL je uvedené v tabulce 5.11. Orientační hodnoty produkce specifického znečištění na 1 obyvatele (populační ekvivalent) S_0 v g/os/den jsou uvedeny v ČSN 75 6402.

Tabulka 5.11: Denní množství znečištění

Ukazatel denního znečištění	-	Jednotka
S_{dp} - BSK_5	28,20	kg/den
S_{dp} - CSK_{cr}	56,40	kg/den
S_{dp} - NL	25,85	kg/den

Denní množství znečištění S_{dp} se stanoví podle vztahu:

$$S_{dp} = EO \times S_0 \tag{5.20}$$

kde : EO je počet ekvivalentních obyvatel
S_0 produkce specifického znečištění, v g/os/den

Maximální a minimální hodnoty koncentrace ukazatelů znečištění vypouštěných odpadních vod jsou dány zákonem a uvedeny v Příloze č. 1 k nařízením vlády č. 401/2015 Sb. (tabulka 5.38) . ČOV s 470 EO spadá do kategorie do 500 EO, která má stanoveny limity pro ukazatele BSK_5, $CHSK_{cr}$ a NL. Hodnoty všech třech ukazatelů a jejich porovnání s navrženou ČOV jsou v následující tabulce č. 5.12.

Tabulka 5.12: Průměrné koncentrace znečištění na přítoku na ČOV

Ukazatel	Přítok c_0	Vstup na AN	Odtok z ČOV c_1	Limit dle NV 401/2015 Sb.
Jednotka	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
BSK_5	413,08	392,43	15	40
$CHSK_{cr}$	826,17	784,86	140	150
NL	221,14	359,73	50	50

Průměrné vstupní koncentrace znečištění c_0 se stanoví podle vztahu:

$$c_0 = \frac{\Sigma S_{dp}}{Q_{24}} \tag{5.21}$$

Účinnost ČOV

Přípustná minimální účinnost čištění vypouštěných odpadních vod musí splňovat NV 401/2015 Sb. Pro čistírnu do 500 EO jsou stanoveny limity účinnost BSK_5 a $CHSK_{cr}$.

Tabulka 5.13: Biologická účinnost a posouzení

Biologická účinnost BSK_5			Dle NV 401/2015 Sb.	Posouzení
E_c celková účinnost	96,37	%	> 80 %	vyhoví
1. stupeň čištění	5,00	%	-	-
$E_{c,AN}$ 2. stupeň čištění	96,18	%	-	-
Biologická účinnost $CHSK_{cr}$			Dle NV 401/2015 Sb.	Posouzení
E_c celková účinnost	83,05	%	> 70 %	vyhoví

Celková účinnost $E_{c,AN}$ se stanoví podle vztahu:

$$E_c = \frac{c_0 - c_1}{c_0} \tag{5.22}$$

Česle

Odpadní vody protékají přes hlavní strojní česle ekonomické - SČE od firmy Fontana. Jedná se o vrchem stírané česle od českého výrobce. V případě poruchy strojních česlí jsou na obtokovém žlabu osazeny ručně stírané česle Fontana. Vypočtená produkce shrabků je 1880 kg/rok, tj. 5,15 kg/den, dle vzorce 5.23. Česle jsou dimenzované na dešťový průtok $Q_{dest} = 63,67\ m^3/hod$.

Tabulka 5.14: Vstupní parametry pro návrh česlí

Vstupní parametry			
Q_{dest}	63,67	m^3/hod	návrhový průtok
Q_{min}	0,47	m^3/hod	minimální návrhový průtok
v_i	4	$kg/os/rok$	specifická produkce shrabků
EO	470	$obyvatel$	počet obyvatel

Produkce shrabků V se stanoví podle vztahu:

$$V = EO \times v_i \tag{5.23}$$

kde : v_i je specifická produkce shrabků, v $kg/os/rok$

Lapák písku

U jednotné stokové soustavy je navržen vertikální lapák písku dle ČSN 75 6401. Na lapáku se zachycují hrubé a těžké předměty do velikosti zrn 0,2 až 0,5 mm přinášené odpadními vodami. Navržená plocha hladiny S_h je 0,38 m^2 dle vzorce 5.24. Produkce písku vypočítaná dle vzorce č. 5.25 je 0,53 m^3/den.

Tabulka 5.15: Vstupní parametry pro lapák písku

Vstupní parametry			
Q_{dest}	17,69	l/s	dešťový průtok
EO	470	-	počet EO
v_p	0,45		průtoková rychlost
Θ	45	s	doba zdržení
t_p	4	dny	prostor pro zachycený písek
v	180	$m^3/m^2/hod$	povrchové hydraulické zatížení
n	1	ks	počet lapáků
υ	0,000014	$m^3/os/d$	specifická produkce písku

Plocha hladiny $S_h = 0{,}35\ m^2$, navrženo D = 0,7 m $S_{h,skut} = 0{,}38\ m^2$ se stanoví podle vztahu:

$$S_h = \frac{Q_{max}}{v \times n} \tag{5.24}$$

kde : Q_{max} je maximální průtok, tedy dešťový průtok, v m^3/hod
v povrchové hydraulické zatížení, v $m^3/m^2/hod$

Produkce písku $V_p = 0{,}26\ m^3/den$ se stanoví podle vztahu:

$$V_p = EO \times \upsilon \times t_p \times 10 \tag{5.25}$$

kde : υ je specifická produkce písku, $\upsilon = 14 \times 10^{-6} m^3/obyv/d$
v povrchové hydraulické zatížení, v $m^3/m^2/hod$

Aktivační nádrž (AN)

Návrh nízko-zatěžované aktivační nádrže s anaerobní stabilizací kalu vychází ze základních parametrů v tabulce 5.16. Pro malé čistírny se používá typ Dortmund. Do aktivační nádrže o objemu $V_{AN} = 131,63\ m^3$ a rozměrech 4,5 x 4,5 x 6,5 m přitéká odpadní voda $Q_{24} = 68,27\ m^3/den$ o koncentraci kalu $X = 3,5\ kg/m^3$. Stáří kalu v aktivační nádrži Θ_x je 28 dní. [16]

Tabulka 5.16: Vstupní parametry pro aktivační proces

Vstupní parametry pro aktivační proces			
$c_{0,AN}$ - BSK_5	0,39	kg/m^3	Koncentrace na přítoku do AN
$S_{dp,AN}$ - BSK_5	26,79	kg/m^3	Znečištění na přítoku do AN
E_{AN} - BSK_5	0,96	-	Účinnost aktivačního procesu
Q_{24}	68,27	m^3/den	Návrhový průtok
B_X	0,06	$kg/kg/den$	Látkové zatížení kalu
X	3,5	kg/m^3	Koncentrace sušiny AN kalu $< 3,5 - 5,0 >$
KI	120	ml/g	Kalový index

Objemové látkové zatížení $B_V = 0,21\ kg/m^3/den$, musí splňovat podmínku $B_V =< 0,15; 0,7 >$ SPLNĚNO a stanoví se podle vztahu:

$$B_V = B_X \times X \tag{5.26}$$

kde : B_X je látkové zatížení kalu, v kg/kg/den
X koncentrace kalu, v kg/m^3

Objem nádrže $V_{AN} = 127,6\ m^3$, navrženo $V_{AN,sk} = 131,6\ m^3$ se stanoví podle vztahu:

$$V_{AN} = \frac{c_{0,AN} \times Q_{24}}{B_V} \tag{5.27}$$

kde : $c_{0,AN}$ je vstupní koncentrace znečištění , v kg/m^3

Rozměry nádrže jsou šířka × délka × hloubka – 4,5 × 4,5 × 6,5 m.

Plocha hladiny je S_h =20,25 m^2.

Doba zdržení Θ = 46,27 hodin , $\theta =< 24; 72 >$ SPLNĚNO se stanoví dle vztahu:

$$\Theta = \frac{V_{AN}}{Q_{24}} \tag{5.28}$$

kde : Θ je doba zdržení , v hodinách
$_{24}$ průměrný denní průtok, v m^3/den

Produkce kalu $V_{kal} = 16,19\ kg/den$ se stanoví podle vztahu:

$$V_{kal} = 1,2 \times B_X^{0,23} \times E_{AN} \times S_{dp,AN} \tag{5.29}$$

kde : E_{AN} je účinnost aktivačního procesu
$S_{dp,AN}$ znečištění na přítoku do aktivace, v kg/m^3

Objem kalu $W_S = 447\ kg$ stanoví podle vztahu:

$$W_S = \frac{S_{dp,AN}}{B_X} \tag{5.30}$$

Stáří kalu Θ_X = 28 dní , $\Theta_X > 25 dni$ SPLNĚNO stanoví podle vztahu:

$$\Theta_X = \frac{W_S}{V_{kal}} \tag{5.31}$$

Dosazovací nádrž (DN)

Z dosazovací horizontální nádrže s objemem $V_{DN} = 91,13\ m^3$, rozměry 4,5 × 4,5 × 4,5 m a plochou hladiny 20,25 m^2 se část biomasy o koncentraci $X_r = 4,5\ kg/m^3$ recirkuluje dle recirkulačního poměru $R = 0,54$ a část se odebírá jako přebytečný kal. Doba zdržení v dosazovací nádrži je 3,44 hodin a hydraulické zatížení je 0,52 $m^3/m^2/hod$.

Tabulka 5.17: Vstupní parametry pro výpočet hladiny dosazovací nádrže

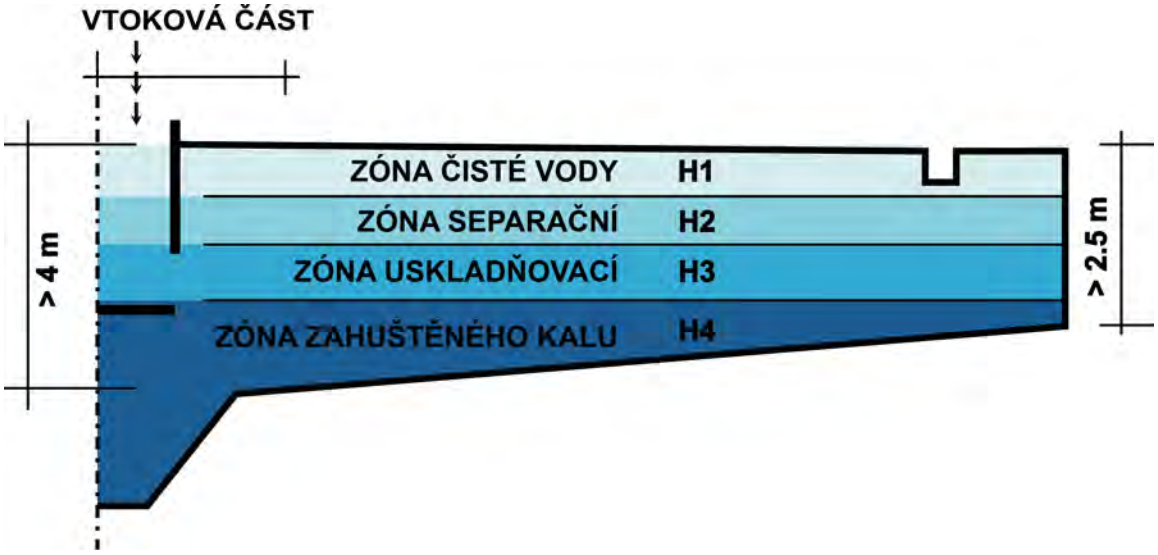
Vstupní hodnoty			
n	1		počet DN
X	4,5	kg/m^3	Koncentrace kalu v DN
NL	5	$kg/m^2/hod$	Zatížení nerozpustnými látkami
Q_N	10,61	m^3/hod	Návrhový průtok - maximální hodinový
u	2	$m^3/m^2/hod$	Povrchové hydraulické zatížení
R	0,54		Recirkulace vratného kalu

Plocha hladiny $S_{DN} = 14,69\ m^2$, navrženo $S_{DN,sk} = 20,25\ m^2$ se stanoví jako maximální hodnota podle vztahů:

$$S_{DN1} = \frac{Q_N}{u} = 5,31 \qquad \text{nebo} \qquad S_{DN2} = \frac{Q_N \times (1+R) \times X}{u} = 14,69 \tag{5.32}$$

Dosazovací nádrž se rozděluje podle normy ATV 131 E na čtyři zóny viz obrázek č. 5.1. První je zóna čisté vody s minimální hloubkou $h_1 = 0,1\ m$, pod ní je separační část, kde se odděluje čistá voda. Třetí část je uskladňovací prostor a u dna je poslední část zahuštěného kalu.

Obrázek 5.1: Rozdělení hloubky v dosazovací nádrži [zdroj: ATV 131 E]



Tabulka 5.18: Vstupní parametry pro výpočet výšky jednotlivých zón v DN

Vstupní hodnoty			
q_a	1,43	m/h	Průtok
q_{sv}	600	$l/m^2/hod$	Hydraulické zatížení plochy
SS_{eat}	3,5	kg/m^3	Koncentrace kalu v aktivační nádrži
SVI	120	l/kg	Kalový index
DSV	420	l/m^3	Nezahuštěný kal
RS	0,54	-	Poměr recirkulace
t_{th}	1,5	h	Zahušťovací doba $< 1,0 - 1,5 >$
SS_{BS}	9,54	kg/m^3	Koncentrace kalu v zahušťovací zóně

Zóna čisté vody $H_1 = 0,50\ m$ je stanovena podle doporučení normy ATV 131 E.
Separační zóna $H_2 = 1,89\ m$, navrženo $H_{2,skut} = 1,90\ m$ se stanoví podle vztahu:

$$H_2 = \frac{0,5 \times q_A \times (1 + RS)}{1 - DSV/1000} \tag{5.33}$$

kde : q_a průtok, v m/h
R poměr recirkulace
DSV nezahuštěný kal, v l/m^3

Separační zóna $H_3 = 0,83\ m$, navrženo $H_{3,skut} = 0,90\ m$ se stanoví podle vztahu:

$$H_3 = \frac{1,5 \times 0,3 \times q_{SV} \times (1 + RS)}{500} \tag{5.34}$$

kde : q_{SV} je hydraulické zatížení plochy, v $l/m^2/hod$

Separační zóna $H_4 = 1,21\ m$, navrženo $H_{4,skut} = 1,2\ m$ se stanoví podle vztahu:

$$H_4 = \frac{SS_{eat} \times q_a \times (1 + RS) \times t_{th}}{SS_{BS}} \tag{5.35}$$

kde : SS_{eat} je koncentrace kalu v aktivační nádrži, v kg/m^3
t_{th} zahušťovací doba, v h
SS_{BS} koncentrace kalu v zahušťovací zóně, v kg/m^3

Celková hloubka dosazovací nádrže je navržena $H_{skut} = 4,50\ m$.
Posouzení doby zdržení $\theta_{sk} = 3,44 > \theta_N = 1,5\ h$ - VYHOVUJE, stanoví se podle:

$$\theta_{sk} = \frac{V_{SK} \times \mu_{SK}}{Q_N} \tag{5.36}$$

kde : V_{SK} je skutečný navržený objem nádrže, v m^3
Q_N návrhový maximální hodinový průtok, v m^3/hod

Posouzení hydraulického zatížení $u_{sk} = 0,52\ h < u_N = 1,2\ h$ VYHOVÍ, stanoví se podle vztahu:

$$u_{sk} = \frac{Q_N}{S_{SK}} \tag{5.37}$$

kde : S_{SK} je skutečná navržená plocha hladiny, v m^2

Kalové hospodářství

Pro návrh kalového hospodářství byl proveden výpočet produkce kalu $P_C = 11,48\ kg/den$.

Tabulka 5.19: Vstupní parametry pro výpočet celkové produkce kalu

Vstupní hodnoty			
X_{BK}	30	kg/m^3	Koncentrace přebytečného kalu
P_{BK}	16,19	kg/den	Produkce hmotnosti přebytečného kalu z DN
V_{BK}	0,54	m^3/den	Produkce objemu přebytečného kalu z DN
t	60	den	Doba uskladnění bez aerace
NL_1	3,4	kg/den	Znečištění odtékající do recipientu
1. stupeň	1,29	kg/den	Odstraněné znečištění na 1. stupni čištění

Celková produkce kalu $P_C = 11,48\ kg/den$ se stanoví podle vztahu:

$$P_C = P_{BK} - 1.stupen - NL_1 \tag{5.38}$$

kde : P_{BK} je produkce přebytečného kalu z DN, v kg/den
1. stupeň odstraněné znečištění na 1. stupni čištění, v kg/den
NL_1 Znečištění odtékající do recipientu, v kg/den

Objem uskladňovací nádrže na dobu $t = 60$ dní je $V = 23,0\ m^3$.

Stavebně technické řešení

Objekt ČOV je navržen na obecním oploceném pozemku. Příjezd bude umožněn po příjezdové komunikaci, na kterou dále navážou zpevněné plochy. Součástí ČOV bude nadzemní, zděná, jednopodlažní, zastřešená budova. Objety vodohospodářského charakteru jako jsou železobetonové nádrže podzemní. ×

Strojně technologická část

Čerpací jímka dopravuje OV na technologickou linku a zároveň slouží i pro vyrovnávání maximálních průtoků. Ve vstupní ČS 1 typu Wilo-EMUport s oddělenou separací nečistot jsou umístěna dvě ponorná čerpadla v zapojení 1+1 typu Wilo-EMU FA 08.53E. Předřazena je havarijní jímka pro případ výpadku elektrického proudu. Čerpadla jsou spínány dle plováků hlídající hladinu v jímce. Čerpací jímka je vybavena ultrazvukovým snímačem hladiny.

Dešťové průtoky $Q_{dest} = 17,69\ l/s$ větší než návrhové Q_{max} jsou převedeny přes čerpací jímku, česle, lapák písku a před aktivační nádrží odvedeny přes systém odlehčení, tímto se ošetří maximální hydraulické zatížení biologické linky.

Hrubé předčištění Výtlačné potrubí z ČS 1 je vedeno na strojně stírané česle, kde dochází k zachycení mechanických nečistot. Shrabky z česlí se odvádí do popelnice a dále jsou odváženy k likvidaci. K česlím je přivedena provozní voda na proplachování. Na nátoku do žlabu jemných česlí je instalováno ruční uzavírací šoupě pro případné odstavení česlí. Na obtoku strojních česlí jsou česle ručně stírané. Z česlí odtéká voda gravitačně do lapáku písku, kde se separují těžké a velké částice. Písek se z lapáku čerpá vzduchovým čerpadlem mamutka do odvodňovacího kontejneru na písek. Odsazená voda z kontejneru je zpět svedena do vstupní čerpací jímky. Vzduch pro lapák písku je dodáván z první dmychárny. Odpadní vody gravitačně odtékají dál do aktivace.

Biologické čištění Mechanicky předčištěná voda dále přitéká na biologický stupeň. V nízko zatěžované směšovací aktivační nádrži typu Dortmund se mísí OV s vratným kalem. V nádrži je instalováno ponorné vrtulové míchadlo. Manipulace s míchadlem je možná pomocí zdvihacího zařízení. Provzdušňování je zajištěno jemnobublinným provzdušňovacím systémem s elementy upevněnými na nerezovém roštu. Zdrojem tlakového vzduchu jsou dvě dmychadla umístěná ve dmychárně č. 2. Jednotlivé rozvody vzduchu jsou opatřeny uzavíracími kulovými uzávěry a solenoidovými ventily. Z aktivace OV gravitačně odtékají do horizontální dosazovací nádrže určené k separaci aktivovaného kalu od vyčištěné vody. Dosazovací nádrž je vybavena odtokovým žlabem s nornými stěnami, 3 ks mamutek pro čerpání vratného a přebytečného kalu a pro odstranění plovoucích nečistot z hladiny. Vratný kal je ze dna čerpán zpět do aktivační nádrže a přebytečný kal do zásobní nádrže na kal. Přívod vzduchu pro odtah plovoucích nečistot je z dmychárny č. 2.

Chemické hospodářství Do aktivační nádrže je dávkován chlorid železitý pomocí dávkovacího čerpadla ze zásobní nádrže. Účelem je srážení fosforu.

Měření a regulace Vyčištěná voda je odváděna přes měrný objekt do recipientu. Měrný objekt je Parschallův měrný žlab s ultrazvukovým měřením výšky hladiny.

Dmychárna zajišťuje potřebného množství tlakového vzduchu. Jsou navrženy celkem dvě dmychárny – pro lapák písku a biologický stupeň. Dmychadla pracují v režimu 1+1. Rozvodná potrubí jsou opatřeny kalovými uzávěry a soleinodovými ventily.

Kalové hospodářství je tvořeno zásobní nádrží na kal. Po odsazení kalu v nádrži se kalová voda přečerpává ponorným kalovým čerpadlem s plovákovým snímačem hladiny zpět do procesu čištění. Kal je přes koncovku potrubního vývodu čerpán do fekálního vozu a odvážen.

5.2 Varianta 1b – ČOV a nová oddílná kanalizace

Ve variantě 1b je, na rozdíl od předchozího řešení, navržena nová oddílná gravitační kanalizace a současná stoka se využije pro odvádění dešťových vod. Dále jsou na-

vrženy dvě čerpací stanice pro čerpaní OV ze stoky "B" přes Sudický potok a pro dopravu OV na ČOV. Centrální mechanicko – biologická ČOV je projektována pro 470 EO a umístěna na obecním pozemku v jižním konci obce.

5.2.1 Trubní síť

Splaškové vody jsou odváděny nově navrženou oddílnou kanalizací do ČS1 a přes centrální ČOV do recipientu. Většina komunikací je zrekonstruovaná, proto je stoka trasována převážně mimo komunikaci. Celková situace oddílné kanalizace je v příloze č. 2. Dešťové vody z nemovitostí v intravilánu a z veřejným zpevněných ploch v obci budou svedeny do stávající kanalizace. Nová splašková síť bude mít tři větve "A", "B" a "C".

Stoka "A" DN 300 začíná ČS 1 u objektu ČOV a vede od jižní části obce k severní. Od čerpací stanice po krajskou komunikaci III/37414 je stoka vedena mimo nově zrekonstruovanou vozovku. Po krajské komunikaci, která se plánuje opravit, je vedena po pravé straně silnice a napojuje se na ni stoka "A-1" DN 250. Dále se na kmenovou stoku napojuje stoka "A-2" DN 250, která trasována mimo zrekonstruovanou vozovku. Od místa napojení stoky "A-3" DN 250, u obchodu a restaurace, se zmenšuje dimenze stoky "A" na DN 250. U autobusové zastávky se napojuje stoka "A-4" DN 250, která vede volným terénem a protlakem pod vozovkou. V severní části u zatáčky na krajskou komunikaci III/37413 se napojuje stoka "A-5" DN 250. Stoka "A" končí u č. p. 113. Výpis dimenzí a délek potrubí je v tabulce 5.20.

Stoka "B" DN 250 svádí vody od nemovitosti č. p. 55 a v místě křížení zrekonstruované komunikace musí být provedena protlakem. Tam, kde je to možné, je vedena ve volném terénu. Výpis dimenzí a délek potrubí je v tabulce 5.21.

Stoka "C" odvádí odpadní vody ze západní části obce do ČS 2, která je dopravuje do ČS 1. Trasa stoky "C" DN 250 je vedena od Sudického toku kolem obecního úřadu, za kterým se na ni napojuje stoka "C-1" DN 250. Před křížení s mostem se na stoku "C" napojuje větev "C3". Pod Sudickým potokem prochází stoka gravitačně a dále se na ni napojuje stoka "C3". Od mostu až po komunikaci III/37414 je stoka vedena mimo rekonstruovanou vozovku. U nemovitosti č.p. 93 se připojuje stoka "C4" DN 250 a "C5" DN 250. Stoka "C" končí u č. p. 184. Výpis dimenzí a délek potrubí je v tabulce č5.22.

Výtlak "V1" PE100 DN SDR11 DN 90 přivádí OV z ČS 1 na objekty mechanického předčištění ČOV.

Výtlak "V2" je navržen v jižní části obce PE100 DN SDR11 DN 90 dopravující OV po mostní konstrukci přes Sudický potok do ČS1 na ČOV.

Tabulka 5.20: Kanalizační stoky větve "A"

Stoka	Délka DN 300 [m]	Délka DN 250[m]	Celkem [m]
A	374	597	971
A-1		272	272
A-2		210	210
A-3		90	90
A-4		228	228
A-5		126	126
Všechny stoky	374	1523	1897

Tabulka 5.21: Kanalizační stoky větve "B"

Stoka	Délka DN 250[m]
C	247

Tabulka 5.22: Kanalizační stoky větve "C"

Stoka	Délka DN 250[m]
C	718
C-1	115
C-2	33
C-3	41
C-4	102
C-5	86
Všechny stoky	1095

Délka kanalizační sítě – stoka "A" 1897 m, stoka "B" 247 m, stoka "C" 1095 m. Celková délka je 3 239 m.

Hydraulika

Návrh a hydraulické parametry oddílné stokové sítě jsou uvedeny v tabulce 5.23 a vychází ze vzorců uvedených ve variantě 1a. Minimální sklon splaškové kanalizace musí být pro DN 300 > 14 ‰, pro DN 250 > 18 ‰ [23]. Podmínkou je také splnění minimálního tečného napětí $\tau_u > 3{,}0$ Pa.

Pokud je sklon kanalizace i < 35,0 ‰ při DN > 1000, nedochází k provzdušňování odpadní vody vzduchem. Tato podmínka je splněna a v hydraulickém posouzení nemusí být posouzeno provzdušnění vodním proudem.

Tečné napětí na dně stoky τ_u se stanoví podle vztahu:

$$\tau_u = \rho \times g \times R \times i \tag{5.39}$$

kde : ρ průměrná hustota odpadní vody, v kg/m^3

g gravitační zrychlení, v m/s^2
R hydraulický poloměr, v m
i sklon dna stoky, podíl m/m

Tabulka 5.23: Hydraulika splaškové kanalizace

Stoka	Přípojky	EO	Σ EO	$Q_{24,m}$	k_h	$Q_{h,max}$	Q_b	Q_N	Materiál	Návrh DN	délka	i	A	v	Q_{kap}	τ_U
				l/s	-	l/s	l/s	l/s		m	m	‰	m^2	m/s	l/s	Pa
A	5	14	14	0,019	7,2	0,138	0,001	0,139	PVC	250	172	18	0,05	0,26	13,0	11,1
A-5	10	28	28	0,038	7,2	0,276	0,002	0,278	PVC	250	126	24	0,05	0,30	14,9	14,6
a	2	6	47	0,065	7,2	0,470	0,003	0,473	PVC	250	101	19	0,05	0,27	13,3	11,5
A-4	12	33	33	0,046	7,2	0,332	0,002	0,334	PVC	250	228	18	0,05	0,27	13,1	11,3
A	14	39	119	0,165	5,9	0,974	0,008	0,982	PVC	250	296	24	0,05	0,30	14,9	14,5
A-3	2	6	6	0,008	7,2	0,055	0,000	0,056	PVC	250	90	19	0,05	0,27	13,3	11,6
A	3	8	133	0,184	5,8	1,069	0,009	1,078	PVC	250	28	21	0,05	0,29	14,1	13,1
A-2	19	53	53	0,073	6,8	0,496	0,004	0,500	PVC	250	210	24	0,05	0,30	14,9	14,6
A	9	25	210	0,292	5,4	1,576	0,015	1,590	PVC	300	133	22	0,07	0,33	23,2	16,0
A-1	18	50	50	0,069	6,9	0,477	0,003	0,480	PVC	250	272	11	0,05	0,21	10,1	6,8
A	17	47	307	0,426	4,8	2,046	0,021	2,067	PVC	300	241	19	0,07	0,30	21,5	13,7

Stoka	Přípojky	EO	Σ EO	$Q_{24,m}$	k_h	$Q_{h,max}$	Q_b	Q_N	Materiál	Návrh DN	délka	i	A	v	Q_{kap}	τ_U
				l/s	-	l/s	l/s	l/s		m	m	‰	m^2	m/s	l/s	Pa
B	16	44	36	0,050	7,0	0,350	0,003	0,353	PVC	250	247	18	0,05	0,27	13,04	11,17

Stoka	Přípojky	EO	Σ EO	$Q_{24,m}$	k_h	$Q_{h,max}$	Q_b	Q_N	Materiál	Návrh DN	délka	i	A	v	Q_{kap}	τ_U
				l/s	-	l/s	l/s	l/s		m	m	‰	m^2	m/s	l/s	Pa
C	3	8	8	0,012	7,2	0,083	0,001	0,084	PVC	250	241	21	0,05	0,28	13,92	12,72
C-5	10	28	28	0,038	7,2	0,276	0,002	0,278	PVC	250	86	12	0,05	0,21	10,42	7,13
C-4	3	8	8	0,012	7,2	0,083	0,001	0,084	PVC	250	102	10	0,05	0,19	9,57	6,01
C	12	33	77	0,108	6,5	0,699	0,005	0,704	PVC	250	258	31	0,05	0,35	17,02	19,01
C-3	1	3	3	0,004	7,2	0,028	0,000	0,028	PVC	250	41	24	0,05	0,31	15,09	14,95
C-2	3	6	6	0,008	7,2	0,055	0,000	0,056	PVC	250	33	30	0,05	0,34	16,82	18,58
C	2	8	94	0,131	6,3	0,823	0,007	0,829	PVC	250	36	28	0,05	0,33	16,11	17,03
C	4	11	105	0,146	6,1	0,890	0,007	0,897	PVC	250	115	26	0,05	0,32	15,61	15,99
C-1	2	6	6	0,008	7,2	0,055	0,000	0,056	PVC	250	115	13	0,05	0,22	11,04	8,00
C	3	8	119	0,165	5,9	0,974	0,008	0,982	PVC	250	68	15	0,05	0,24	11,72	9,02

Uložení potrubí

Zásady uložení potrubí oddílné stoky jsou stejné jako v předešlé kapitole č. 5.1.1 Uložení potrubí. Musí být dodrženy minimální vzdálenosti při souběhu sítí.

Při souběžném vedení dešťové a splaškové stoky se zpravidla umístí hlouběji splašková stoka. Potrubí je položeno tak, aby kopírovalo terén. Z toho důvodu, aby při netěsnosti stoky nedocházelo k vsakování do dešťové kanalizace a odtoku znečištění do recipientu.

5.2.2 Objekty na síti

Kanalizační šachty

Na síti budou osazeny prefabrikované kanalizační šachty DN 1000 vstupní, lomové a soutokové, dle požadavků ČSN 75 6101. Kanalizační revizní šachty jsou situovány v místech spojení stok, výškových a směrových lomech, na rovné trase maximálně po 50 m.

Čerpací stanice a výtlačné potrubí

Čerpací stanice 1 dopravovuje OV z čerpací jímky na čistírnu. Je zde navržena kompaktní čerpací stanice Wilo-EMUport s oddělenou separací nečistot. V případě výpadku elektrické energie, či poruše čerpadel je navržena předřazená kruhová havarijní železobetonová jímka o průměru 3,0 m, hloubce 4,0 m a objemu 28,27 m^3. V čerpací jímce jsou dále navržena dvě čerpadla typu Wilo-EMU FA 08.53E v zapojení 1+1. Čerpané množství OV je 4,17 l/s a dopravní výška 9,93 m viz tabulky 5.24.

Výtlačné potrubí "V1" dopravuje OV z ČS 1 na ČOV. Rychlost v potrubí PE100 90 x 8,2 SDR11 PN16 je 0,98 m/s viz tabulka 5.25. Minimální a maximální rychlosti v tlakovém potrubí by měli být 0,7 až 2,0 m/s.

Čerpací stanice 2 čerpá odpadní vody svedené ze stoky "B" přes Sudický potok. I v tomto případě je navržena kompaktní čerpací stanice Wilo-EMUport s oddělenou separací nečistot. Před ní bude předřazena havarijní nádrž s průměrem 1,5 m, hloubkou 3 m a objemem 5,3 m^3. V čerpací jímce jsou dále navržena dvě čerpadla typu Wilo-EMU FA 08.53E v zapojení 1+1. Čerpané množství OV je 4,17 l/s a dopravní výška 9,93 m viz tabulky 5.26.

Výtlačné potrubí "V2" bude vedeno po mostní konstrukci a chráněno izolací proti zamrznutí a bude zaústěno do ČS 1. Dimenze potrubí je navržena PE100 90 x 8,2 SDR11 PN16. Rychlost v potrubí je 0,98 m/s.

Tabulka 5.24: Návrh havarijní jímky ČS 1 a ČS 2

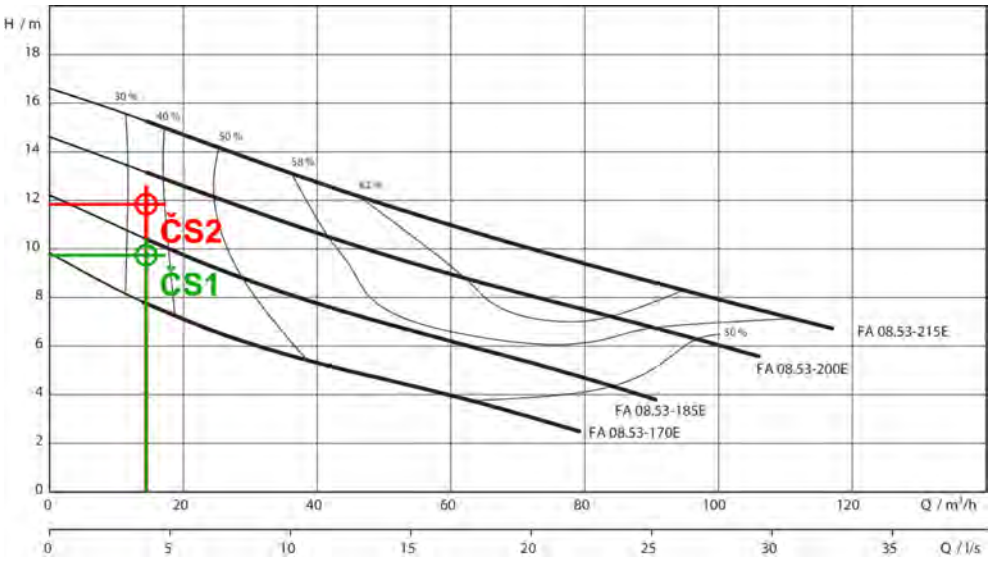
veličina	EO	Q_N	V_{navrh}	V_{skut}	Rozměry
jednotka	-	m^3/hod	m^3	m^3	D x H [m]
ČS 1 – ČOV	470	3,45	27,64	28,27	3 X 4
ČS 2	96	0,58	4,61	5,3	1,5 X 3

Tabulka 5.25: Návrh výtlačného potrubí V1 a V2

veličina	délka	v_{max}	Q_{cerp}	d_{NV}	d_{SKUT}	v_{SKUT}	typ
jednotka	m	m/s	m^3/hod	m	m	m	-
V1 - ČOV	30	2	15	0,052	0,074	0,98	DN 90
V2	82	2	15	0,052	0,074	0,98	DN 90

Tabulka 5.26: Návrh čerpadel pro ČS 1 a ČS 2

veličina	Re	λ	L	H_g	$H_{z,t}$	$H_{z,m}$	H	Q_{cerp}	typ čerpadel
jednotka	-	-	m	m	m	m	m	l/s	-
ČS 1	55447	0,02918	30	5	0,58	4,35	9,93	4,17	Wilo-EMU FA 08.53E
ČS 2	55447	0,02918	82	6	1,59	4,35	11,94	4,17	Wilo-EMU FA 08.53E



Graf 5.2: Charakteristika navržených čerpadel varianta 1b [zdroj: wilo.com]

5.2.3 Čistírna odpadních vod

Nová ČOV je projektována pro 470 obyvatel a podrobný postup včetně vzorců je popsán v předchozí kapitole u varianty 1a.

Údaje o množství a jakosti odpadních vod

Pro účely návrhu odkanalizování a čištění OV se počítá s hodnotou produkce OV q_{spec} 120 l/EO/den. Pro oddílnou kanalizaci je uvažováno 5 % balastních vod z celkového množství splaškových vod.

Tabulka 5.27: Množství OV dle ekvivalentních obyvatel

	Q_{24} [m^3/den]	Q_d [m^3/den]	Q_h [m^3/hod]	Q_{min} [m^3/hod]
Obyvatelé	56,40	84,60	10,12	0,00
Ostatní producenti	0,49	0,02	-	
Balastní vody	2,84	0,12	-	
Celkový průtok	59,73	87,93	10,26	0,12

Součinitel denní nerovnoměrnosti: $k_d = 1,5$

Součinitel maximální hodinové nerovnoměrnosti: $k_h = 2,87$
Součinitel minimální hodinové nerovnoměrnosti: $k_{min} = 0$

Látkové zatížení

Denní množství znečištění S_{dp} v kg/den pro BSK_5 , $CHSK_{cr}$ a NL uvedené v tabulce č. 5.28.

Tabulka 5.28: Denní množství znečištění

Ukazatel denního znečištění	-	jednotka
S_{dp} - BSK_5	28,20	kg/den
S_{dp} - CSK_{cr}	56,40	kg/den
S_{dp} - NL	25,85	kg/den

Hodnoty ukazatelů BSK_5, $CHSK_{cr}$ a NL (tabulka 5.38) a jejich porovnání s navrženou ČOV jsou v následující tabulce č. 5.29.

Tabulka 5.29: Průměrné koncentrace znečištění na ČOV

Ukazatel	Přítok c_0	Vstup na AN	Odtok z ČOV c_1	Limit dle NV 401/2015 Sb.
Jednotka	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
BSK_5	472,10	448,49	15	40
$CHSK_{cr}$	944,19	896,98	140	150
NL	432,76	411,12	50	50

Účinnost ČOV

Přípustná minimální účinnost čištění pro ukazatele BSK_5 a $CHSK_{cr}$.

Tabulka 5.30: Biologická účinnost a posouzení

Biologická účinnost BSK_5			Dle NV 401/2015 Sb.	Posouzení
E_c celková účinnost	96,82	%	> 80 %	vyhoví
1. stupeň čištění	5	%	-	-
$E_{c,AN}$ 2. stupeň čištění	96,66	%	-	-
Biologická účinnost $CHSK_{cr}$			Dle NV 401/2015 Sb.	Posouzení
E_c celková účinnost	84,40	%	> 70 %	vyhoví

Česle

Odpadní vody protékají přes hlavní strojní česle ekonomické – SČE od firmy Fontana. Jedná se o vrchem stírané česle od českého výrobce. V případě poruchy strojních česlí jsou na obtokovém žlabu osazeny ručně stírané česle – ČR Fontana. Vypočtená

produkce shrabků je 1880 kg/rok, tj. 5,15 kg/den, dle vzorce 5.23. Česle jsou dimenzované na maximální hodinový průtok $Q_h = 10,26\ m^3/hod$.

Tabulka 5.31: Vstupní parametry pro návrh česlí

Vstupní parametry			
Q_h	10,26	m^3/hod	návrhový průtok
Q_{min}	0,12	m^3/hod	minimální návrhový průtok
v_i	4	$kg/os/rok$	specifická produkce shrabků
EO	470	obyvatel	počet obyvatel

Aktivační nádrž (AN)

Návrh nízko-zatěžované aktivační nádrže s anaerobní stabilizací kalu vychází ze základních parametrů v tabulce 5.32. Pro malé čistírny se používá typ Dortmund. Do aktivační nádrže o objemu $V_{AN,sk} = 131,63\ m^3$ a rozměrech 4,5 × 4,5 × 6,5 m přitéká odpadní voda $Q_{24} = 59,73\ m^3/den$ o koncentraci $X = 3,5\ kg/m^3$. Stáří kalu v aktivační nádrži Θ_x je 28 dní.

Tabulka 5.32: Vstupní parametry pro aktivační proces

Vstupní parametry pro aktivační proces			
$c_{0,AN}$ - BSK_5	0,45	kg/m^3	Koncentrace na přítoku do AN
$S_{dp,AN}$ - BSK_5	26,79	kg/m^3	Znečištění na přítoku do AN
E_{AN} - BSK_5	0,97	-	Účinnost aktivačního procesu
Q_{24}	59,73	m^3/den	Návrhový průtok
B_X	0,06	kg/kg/den	Látkové zatížení kalu
X	3,5	kg/m^3	Koncentrace sušina AN kalu $< 3,5 - 5,0 >$
KI	120	ml/g	Kalový index

Objemové látkové zatížení $B_V = 0,21\ kg/m^3/den$, musí splňovat podmínku $B_V =< 0,15; 0,7 >$ SPLNĚNO a stanoví se podle vztahu 5.26.

Objem nádrže $V_{AN} = 127,6\ m^3$, návrh $V_{AN,sk} = 131,63\ m^3$ je stanoven dle vztahu 5.27.

Rozměry nádrže jsou šířka × délka × hloubka – 4,5 × 4,5 × 6,5m.

Plocha hladiny je S_h =20,25 m^2.

Doba zdržení Θ = 52,88 hodin, $\theta =< 24; 72 >$ SPLNĚNO stanovena dle vztahu 5.28.

Produkce kalu V_{kal} = 16,27 kg/den se stanoví podle vztahu 5.29.

Objem kalu W_S = 447 kg stanoví podle vztahu 5.30.

Stáří kalu Θ_X = 28 dní , $\Theta_X > 25$ dní SPLNĚNO stanoví se podle vztahu 5.31.

Dosazovací nádrž (DN)

Z dosazovací horizontální nádrže s objemem $V_{DN} = 91,13\ m^3$, rozměry 4,5 × 4,5 × 4,5 m a plochou hladiny 20,25 m^2 se část biomasy o koncentraci $X_r = 4,5\ kg/m^3$ recirkuluje dle recirkulačního poměru R = 0,54 a část se odebírá jako přebytečný kal. Doba zdržení v dosazovací nádrži je 3,55 *hodin* a hydraulické zatížení je 0,51 $m^3/m^2/hod$.

Tabulka 5.33: Vstupní parametry pro výpočet hladiny dosazovací nádrže

Vstupní hodnoty			
n	1		počet DN
X	4,5	kg/m^3	Koncentrace kalu v DN
NL	5	$kg/m^2/hod$	Zatížení nerozpustnými látkami
Q_N	10,26	m^3/hod	Návrhový průtok - maximální hodinový
u	2	$m^3/m^2/hod$	Povrchové hydraulické zatížení
R	0,54		Recirkulace vratného kalu

Plocha hladiny $S_{DN} = 14,20\ m^2$, navrženo $S_{DN,sk} = 20,25\ m^2$ se stanoví jako maximální hodnota podle vztahů 5.32.

Dosazovací nádrž se rozděluje podle normy ATV 131 E na čtyři zóny viz obrázek č. 5.1. První je zóna čisté vody s minimální hloubkou $h_1 = 0,1\ m$, pod ní je separační část, kde se odděluje čistá voda. Třetí část je uskladňovací prostor a u dna je poslední část zahuštěného kalu.

Tabulka 5.34: Vstupní parametry pro výpočet výšky jednotlivých zón v DN

Vstupní hodnoty			
q_a	1,43	m/h	Průtok
q_{sv}	600	$l/m^2/hod$	Hydraulické zatížení plochy
SS_{eat}	3,5	kg/m^3	Koncentrace kalu v aktivační nádrži
SVI	120	l/kg	Kalový index
DSV	420	l/m^3	Nezahuštěný kal
RS	0,54	-	Poměr recirkulace
t_{th}	1,5	h	Zahušťovací doba $< 1,0 - 1,5 >$
SS_{BS}	9,54	kg/m^3	Koncentrace kalu v zahušťovací zóně

Zóna čisté vody $H_1 = 0,50\ m$ je stanovena podle doporučení normy ATV 131 E.
Separační zóna $H_2 = 1,89\ m$, navrženo $H_{2,skut} = 1,90\ m$ se stanoví podle vztahu 5.33.
Separační zóna $H_3 = 0,83\ m$, navrženo $H_{3,skut} = 0,90\ m$ se stanoví podle vztahu 5.34.
Separační zóna $H_4 = 1,21\ m$, navrženo $H_{4,skut} = 1,20\ m$ se stanoví podle vztahu 5.35.

Celková hloubky dosazovací nádrže je navržena $H_{SKUT} = 4,50\ m$

Posouzení doby zdržení $\theta_{sk} = 3,55 > \theta_N = 1,5\ h$ - VYHOVUJE, stanoví se podle 5.36.
Posouzení hydraulického zatížení $u_{sk} = 0,51\ h < u_N = 1,2\ h$ VYHOVÍ, stanoví se podle vztahu 5.37.

Kalové hospodářství

Pro návrh kalového hospodářství byl proveden výpočet produkce kalu $P_C = 11,99\ kg/den$.

Tabulka 5.35: Vstupní parametry pro výpočet celkové produkce kalu

Vstupní hodnoty			
X_{BK}	30	kg/m^3	Koncentrace přebytečného kalu
P_{BK}	16,27	kg/den	Produkce hmotnosti přebytečného kalu z DN
V_{BK}	0,54	m^3/den	Produkce objemu přebytečného kalu z DN
t	60	den	Doba uskladnění bez aerace
1. stupeň	1,29	kg/den	Odstraněné znečištění na 1. stupni čištění
NL_1	2,99	kg/den	Znečištění odtékající do recipientu

Celková produkce kalu $P_C = 11,99\ kg/den$ se stanoví podle vztahu 5.38.

Stavebně technické řešení

Objekt ČOV je navržen na obecním oploceném pozemku. Příjezd bude umožněn po příjezdové komunikaci, na kterou dále navážou zpevněné plochy. Součástí ČOV bude nadzemní, zděná, jednopodlažní, zastřešená budova. Objekty vodohospodářského charakteru jsou železobetonové nádrže podzemní.

Strojně technologická část

Čerpací jímka dopravuje OV na technologickou linku a zároveň slouží i pro vyrovnávání maximálních průtoků. Ve vstupní ČS 1 typu Wilo-EMUport s oddělenou separací nečistot jsou umístěna dvě ponorná čerpadla v zapojení 1+1 typu Wilo-EMU FA 08.53E. Předřazena je havarijní jímka pro případ výpadku elektrického proudu. Čerpadla jsou spínány dle plováků hlídající hladinu v jímce. Čerpací jímka je vybavena ultrazvukovým snímačem hladiny.

Hrubé předčištění Výtlačné potrubí z ČS 1 je vedeno na strojně stírané česle, kde dochází k zachycení mechanických nečistot. Shrabky z česlí se odvádí do popelnice a dále jsou odváženy k likvidaci. K česlím je přivedena provozní voda na proplachování. Na nátoku do žlabu jemných česlí je instalováno ruční uzavírací šoupě pro případné odstavení česlí. Na obtoku strojních česlí jsou česle ručně stírané. Z česlí odtéká voda gravitačně do aktivační nádrže.

Biologické čištění Mechanicky předčištěná voda přitéká na biologický stupeň ČOV. V nízkozatěžované směšovací aktivační nádrži typu Dortmund se mísí OV s vratným kalem. V nádrži je instalováno ponorné vrtulové míchadlo. Manipulace s míchadlem je možná pomocí zdvihacího zařízení. Provzdušňování je zajištěno jemnobublinným provzdušňovacím systémem s elementy upevněnými na nerezovém roštu. Zdrojem tlakového vzduchu jsou dvě dmychadla umístěné ve dmychárně. Jednotlivé rozvody vzduchu jsou opatřeny uzavíracími kulovými uzávěry a solenoidovými ventily. Z aktivace vody gravitačně odtékají do horizontální dosazovací nádrže určené k separaci aktivovaného kalu od vyčištěné vody. Dosazovací nádrž je vybavena odtokovým žlabem s nornými stěnami, 3 ks mamutek pro čerpání vratného, přebytečného kalu a pro odstranění plovoucích nečistot z hladiny. Vratný kal je ze dna čerpán zpět do aktivační nádrže a přebytečný kal do zásobní nádrže na kal. Přívod vzduchu pro odtah plovoucích nečistot je z dmychárny.

Chemické hospodářství Do aktivační nádrže je dávkován chlorid železitý pomocí dávkovacího čerpadla ze zásobní nádrže. Účelem je srážení fosforu.

Měření a regulace Vyčištěná voda je odváděna přes měrný objekt do recipientu. Měrný objekt je Parschallův měrný žlab s ultrazvukovým měřením výšky hladiny.

Dmychárna zajišťuje potřebného množství tlakového vzduchu. Je navržena jedna dmychárna pro biologický stupeň. Dmychadla pracují v režimu 1+1. Rozvodná potrubí jsou opatřeny kalovými uzávěry a solenoidovými ventily.

Kalové hospodářství je tvořeno zásobní nádrží na kal. Po odsazení kalu v nádrži se kalová voda přečerpává ponorným kalovým čerpadlem s plovákovým snímačem hladiny zpět do procesu čištění. Kal je přes koncovku potrubního vývodu čerpán do fekálního vozu a odvážen.

5.3 Varianta 2 – domovní ČOV

Ve variantě 2 je navržen decentralizovaný systém likvidování odpadních vod z jednotlivých nemovitostí zvlášť v domovních čistírnách odpadních vod (DČOV) pro 3-5 EO. Pořizovací náklady na tuto variantu jsou velmi nízké, neboť není třeba výstavba ani oprava kanalizace. Princip fungování je v zásadě stejný jako u předchozích variant. Odpadní voda se čistí mechanicko – biologicky. DČOV dodávané tuzemskými výrobci jsou většinou v kontejnerovém provedení z plastů, laminátu a nerezu. Každá DČOV musí splňovat technické parametry dané platnou legislativou např. účinnost čistícího procesu, vypouštění vody apod.

Vzhledem k tomu, že zřízení DČOV spadá do kategorie vodního díla, povolení k pořízení uděluje příslušný odbor životního prostředí.

Pro návrh počtu DČOV platí jedna nemovitost jedna instalace. V současné době je již v Sudicích vybudováno sedm DČOV u nových nemovitostí. Celkový počet jednotek bude 170 a nově nainstalovaných 163 ks.

Údaje o množství a jakosti odpadních vod

Je počítáno s průměrně pěti obyvateli připojenými na jednu jednotku DČOV. Pro výpočet produkce vod od obyvatel je počítáno s hodnotou $q_{spec} = 120\ l/os/den$.

Vypočtené množství odpadních vod produkovaných jednou nemovitostí je $Q_{24,m} = 0,6\ m^3/den$ a je vypočteno dle vztahu 5.1.

Látkové zatížení

Denní množství znečištění S_{dp} v kg/den pro BSK_5 , $CHSK_{cr}$ a NL je uvedené v tabulce 5.37.

Tabulka 5.36: Denní množství znečištění

Ukazatel denního znečištění	-	jednotka
S_{dp} - BSK_5	0,30	kg/den
S_{dp} - CSK_{cr}	0,60	kg/den
S_{dp} - NL	0,28	kg/den

Tabulka 5.37: Vstupní koncentrace znečištění

Ukazatel denního znečištění	-	jednotka
S_{dp} - BSK_5	0,5	kg/m^3
S_{dp} - CSK_{cr}	1,0	kg/m^3
S_{dp} - NL	0,46	kg/m^3

Maximální a minimální hodnoty koncentrace ukazatelů znečištění vypouštěných odpadních vod do **povrchových vod** jsou jsou dány NV č. 401/2015 Sb. a uvedeny v Příloze č. 1 tomuto nařízení. DČOV jsou zahrnuty do kategorie ČOV (EO) do 500 EO a platí pro ně limity uvedené v tabulce 5.38.

Tabulka 5.38: Emisní standarty dle NV č. 401/2015 Sb., p-přípustné, m=maximální

Kategorie ČOV (EO)	$CHSK_{cr}$ [mg/l]		BSK_5 [mg/l]		NL [mg/l]	
	p	m	p	m	p	m
počet EO $<$ 500	150	220	40	80	50	80

Na druhou stranu vsakování do **podzemních vod** je dáno dle NV č. 57/2016 Sb. a požadavky na emisní standarty jsou zde vyšší. Vsakování je možné pouze v místech, kde není možné zajistit jejich vypouštění do vodního toku Hodnoty jsou uvedeny v Příloze č. 1 tomuto nařízení. DČOV pro 2 – 5 EO jsou zahrnuty do kategorie ČOV (EO) do 10 EO a platí pro ně limity uvedené v tabulce 5.39. Pro zasakování je potřeba mít vypracovaný hydrogeologický posudek, který posoudí, zda podloží svým geologickým složením vyhovuje a kde nemá vsakování nežádoucí účinky.

Tabulka 5.39: Emisní standarty dle NV č. 57/2016 Sb.

Kategorie (EO)	$CHSK_{cr}$ [mg/l]	BSK_5 [mg/l]	$N - NH_4^+$	NL [mg/l]
počet EO < 10	150	40	20	30

Emisní standarty mikrobiologického znečištění pro odpadní vody vypouštěných z jednotlivých staveb pro bydlení do podzemních vod jsou uvedeny v tabulce 5.40.

Tabulka 5.40: Emisní standarty mikrobiologického znečištění NV č. 57/2016 Sb.

maximální [KTJ/ 100 ml]	
Escherichia coli	Enterokoki
150	100

Certifikované DČOV označované jako CE musí plnit minimální účinnosti čištění dané zákonem. Podle požadavků, které jsou požadovány na odtoku z DČOV, se rozdělují tři kategorie výrobků s označením CE. Do první kategorie jsou zahrnuty obvyklé DČOV pro většinu lokalit, kde prokazatelně nebudou překročeny normy enviromentální kvality.

Hodnoty účinností pro vypouštění do **povrchových vod** jsou uvedeny v Příloze č. 1 k nařízením vlády č. 401/2015 Sb. viz tabulka 5.41.

Tabulka 5.41: Minimální účinnosti čištění DČOV označených CE dle NV č. 401/2015 Sb.

Kategorie DČOV	$CHSK_{cr}$ [%]	BSK_5 [%]	$N - NH_4^+$ [%]	N_{celk} [%]	P_{celk} [%]
I	70	80	-	-	-
II	75	80	75	-	-
III	75	85	80	50	80

Hodnoty účinností pro vypouštění do **podzemních vod** jsou vyšší a nerozdělují DČOV na kategorie. Hodnoty jsou uvedeny v Příloze č. 1 k nařízením vlády č. 57/2016 Sb. viz tabulka 5.42.

Tabulka 5.42: Minimální účinnosti čištění DČOV označených CE dle NV č. 57/2016 Sb.

	$CHSK_{cr}$ [%]	BSK_5 [%]	N_{celk} [%]	P_{celk} [%]
DČOV	90	95	50	40

Vyčištěné vody z DČOV lze dále vypouštět do **kanalizace**, kdy se návrh řídí kanalizačním řádem, který stanovuje nejvyšší možnou míru znečištění odváděných vod. Všeobecné podmínky upravuje vodní zákon. Připojení na kanalizaci je možné pouze kanalizační přípojkou a správce nemovitosti (vlastník, uživatel) je povinen měřit množství a jakost vypouštěných vod. V případě, že je veřejná kanalizace zakončena centrální ČOV, vypouštění není možné. [22] Další možností je **akumulace** vody a její další využití například v domácnosti.

5.4 Varianta 3 – oddílná kanalizace a doprava na ČOV Šebetov

V poslední třetí variantě je navržena nová oddílná kanalizace a současná stoka se využije pro odvádění dešťových vod. Všechny vody jsou svedeny do nejnižšího místa a výtlakem čerpány na ČOV v Šebetově. Dále jsou navrženy dvě čerpací stanice pro čerpání OV ze stoky "B"přes Sudický potok a pro dopravu OV na ČOV Šebetov.

5.4.1 Trubní síť

Splaškové odpadní vody jsou sváděny nově navrženou kanalizací do ČS a poté výtlakem V1 so Šebetova. Návrh a trasování kanalizace je podobný jako ve variantě 1b. Stoka je vedena převážně mimo komunikaci, neboť většina komunikací je nově zrekonstruovaných. Dešťové vody z nemovitostí a veřejných zpevněných ploch jsou svedeny do stávající kanalizace. Nová splašková síť má navrženy tři větve "A", "B" a "C". Materiálem stoky je plnostěnné hladké PVC.

Stoka "A" DN 300 začíná ČS 1 a vede od jižní části obce k severní. Od čerpací stanice po krajskou komunikaci III/37414 je stoka vedena mimo nově zrekonstruovanou vozovku. Po krajské komunikaci, která se plánuje opravit, je vedena po pravé straně silnice a napojuje se na ni stoka "A-1" DN 250. Dále se na kmenovou stoku napojuje stoka "A-2" DN 250, která je trasována mimo zrekonstruovanou vozovku. Od místa napojení stoky "A-3" DN 250, u obchodu a restaurace, se zmenšuje dimenze stoky "A" na DN 250. U autobusové zastávky se napojuje stoka "A-4" DN 250, která vede volným terénem a protlakem pod vozovkou. V severní části u zatáčky na krajskou komunikaci III/37413 se napojuje stoka "A-5" DN 250. Stoka "A" končí u č. p. 113.

Stoka "B" DN 250 svádí OV od č. p. 55 a v místě křížení zrekonstruované komunikace musí být provedena bezvýkopově. Tam, kde je to možné, je vedena ve volném terénu.

Stoka "C" odvádí odpadní vody ze západní části obce do ČS 2, která je dopravuje do ČS 1. Trasa stoky "C" DN 250 je vedena od Sudického toku kolem obecního úřadu, za kterým se na ni napojuje stoka "C-1" DN 250. Před křížením s mostem se na stoku "C" napojuje větev "C3". Pod Sudickým potokem prochází stoka gravitačně a dále se na ni napojuje stoka "C3". Od mostu až po komunikaci III/37414 je stoka vedena mimo rekonstruovanou vozovku. U č.p. 93 se připojuje stoka "C4" DN 250 a "C5" DN 250. Stoka "C" končí u č.p. 184.

Výtlak "V1" dopravuje odpadní vody do ČOV Šebetov a je veden přes pozemky obcí Sudice, Šebetov a Vážany viz příloha č. 7.

Výtlak "V2" je navržen v jižní části obce PE100 DN SDR11 DN 90 dopravující OV po mostní konstrukci přes Sudický potok do ČS1.

Délka kanalizační sítě – stoka "A" 1897 m, stoka "B" 247 m, stoka "C" 1095 m. Celková délka je 3 239 m a výtlak "V2"82 m. Výpis stok je stejný jako ve variantě 1b.

Hydraulika

Hydraulika oddílné stokové sítě již byla počítána ve variantě 1b a je uvedena v tabulce 5.23. Minimální sklon splaškové kanalizace musí být pro DN 300 > 14 ‰, pro DN 250 > 18 ‰ [23]. Podmínkou je také splnění minimálního tečného napětí $\tau_u >$ 3,0 Pa.

Uložení potrubí

Zásady uložení potrubí oddílné stoky jsou stejné jako v předešlé kapitole č. 5.1.1 Uložení potrubí. Musí být dodrženy minimální vzdálenosti při souběhu sítí.

Při souběžném vedení dešťové a splaškové stoky se zpravidla umístí hlouběji splašková stoka. Potrubí je položeno tak, aby kopírovalo terén. Z toho důvodu, aby při netěsnosti stoky nedocházelo k vsakování do dešťové kanalizace a odtoku znečištění do recipientu.

Vystrojení tlakové potrubí je v kapitole č. 5.1.1 Vystrojení tlakového potrubí.

5.4.2 Objekty na síti

Kanalizační šachty

Na síti jsou osazeny prefabrikované kanalizační šachty DN 1000 vstupní, lomové a soutokové, dle požadavků ČSN 75 6101. Kanalizační revizní šachty jsou situovány v místech spojení stok, výškových a směrových lomech, na rovné trase maximálně po 50 m.

Čerpací stanice a výtlačná potrubí

Čerpací stanice 1 dopravuje vodu na vzdálenost 5 km a vznikají zde vyšší ztráty třením po délce. Navrženou stanicí je STRATE Awalift 1/2x2, která je určena pro vysoké dopravní výšky. Součástí stanice je systém sběrače tuhých látek, který poskytuje ochranu před ucpáním. Před stanicí je navržená předřazená havarijní jímka o rozměrech 3 x 4 m a objemu 28,27 m^3, pro případ výpadku proudu nebo poruchy. Ve stanici budou osazena 2x2 rotační čerpadla STM 65/80 s možností volby motoru zapojené sériově.

Výtlačné potrubí "V1" délky 5230 dopravuje OV z ČS 1 na ČOV Šebetov. Rychlost v potrubí PE100 110 x 10 SDR11 PN16 je 0,92 m/s viz tabulka 5.44. Minimální a maximální rychlosti v tlakovém potrubí by měli být 0,7 až 2,0 m/s.

Čerpací stanice 2 čerpá odpadní vody svedené ze stoky "B"přes Sudický potok. I v tomto případě je navržena kompaktní čerpací stanice Wilo-EMUport s oddělenou

separací nečistot. Před ní bude předřazena havarijní nádrž s průměrem 1,5 m, hloubkou 3 m a objemem 5,3 m^3. V čerpací jímce jsou dále navržena dvě čerpadla typu Wilo-EMU FA 08.53E v zapojení 1+1. Čerpané množství OV je 4,17 l/s a dopravní výška 11,94 m viz tabulky 5.26.

Výtlačné potrubí "V2" bude vedeno po mostní konstrukci a chráněno izolací proti zamrznutí a bude zaústěno do ČS 1. Dimenze potrubí je navržena PE100 90 x 8,2 SDR11 PN16. Rychlost v potrubí je 0,98 m/s.

Tabulka 5.43: Návrh havarijní jímky ČS 1 a ČS 2

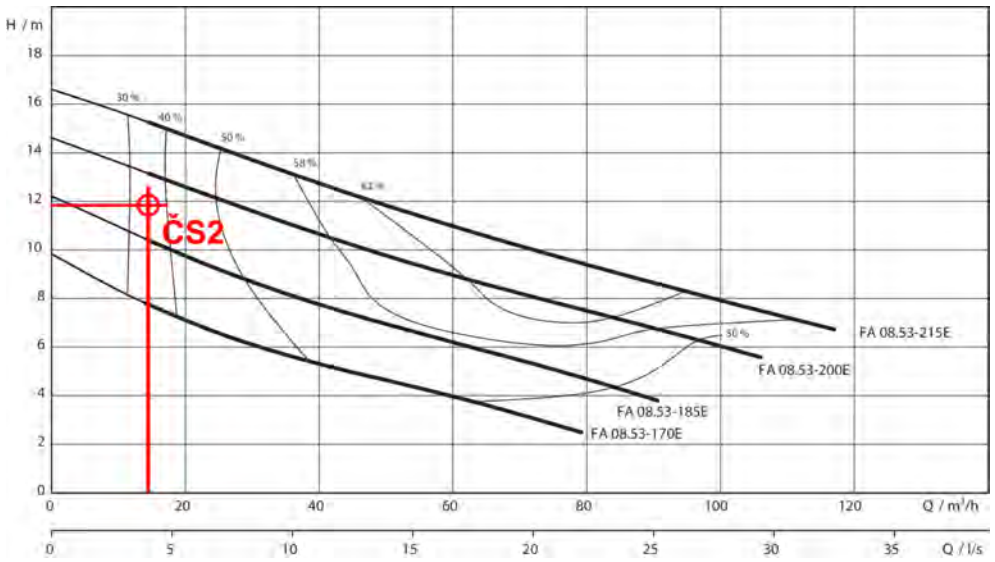
veličina	EO	Q_N	V_{navrh}	V_{skut}	Rozměry
jednotka	-	m^3/hod	m^3	m^3	D x H [m]
ČS 1 – ČOV	470	3,45	27,64	28,27	3 X 4
ČS 2	96	0,58	4,61	5,3	1,5 X 3

Tabulka 5.44: Návrh výtlačného potrubí V1 a V2

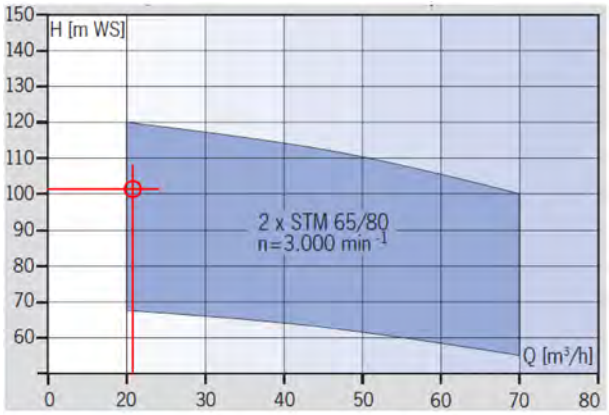
veličina	délka	v_{max}	Q_{cerp}	d_{NV}	d_{SKUT}	v_{SKUT}	typ
jednotka	m	m/s	m^3/hod	m	m	m	-
	5230	2	21	0,061	0,090	0,92	DN 110
V2	82	2	15	0,052	0,074	0,98	DN 90

Tabulka 5.45: Návrh čerpadel pro ČS 1 a ČS 2

veličina	Re	λ	L	H_g	$H_{z,t}$	$H_{z,m}$	H	Q_{cerp}	typ čerpadel
jednotka	-	-	m	m	m	m	m	l/s	-
ČS 1	63481	0,02768	5230	27	68,94	4,35	100,29	5,83	Awalift 1/2x2
ČS 2	55447	0,02918	82	6	1,59	4,35	11,94	4,17	Wilo-EMU FA 08.53E



Graf 5.3: Charakteristika navrženého čerpadla varianta 3 [zdroj: wilo.com]



Graf 5.4: Charakteristika navržené stanice AWALIFT 1/2x2 varianta 3 [zdroj: euro-armatury.eu]

5.4.3 Posouzení ČOV Šebetov

V následující kapitole je posouzena ČOV Šebetov na společné čištění vod ze Šebetova a Sudic. Zdroje dat pro posouzení jsou získány z Provozního řádu pro trvalý provoz ČOV Šebetov, Provozního řádu kanalizace Šebetov a dat VAS, a.s.

ČOV se nachází na západním okraji obce, kde jsou vody sváděny kombinovaným kanalizačním systémem. Z čerpací stanice jsou vody čerpány na mechanické předčištění. Následuje biologický stupeň, který je tvořen biologickou nádrží s vestavěnými zónami denitrifikace a nitrifikace a jednou vestavěnou dosazovací nádrží, která spolu se zahušťovací nádrží kalu a kalojemem tvoří jeden monoblok. V provozní budově je dále umístěna dmychárna. Na odtoku z ČOV je osazen měrný objekt. ČOV je projektována pro 970 EO. V následující kapitole budou posouzeny průměrné reálné hodnoty naměřené v předchozích letech 2014, 2015 a 2016. [15]

5.4.4 Množství odpadních vod a znečištění

Díky datům od provozovatele VAS, a.s. byly vypočteny průměrné denní průtoky, maximální denní a maximální hodinové průtoky přitékající z kanalizace Šebetov. Pro průměr by se měly brát poslední tři roky viz tabulka č. 5.46. [20]

Tabulka 5.46: Reální hodnoty z ČOV Šebetov

	2014	2015	2016	průměr
Q_{24} $[m^3/den]$	162,32	160,65	148,44	157,14
BSK_5 $[mg/l]$	318,50	110,25	198,50	209,08
$CHSK_{cr}$ $[mg/l]$	575,75	255,25	460,25	430,42
NL $[mg/l]$	141,00	54,50	106,50	100,67
$S_0 - BSK_5$ $[g/os/den]$	53,97	18,49	30,76	34,40
$S_0 - CHSK_{cr}$ $[g/os/den]$	97,55	42,80	71,31	70,56
$S_0 - NL$ $[g/os/den]$	23,89	9,14	16,50	16,51

Tabulka 5.47: Množství produkovaných odpadních vod

	EO	Q_{24} $[m^3/den]$	Q_d $[m^3/den]$	Q_h [m^3/hod]
Šebetov	958	157,14	235,70	14,62
Sudice	470	33,24	49,87	8,95
Celkem	1428	190,38	285,57	23,57

Šebetov - Součinitel denní nerovnoměrnosti: $k_d = 1,5$
Šebetov - Součinitel maximální hodinové nerovnoměrnosti: $k_h = 2,23$

Látkové zatížení

Denní množství znečištění S_{dp} v kg/den pro BSK_5 , $CHSK_{cr}$ a NL uvedené v tabulce 5.48.

Tabulka 5.48: Denní množství znečištění

Ukazatel denního znečištění	-	jednotka
S_{dp} - BSK_5	49,13	kg/den
S_{dp} - CSK_{cr}	100,75	kg/den
S_{dp} - NL	23,58	kg/den

Tabulka 5.49: Průměrné koncentrace znečištění na ČOV

Ukazatel znečištění	přítok na ČOV
jednotka	mg/l
BSK_5	258,05
$CHSK_{cr}$	529,23
NL	123,84

V posouzení kapacity znečištění dle biologie všechny hodnoty vyhověly viz tabulka 5.50.

Tabulka 5.50: Posouzení biologického znečištění

	Kapacita ČOV		Reálné hodnoty	Rezerva [%]
BSK_5 $[kg/den]$	58,2	$>$	49,13	15,59
$CHSK_{cr}$ $[kg/den]$	116,4	$>$	100,75	13,44
NL $[kg/den]$	53,4	$>$	23,58	55,85

V posouzení kapacity dle návrhových průtoků všechny hodnoty vyhověly viz tabulka 5.51.

Tabulka 5.51: Posouzení průtoků

	Kapacita ČOV		Reálné hodnoty	Rezerva [%]
Q_{24} $[m^3/den]$	242	$>$	190,38	21,33
Q_{max} $[m^3/hod]$	12,2	$>$	11,90	2,47

Závěrem lze tedy říci, že čistírna v Šebetově kapacitně zvládne čistit odpadní vody z obou obcí – ze Šebetova i Sudic.

6. Ekonomické zhodnocení variant

Všechny navržené varianty jsou v předchozích kapitolách podrobně technicky popsány. Cenový odhad je proveden dle ceníku Ministerstva pro místní rozvoj ČR (MMR) – Průměrné ceny dopravní a technické infrastruktury obcí, aktualizovaný v roce 2017. Ceny jsou bez DPH. [25]

6.1 Varianta 1a

Návrh centrální ČOV a jednotné kanalizace s doplněním úseků.

Hodnocení varianty

Výhody

- Celkové koncepční řešení likvidace odpadních vod s centrální kontrolou kvality vypouštěných odpadních vod,
- vysoká účinnost čištění OV,
- menší zásah do povrchů vozovek a z toho plynoucích dopravních omezení po dobu výstavby,
- větší životnost oproti domovním ČOV,
- nižší provozní náklady,
- dotační tituly jsou v současnosti nastaveny pro tento způsob likvidace splaškových vod.

Nevýhody

- Vyšší náklady na opravy a rekonstrukce stávající kanalizace,
- riziko vnesení znečištění do toku přes odlehčovací komory,
- vyšší náklady na rekonstrukci oproti nové kanalizaci.

Tabulka 6.1: Ekonomické zhodnocení varianty 1a

Varianta 1a						
			množství	jednotka	cena za jednot.	cena [kč]
investiční náklady	ČOV	příprava území	1	ks	-	2 000 000
		provozní budova	1	ks	-	2 000 000
		příjezdová komunikace a další zpevněné plochy	1	ks	-	400 000
		oplocení	1	ks	-	60 000
		přípojka NN	1	ks	-	80 000
		měření a regulace			-	200 000
		přípojka vody	1	ks	-	400 000
		vnitřní rozvody	1	ks	-	120 000
		ČS pro 470 EO - stavební část	1	ks	-	750 000
		ČS pro 470 EO - technologie + elektro část	1	ks	-	600 000
		SUMA				6 610 000
	Doplnění nových úseků	potrubí PVC DN300 uložené v asfaltové pvozovce	5	bm	11 950,00	59 750
		potrubí PVC DN500 uložené v asfaltové pvozovce	7	bm	16 800,00	117 600
		potrubí PVC DN300 uložené v nezpevněné ploše nebo poli	295	bm	7 550,00	2 227 250
		potrubí PVC DN500 uložené v nezpevněné ploše nebo poli	602	bm	11 400,00	6 862 800
		přípojky DN150	75	bm	3 800,00	285 000
		SUMA				9 552 400
	výtlak pod tokem	ČS pro 80 EO - stavební část	1	ks		500 000
		ČS pro 80 EO - technologie + elektro část	1	ks		450 000
		výtlak potrubí DN90 v nezpevněné ploše	81	bm	3 300	267 300
		SUMA				1 217 300
suma						17 379 700
roční provozní náklady	provoz ČOV 370 EO	obsluha ČOV včetně sociální a zdravotní a správní režie	192	hod/rok	300,00	140 659
		odvoz kalu				60 000
		likvidace shrabků a písku				10 000
		další náklady na provoz				24 000
		- vybavení ČOV				5 000
		- čistící dezinfekční prostředky, nářadí aj.				4 000
		- vzorkování				15 000
		opravy čerpadel ČS 370 EO	0,03	z investice		18 000
		odvoz kalů 1x ročně (vyčištění čerpací stanice)				7 000
		obsluha ČS	50	hod/rok	300	15 000
		elektřina 15 kW/EO/rok				22 200
		SUMA				320 859
	provoz ČS 80 EO	obsluha ČS včetně sociální a zdravotní a správní režie	96	hod/rok	300,00	57 600
		odvoz kalů 1x ročně (vyčištění čerpací stanice)				7 000
		opravy čerpadel	0,03	z investice		28 500
		elektřina				5 800
		SUMA				98 900
suma						419 759

6.2 Varianta 1b

Návrh centrální ČOV a oddílné kanalizace.

Hodnocení varianty

Výhody

- Celkové komplexní řešení stokové sítě, nižší náklady na opravy,
- celkové koncepční řešení likvidace odpadních vod s centrální kontrolou kvality vypouštěných odpadních vod,

- oddílná kanalizace odvádí oproti jednotné pouze splaškové vody, což má významně pozitivní dopad na provoz ČOV a kvalitu vody v recipientu (řešení nemá odlehčovací komory),
- vysoká účinnost čištění OV,
- větší životnost oproti domovním ČOV,
- soulad s PRVKUK,

Nevýhody

- Nutnost přepojení a úpravy domovních přípojek,
- vyšší pořizovací náklady.

Tabulka 6.2: Ekonomické zhodnocení varianty 1b

Varianta 1b							
				množství	jednotka	cena za jednot.	cena [kč]
investiční náklady	kanalizační síť Sudice 3 231 m	potrubí PVC DN250 uložené v asfaltové vozovce		779	bm	10 450,00	8 140 550
		potrubí PVC DN250 uložené v nezpevněné ploše nebo poli		2051	bm	6 650	13 639 150
		potrubí PVC DN300 uložené v asfaltové pvozovce		164	bm	11 950	1 959 800
		potrubí PVC DN300 uložené v nezpevněné ploše nebo poli		237	bm	7 550	1 789 350
		přípojky DN150, prům délka 10 m		1700	bm	3 800	6 460 000
	SUMA			3 231			31 988 850
	ČOV	příprava území		1	ks	-	2 000 000
		provozní budova		1	ks	-	2 000 000
		příjezdová komunikace a další zpevněné plochy		1	ks	-	400 000
		oplocení		1	ks	-	60 000
		přípojka NN		1	ks	-	80 000
		přípojka vody		1	ks	-	400 000
		vnitřní rozvody		1	ks	-	120 000
		měření a regulace				-	200 000
		ČS pro 470 EO - stavební část		1	ks	-	750 000
		ČS pro 70 EO - technologie + elektro část		1	ks	-	600 000
		SUMA					6 610 000
	ČS pro 80 EO pod tokem	ČS pro 80 EO - stavební část					500 000
		ČS pro 80 EO- technologie + elektro část					450 000
		výtlak potrubí DN90 v nezpevněné ploše		81	bm	3 300	267 300
	SUMA			81			1 217 300
suma							40 566 150
roční provozní náklady	provoz ČOV 370 EO	obsluha ČOV včetně sociální a zdravotní a správní režie		192	hod/rok	300,00	140 659
		odvoz kalu					60 000
		likvidace shrabků a písku					10 000
		další náklady na provoz					12 000
			vybavení ČOV				2 500
			čistící dezinfekční prostředky, nářadí aj.				4 000
			vzorkování				15 000
		opravy čerpadel ČS 370 EO		0,03	z investice		12 000
		odvoz kalů 1x ročně (vyčištění čerpací stanice)					7 000
		obsluha ČS		50	hod/rok	300	15 000
		elektřina 15 kW/EO/rok					22 200
		SUMA					300 359
	provoz ČS 80 EO	obsluha ČS včetně sociální a zdravotní a správní režie		96	hod/rok	300,00	57 600
		odvoz kalů 1x ročně (vyčištění čerpací stanice)					7 000
		opravy čerpadel		0,03	z investice		28 500
		elektřina					5 800
		SUMA					98 900
suma							399 259

6.3 Varianta 2

Návrh domovních čistíren odpadních vod.

Hodnocení varianty

Výhody

- Nejnižší pořizovací náklady ze všech variant,
- menší zásah do povrchů vozovek a z toho plynoucích dopravních omezení po dobu výstavby,
- prakticky nulové provozní náklady obce.

Nevýhody

- Nesoulad v PRVKUK,
- otázka splnění podmínek a získání dotace na DČOV,
- nutnost zodpovědného provozu obyvateli,
- vyšší pořizovací i provozní náklady přenesené na obyvatele.

Tabulka 6.3: Ekonomické zhodnocení varianty 2

Varianta 2						
			množství	jednotka	cena za jednot.	cena [kč]
investiční náklady	DČOV		163	ks	35200	5 737 600
	Stavební práce		163	ks	40000	6 520 000
suma						12 257 600
roční provozní náklady	elektřina 1 ks		300	kW/rok	4,00	1 200
	rozbory za rok					20 000
	provozní náklady na běžnou údržbu a likvidaci kalu					1 500
suma						22 700

6.4 Varianta 3

Návrh oddílné kanalizace a doprava vod na ČOV Šebetov. U této varianty je nutno počítat s dalšími náklady, kterými se bude obec Sudice podílet na provozování ČOV Šebetov. [25]

Hodnocení varianty

Výhody

- Komplexní řešení stokové sítě,
- nižší provozní náklady než provoz vlastní ČOV,
- vypouštění vody do recipientu mimo obec ,

- dotační výzvy jsou v současnosti nastaveny pro tento způsob likvidace splaškových vod.

Nevýhody

- Nejvyšší pořizovací náklady ze všech variant,
- doprava OV na velkou vzdálenost čerpáním.

Tabulka 6.4: Ekonomické zhodnocení varianty 3

Varianta 3						
			množství	jednotka	cena za jednot.	cena [kč]
investiční náklady		kanalizační výtlak do Šebetova	5 250	m	6 650,00	34 912 500
	SUMA		5 250			34 935 200
	kanalizační síť Sudice 3 231 m	potrubí PVC DN250 uložené v asfaltové vozovce	779	bm	10 450,00	8 140 550
		potrubí PVC DN250 uložené v nezpevněné ploše nebo poli	2051	bm	6 650	13 639 150
		potrubí PVC DN300 uložené v asfaltové pvozovce	164	bm	11 950	1 959 800
		potrubí PVC DN300 uložené v nezpevněné ploše nebo poli	237	bm	7 550	1 789 350
		přípojky DN150, prům délka 10 m	1700	bm	3 800	6 460 000
	SUMA		3 231			31 988 850
	ČS pro 80 EO pod tokem	ČS pro 80 EO - stavební část				500 000
		ČS pro 80 EO- technologie + elektro část				450 000
		výtlak potrubí DN90 v nezpevněné ploše	81	bm	3 300	267 300
	SUMA		3 312			1 217 300
	ČS výtlak na šebetov	ČS pro 470 EO - stavební část				1 000 000
		ČS pro 470 EO - technologie + elektro část				750 000
	SUMA		3 393			1 750 000
suma						68 141 350
roční provozní náklady	provoz ČS 370 EO	obsluha ČS včetně sociální a zdravotní a správní režie	96	hod/rok	300,00	57 600
		odvoz kalů 1 x ročně (vyčištění čerpacích stanic)				10 000
		opravy čerpadel	0,03	z investice		36 000
		elektřina				59 568
	SUMA					163 168
suma						163 168

6.5 Možnosti financování

Ekonomické zhodnocení je vedle technického kvality a ekologické relevance důležitým faktorem určujícím realizovatelnost stavby. Investiční náklady na vybudování ČOV jsou pro malé obce vysoké a jedním z řešení financování je získání dotace. Při posuzování žádostí hraje velkou roli ekonomická efektivnost stavby. Projekty přínosné z hlediska životního prostředí ale neekonomické mají malou šanci na získání dotace. Faktorem, který může zvýšit šanci na získání dotace je také projektová připravenost. Ekonomická efektivnost je posuzována dle více kritérií, jedním z nejdůležitějších jsou: [10]

- nákladová efektivnost na obyvatele (kč/EO)
- náklady kanalizace vztažené k délce

V průběhu posuzování žádostí správcem dotačního titulu jsou všechny projekty bodově ohodnoceny. Pořadí žádostí je pak stanoveno na základě bodových výsledků

a určuje šanci na získání dotace žadatele. Podmínkou, aby byla schválena dotace, je potřeba, aby navržené řešení bylo v souladu s PRVKUK. Ovšem je zde i výjimka, pokud má obec zažádáno o změnu PRVKUK v době podání žádosti, lze získat dotaci také. [10]

Operačním program Životní prostředí (OPŽP)

Operační program životního prostředí 2014 – 2020 v prioritní ose 1 se specifickým cílem 1.1 nabízí finanční podporu s cílem snížit množství vypouštěného znečištění do povrchových i podzemních vod z komunálních zdrojů a vnos znečišťujících látek do povrchových a podzemních vod. V prioritní ose 1 je trvalý přetlak žádostí a velký zájem o dotace. O dotaci lze žádat v rámci výzev vyhlášených OPŽP. [9] [13]

71. výzva je cílena na snížení vypouštěného znečištění do povrchových a podzemních vod z komunálních zdrojů. Finančně jsou podporována aktivity jako výstavba kanalizace za předpokladu související čistírny odpadních vod, nebo existující ČOV v aglomeraci. Příjem žádostí je ukončen 18. 1. 2018. [10]

72. výzva je prodloužena do 18. 9. 2018 a zaměřuje se na odstraňování příčin eutrofizace. V rámci výzvy je možno finančně podporovat projekty dodatečného odstraňování fosforu u stávajících ČOV, na realizaci záchytných nádrží na jednotných kanalizacích apod. [10]

Národní program Životní prostředí (NPŽP)

Národní program životního prostředí podporuje projekty přispívající k ochraně životního prostředí v ČR. Program je navržen jako doplňkový k OPŽP. Kromě ČOV je možné získat dotaci i na DČOV velikosti do 50 EO. Podmínkou je, že navrhovaným opatřením musí dojít k napojení minimálně 30 procent EO z celkového počtu obyvatel dosud nepřipojených k žádné stokové síti v daném území, přičemž územím není velikost obce, ale území ucelené místní části. [11]

Výzva č.17/2017 je vyhlášena Národním programem Ministerstva životního prostředí a příjem žádostí je do 30. 6. 2019. Cílem výzvy je prevence či omezení znečištění povrchových a podzemních vod z komunálních zdrojů prostřednictvím realizace soustav DČOV do kapacity 50 EO. Dotace platí pro oblasti, kde není možnost výhledového napojení na stokovou síť zakončenou ČOV. [11]

„Svazek vodovodů a kanalizací“ měst a obcí

Obec Sudice je jednou ze 76 členských obcí ve „Svazku vodovodů a kanalizací“ měst a obcí (dále jen Svazek). Účelem Svazku je zabezpečení zásobování vodou, odvádění a čištění odpadních vod a rozvoj vodárenských soustav, kanalizací a ČOV. Jeho existence umožňuje obyvatelům Blanska platit za vodné a stočné sociálně přijatelné

částky díky základnímu principu solidarity „bohatšího“ s „chudším“. Jednou z hlavních činnosti je zajištění koncepce rozvoje a obnovy vodovodů, kanalizací, ČOV a s nimi souvisejících zařízení v obcích sdružených ve Svazku, a to v rozsahu, který definuje § 50 zákona č. 128/2000 Sb. o obcích, v platném znění. [7]

Zvýhodněné půjčky Státního fondu životního prostředí ČR (SFŽP ČR)

SFŽP ČR poskytuje zvýhodněné půjčky na dofinancování projektů podpořených v rámci dotačních titulů pro subjekty jako jsou malé obce. Výše půjčky může pokrýt rozdíl mezi uznatelnými výdaji projektu a výši dotace. Podmínkou je prokázání úvěrové způsobilosti žadatele. Maximální splatnost půjček je 10 let. [1]

6.6 Doporučení

Doporučit jednu variantu není snadné, neboť každá nabízí výhody i nevýhody.

Varianta 1 je rozdělena na podle toho, zda budou OV sváděny jednotnou kanalizací (Varianta 1a) či oddílnou (Varianta 1b). Vybudování vlastní ČOV je v souladu s PRVKUK a lze získat dotaci v rámci dotačních titulů při splnění dalších podmínek. ČOV zároveň představuje celkové koncepční řešení čistění OV a kontrolu nad kvalitou vypouštěných vod.

V případě zachování stávající **jednotné kanalizace**, je třeba navrhnout spojovací úseky, některé zkapacitnit a přivést OV do nejnižšího místa k ČOV. Technický stav stokové sítě není znám, bude potřeba ještě počítat s rekonstrukcemi.

Oddílná kanalizace je řešením do budoucnosti, protože náklady na opravy budou podstatně nižší. Zároveň oddílná kanalizace nemá odlehčovací komory a má pozitivní dopad na kvalitu vody v recipientu. Je jednoznačně dražší než jednotná kanalizace a vyžaduje větší zásahy do vozovek a s nimi spojené uzavírky komunikací. Finančně je oddílná kanalizace včetně nové ČOV velmi náročná.

Z ekonomického hlediska je jednoznačně nejvýhodnější **varianta 2** domovních čistíren viz tabulka 6.5. Naopak odhadnuté náklady na její provoz jsou nejvyšší, ovšem jedná se o odhad a mohou být ve skutečnosti menší. Nelze zde jednoznačně říci, zda budou provozní náklady hradit sami obyvatelé, nebo se provozování ujme VAS, a.s. To vše by bylo námětem k projednání při diskuzi v případě realizace této varianty. Přenechání provozu DČOV do rukou obyvatel je snadné řešení pro obec. Ovšem je třeba obyvatele řádně poučit a zaškolit, jak se mají o čistírnu správně starat, aby fungovala. Životnost stavební části je přibližně 5 – 70 let a strojní části 20 – 30 let. Provozovatel VAS, a.s. doporučuje tuto variantu.

Varianta 3 byla navržena zastupitelstvem obce, jako možné řešení. ČOV Šebetov kapacitně zvládne čistit více vod včetně Sudic a vyčištěné vody by byly vypouštěny mimo území obce Sudice. Technicky možné řešení ovšem není finančně reálné a ekonomické. Vybudování výtlaku do Šebetova, který je dlouhý přibližně pět kilometrů, je finančně neefektivní při nákladech 145 000 kč/EO.

Tabulka 6.5: Ekonomické zhodnocení variant

	Popis		Investiční náklady	Provozní náklady	Kč/EO
	ČOV	kanalizace	Zaokrouhleno na desetitisíce v kč bez DPH		
Var. 1a	centrální	jednotná	17 380 000	420 000	37 000
Var. 1b	centrální	oddílná	40 570 000	400 000	86 000
Var. 2	domovní	-	12 260 000	23 000/ks	26 000
Var. 3	centrální	oddílná	68 140 000	160 000	145 000

V rámci uznatelných nákladů při výpočtu dotací by mohla být ještě zahrnuta položka pro vypracování projektové dokumentace, která se dělí na tři části. Dokumentaci pro územní rozhodnutí, pro stavební povolení a samotné provedení stavby. Náklady na všechny části jsou odhadnuty na 750 tis kč bez DPH pro varianty 1 a 2. V případě domovní čistíren lze stanovit 30 tis kč bez DPH za jednu čistírnu.

Provozovatel kanalizace VAK, a. s. by volil variantu DČOV. Provozně i technicky nejjednodušší řešení.

Autor práce doporučuje **variantu 1a**. Finančně je varianta nejvýhodnější, za cenu budoucích investicí do rekonstrukcí stávající kanalizace. V případě získání dotace je možnost získat až přibližně 65 % financí. Zbylých 35 % lze získat půjčkou či jinými možnostmi uvedenými v kapitole 6.5 Možnosti financování. Centrální ČOV bude mít pozitivní vliv na kvalitu vody, živočišnou populaci a bude splněna ochrana přírody a vodních zdrojů.

7. Závěr

Studie řeší odvodnění a likvidaci odpadních vod v konceptu špatné kvality vody v recipientu Sudický potok a úhynu ryb v sudických rybnících.

V úvodní kapitole jsou stručně sepsány platné zákony a normy vztažené k oblasti vodního hospodářství, čištění a odkanalizování a ochrany vod. V zájmu České republiky je chránit povrchové i podzemní vody a zlepšení jejich jakosti. Návrh řešení je v souladu s platnou legislativou České republiky i Evropské unie.

V Sudicích žije 470 obyvatel a řadí se do kategorie malá obec do 500 EO. Současný stav likvidace odpadních vod v Sudicích zahrnuje individuální předčištění v jímkách či domovních čistírnách odpadních vod a odvedení jednotnou kanalizací do recipientu. Dle PRVKUK je předpokládáno vybudování nové splaškové kanalizace a mechanicko – biologické čistírny.

Součástí práce bylo provést pravidelné odebírání vzorků ze Sudického potoka a vyhodnocení rozborů. Ukazatel $BSK_5 = 11mg/l$ naměřený v obci je prokazatelně vyšší než udává Nařízení vlády č. 401/2015 pro povrchové vody. Podobný závěr lze konstatovat o ukazatelných rozpuštěného O_2, $CHSK_{cr}$ a nerozpuštěných látkách. Při vlastních odběrech v obci byly pozorovány organoleptické závady jako zápach a zákal. Doporučené varianty řešení odkanalizování a čištění odpadních vod, které by mohly vést ke zlepšení kvality vody v toku jsou popsány v další části.

Ve variantě 1 je navržena centrální ČOV a variantní centrální, či oddílná stoková síť. Centrální ČOV umožňuje kontrolu nad vypouštěnými vodami a díky vysoké účinnosti čištění zaručuje jejich odpovídající kvalitu na minimální úroveň danou zákonem. Výhodou je také dlouhá životnost ČOV. Ve variantě 1a s jednotnou stávající kanalizací jsou posouzeny všechny úseky včetně 395 metrů nových trub z plnostěnného hladkého PVC. Při tomto stavu stoková síť vyhoví. Ve variantě 1b je navržena nová gravitační splašková síť ze stejného PVC o celkové délce 3 239 m. Využití stávající jednotné kanalizace je investičně výhodnější varianta, ale je třeba počítat s vyššími náklady na rekonstrukce. Oddílná kanalizace naopak bude rekonstruována v delším časovém horizontu, ale pořizovací náklady jsou vyšší. Díky tomu, že splašková stoka není odlehčována při dešťových průtocích, zaručuje menší znečištění vnášené do recipientu. Dále jsou zde navrženy dvě čerpací stanice s výtlačným potrubím, první dopravuje odpadní vodu přes překážku vodního toku a druhá je vstupní stanice na ČOV.

Ve variantě 2 je navrženo decentralizované čištění vod ve 170 domovních ČOV z toho 7 je již vybudováno. Odtok z čistírny lze zasakovat, odvádět kanalizací, akumulovat a využít, či přímo zaústit do recipientu. Dle zákona jsou větší požadavky na účinnost kladeny při zasakování do povrchových vod a musí být splněny i mikrobiologické standarty a pouze čistírny s označením CE zaručují minimální účinnost čištění. Velkou výhodou tohoto řešení jsou nižší investiční náklady, menší zásah do vozovek a méně uzavírek po dobu výstavby. Ke správnému fungování systému je třeba řádné proškolení obyvatel, jak DČOV provozovat.

Poslední varianta 3 je návrh oddílné stokové sítě a přečerpávání OV do blízké ČOV Šebetov. Stávající stoka je ponechána pro dešťové vody. Návrh splaškové stoky z plnostěnného PVC je podobný jako ve variantě 1b. Všechny stoky jsou zaústěny do hlavní čerpací stanice 1 a navrženým výtlakem délky 5230 m dopravovány do Šebetova. Zmíněný výtlak je investičně nejvíce náročný a neekonomický a tato varianta nejméně vhodná. Pro tuto možnost je nutný souhlas provozovatele ČOV Šebetov a vyjádření Svazku obcí.

V ekonomickém zhodnocení vychází nejlépe DČOV s náklady 26 tis/EO. Výstavba ČOV + oddílné kanalizace stojí 86 tis/EO nebo s jednotnou kanalizací 37 tis/EO. Přečerpávání OV do Šebetova stojí 144 tis/EO je neekonomické a nemůže být financováno dotacemi. Autorem práce je doporučena ČOV + jednotná kanalizace varianta č. 1a. V případě získání dotace by obec hradila přibližně 35 % a mohla by využít další možnosti financování nabídnuté v závěru. Centrální ČOV bude mít pozitivní vliv na kvalitu vody a živočišnou populaci. Díky snížení antropogenního vlivu na tok bude jednoznačně splněna ochrana přírody a vodních zdrojů.

V příloze č. 1 jsou uvedeny všechny výsledky rozborů, které byly odebrány ze Sudického potoka. Celkem deset odběrů ze čtyř odběrných míst. V příloze č. 2 je celková situace oddílné kanalizace. V příloze č. 3 je celková situace jednotné kanalizace. V příloze č. 4 je hydrotechnická situace pro výpočet dešťových průtoků jednotné kanalizace. V příloze č. 5 je výpočet součinitelů ze vzorového hektaru. V příloze č. 6 a 7 jsou schémata čistíren. V poslední příloze č. 7 je celková situace výtlaku do Šebetova.

Přínosem práce je vypracovaná studie odvodnění a likvidace OV a zjištěna kvalita v Sudickém potoku z monitoringu. Práce bude předložena zastupitelstvu obce a podkladem při následném rozhodování způsobu nakládání s odpadními vodami v obci. Stanovený cíl práce byl splněn.

Literatura

[1] Půjčky v kostce. [online].
URL https://www.sfzp.cz/sekce/846/pujcky-v-kostce/

[2] Vyhláška Ministerstva zemědělství, kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích). [online], 2001, 428/2001.
URL https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-428

[3] Zákon o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích). [online], 2001, 274/2001.
URL https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-274

[4] Zákon o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon). [online], 2001, 254/2001.
URL https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-254

[5] Nařízení vlády 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). [online], 2015, 401/2015.
URL https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2015-401

[6] Nařízení vlády o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění odpadních vod a náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod podzemních. [online], 2016, 57/2016.
URL https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2016-57

[7] Představení Svazku. [online], září 2016.
URL http://www.svazek-boskovice.cz/o-nas

[8] VAS technické standardy pro vodovody a kanalizace. listopad 2016.

[9] Operační program Životní prostředí 2014 – 2020. [online], září 2017.
URL http://www.opzp.cz/dokumenty/download/50-11-OPZP2014-2020.pdf

[10] Priorita - Informační zpravodaj Státního fondu životního prostředí ČR. [online], Říjen 2017.
URL http://www.opzp.cz/file/priorita/45/priorita-10-2017.pdf

[11] Priorita - Informační zpravodaj Státního fondu životního prostředí ČR. [online], prosinec 2017.
URL http://www.opzp.cz/file/priorita/47/priorita-12-2017.pdf

[12] Aquatis: *Plán rozvoje vodovodů a kanalizace Jihomoravského kraje*. 2016.

[13] Dolejš, I. P.; Janda, V.: *Odborná příručka pro žadatele v prioritní ose 1 specifických cílech 1.1 a 1.2 upozorňující na podstatné technické náležitosti podávaných projektů z hlediska jejich funkčnosti*. září 2017.

[14] Dočkalová, O.; Roupa, J.: *Strategie rozvoje obce Sudice 2015-2020*. leden 2015. URL `http://www.sudice-bk.cz/data/File/PDF_2015/strategie_obce_2015-2020.pdf`

[15] Eyer, M.: *Provozní řád pro trvalý provoz čistírny odpadních vod Šebetov*. 2012.

[16] Hlavínek, P.; Hlaváček, J.: *Čištění odpadních vod: praktické příklady výpočtů*. Brno: NOEL 2000, 1996, ISBN 80-86020-0-2.

[17] Hlavínek, P.; Mičín, J.; Prax, P.: *Stokování a čištění odpadních vod*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2003, ISBN 80-214-2535-0.

[18] Jandora, J.; Hlavínek, P.: *Hydraulika čistíren odapdních vod*. Brno: NOEL 2000, 1996, ISBN 80-86020-04-5.

[19] Karel Krombholz VAS, a. s.: *Kanalizační řád stokové sítě Sudice*. Boskovice, květen 2017.

[20] Krejčíř, V.: *Šebetov - kanalizace Provozní řád*. Boskovice, červenec 2002.

[21] Malý, J.; Malá, J.: *Chemie a technologie vody*. Brno: NOEL 2000, 1996, ISBN 80-86020-13-4.

[22] Sojka, J.: *Malé čistírny odpadních vod*. Brno: ERA, 2004, ISBN 80-86517-80-2.

[23] Stránský, D.; Havlík, V.; Kabelková, I.; aj.: *Metodická příručka posouzení stokových systémů urbanizovaných povodí*. květen 2009.

[24] Čížek, P.; Koníček, Z.; Herel, F.: *Stokování a čištění odpadních vod: celostátní učebnice pro vysoké školy*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1970.

[25] Šimková, H.; Vlk, J.; Komistr, M.: *Průměrné ceny dopravní a technické infrastruktury obcí*. Brno: Ministerstvo pro místní rozvoj ČR, Ústav územního rozvoje, srpen 2017.

Seznam tabulek

3.1 Počet obyvatel, produkce odpadních vod a znečištění [12] 6
3.2 Znečištění vnášené do recipientu 7

4.1 Koncentrace kyslíku v rybnících p. Havelky [zdroj: Petr Hluštík] . . . 11
4.2 Koncentrace kyslíku v rybnících p. Hlaváčka [zdroj: Petr Hluštík] . . . 12

5.1 Výpis potrubí stoky "A" 18
5.2 Výpis potrubí stoky "B" 18
5.3 Hydraulika stoky "A" 19
5.4 Hydraulika stoky "A"– pokračování 20
5.5 Hydraulika stoky "B" 20
5.6 Hydraulika stoky "B"– pokračování 21
5.7 Návrh havarijní jímky pro ČS 1 a ČS 2 23
5.8 Návrh výtlačného potrubí V1 a V2 24
5.9 Návrh čerpadel pro ČS 1 a ČS 2 24
5.10 Množství OV dle ekvivalentních obyvatel 26
5.11 Denní množství znečištění 27
5.12 Průměrné koncentrace znečištění na přítoku na ČOV 27
5.13 Biologická účinnost a posouzení 28
5.14 Vstupní parametry pro návrh česlí 28
5.15 Vstupní parametry pro lapák písku 29
5.16 Vstupní parametry pro aktivační proces 29
5.17 Vstupní parametry pro výpočet hladiny dosazovací nádrže 31
5.18 Vstupní parametry pro výpočet výšky jednotlivých zón v DN 32
5.19 Vstupní parametry pro výpočet celkové produkce kalu 33
5.20 Kanalizační stoky větve "A" 36
5.21 Kanalizační stoky větve "B" 36
5.22 Kanalizační stoky větve "C" 36
5.23 Hydraulika splaškové kanalizace 37
5.24 Návrh havarijní jímky ČS 1 a ČS 2 38
5.25 Návrh výtlačného potrubí V1 a V2 38
5.26 Návrh čerpadel pro ČS 1 a ČS 2 39
5.27 Množství OV dle ekvivalentních obyvatel 39
5.28 Denní množství znečištění 40
5.29 Průměrné koncentrace znečištění na ČOV 40
5.30 Biologická účinnost a posouzení 40
5.31 Vstupní parametry pro návrh česlí 41
5.32 Vstupní parametry pro aktivační proces 41
5.33 Vstupní parametry pro výpočet hladiny dosazovací nádrže 42
5.34 Vstupní parametry pro výpočet výšky jednotlivých zón v DN 42
5.35 Vstupní parametry pro výpočet celkové produkce kalu 43

5.36 Denní množství znečištění 45
5.37 Vstupní koncentrace znečištění 45
5.38 Emisní standarty dle NV č. 401/2015 Sb., p-přípustné, m=maximální 45
5.39 Emisní standarty dle NV č. 57/2016 Sb. 46
5.40 Emisní standarty mikrobiologického znečištění NV č. 57/2016 Sb. . . 46
5.41 Minimální účinnosti čištění DČOV označených CE dle NV č. 401/2015 Sb. 46
5.42 Minimální účinnosti čištění DČOV označených CE dle NV č. 57/2016 Sb. 46
5.43 Návrh havarijní jímky ČS 1 a ČS 2 49
5.44 Návrh výtlačného potrubí V1 a V2 49
5.45 Návrh čerpadel pro ČS 1 a ČS 2 49
5.46 Reální hodnoty z ČOV Šebetov 51
5.47 Množství produkovaných odpadních vod 51
5.48 Denní množství znečištění 51
5.49 Průměrné koncentrace znečištění na ČOV 52
5.50 Posouzení biologického znečištění 52
5.51 Posouzení průtoků 52

6.1 Ekonomické zhodnocení varianty 1a 54
6.2 Ekonomické zhodnocení varianty 1b 55
6.3 Ekonomické zhodnocení varianty 2 56
6.4 Ekonomické zhodnocení varianty 3 57
6.5 Ekonomické zhodnocení variant 60

Seznam obrázků

3.2 Vodoteče v obci Sudice [zdroj: ČÚZK] 8

4.1 Průběh odběru vzorků [zdroj:Lenka Hoferková] 9
4.2 Rybníky p. Havelky a p. Hlaváčka [zdroj: ČÚZK] 10
4.3 Koncentrace kyslíku - nevyhovující a přípustná [zdroj: ČÚZK] 11
4.4 Odběrné body pro rozbory vzorků na Sudickém potoce [zdroj: ČÚZK] 12
4.5 Znečištění recipientu [zdroj: Lenka Hoferková] 15

5.1 Rozdělení hloubky v dosazovací nádrži [zdroj: ATV 131 E] 31

Seznam grafů

4.1 Koncetrace BSK_5 13
4.2 Koncetrace $CHSK_{cr}$ 14
4.3 Koncetrace rozpuštěného O_2 14
4.4 Koncentrace nerozpuštěných látek 15
5.1 Charakteristika navržených čerpadel varianta 1a [zdroj:wilo.com] . . . 25
5.2 Charakteristika navržených čerpadel varianta 1b [zdroj: wilo.com] . . 39
5.3 Charakteristika navrženého čerpadla varianta 3 [zdroj: wilo.com] . . . 50
5.4 Charakteristika navržené stanice AWALIFT 1/2x2 varianta 3 [zdroj: euroarmatury.eu] 50

Seznam použitých zkratek a symbolů

BSK_5	biochemická spotřeba kyslíku po 5 dnech
ČOV	čistírna odpadních vod
ČS	čerpací stanice
ČSN	česká technická norma
ČÚZK	Český úřad zeměměřický a katastrální
DČOV	domovní čistírna odpadních vod
DN	jmenovitá světlost potrubí nebo dosazovací nádrž
EO	ekvivalentní obyvatel
HZS	hasičský záchranný sbor
$CHSK_{cr}$	chemická spotřeba kyslíku (oxidace dichromanem draselným)
JMK	Jihomoravský kraj
K	konduktivita
$N - NH_4$	amoniakální dusík
NL	nerozpuštěné látky
N_{KJ}	Kjeldahlův dusík
$N - NO_2$	dusitanový dusík
$N - NO_3$	dusičnanový dusík
NPŽP	Národní program Životního prostředí
NV	nařízení vlády
O_2	koncentrace rozpuštěného kyslíku
OPŽP	Operační program Životního prostředí
PE	polyetylen
PP	polypropylen
PRVKUK	plán rozvoje vodovodů a kanalizací
RD	rodinný dům
Sb.	Sbírka zákonů
SDR	Standard Dimensions Ratio
SPŽP	Státní fond životního prostředí
TNV	Technické normy vodního hospodářství
VAK	Vodovody a Kanalizace
VAS, a.s.	Vodárenská akciová společnost, a.s.
VUT	Vysoké učení technické
P_c	celkový fosfor
PN	Jmenovitý tlak
PVC	polyvinylchlorid
pH	vodíkový exponent
$P - PO_4$	fosforečnany

Seznam příloh

1. Výsledky rozborů
2. Celková situace oddílné kanalizace
3. Celková situace jednotné kanalizace
4. Hydrotechnická situace
5. Vzorový hektar
6. ČOV – technologické schéma pro jednotnou kanalizaci
7. ČOV – technologické schéma pro oddílnou kanalizaci
8. Celková situace výtlaku na Šebetov

Summary

This thesis is written due to the poor quality of the stream Sudický potok and the fish kills in nearby ponds supplied by the stream. The quality of the water was closely monitored for emissions of dangerous substances for one year. The results of the monitoring are evaluated from four spots. It is obvious that the pollution intake comes from the Sudice town. All parameters indicating the presence of organic pollution in water were higher above normal. Recommendation for the town is to reduce the pollution intake coming from the single sewer.

Three various solutions are designed. The first option includes the designing of the municipal wastewater treatment plant and draining wastewater by the single sewerage or the sanitary sewerage. The municipal wastewater treatment plant allows to control the environmental impact in the stream. The single sewerage costs less then the constructing of the new sanitary sewerage. On the other hand investment in the reconstructing of the pipeline is higher. Moreover single sewerage reduce the volume of the storm water overflow in relief chambers during the storm event.

The second solution designs the domestic waste water treatment plants. The device ensures that the sewage discharged from the house is cleaned to the quality comparable to the normal rainwater. Such treated water can be recycled for further use or local irrigation.

The last solution designs the sanitary sewerage and the effluent sewerage to the nearby waste water treatment plant in the Šebetov town. The length of the effluent sewerage is 5230 meters and the price is not competitive.

All variants are economically evaluated with the pros and cons of the projects. In conclusion the first solution, the municipal waste water treatment plant with the single sewerage, is recommended.