



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ KRAJINY

INSTITUTE OF LANDSCAPE WATER MANAGEMENT

PROJEKT PŘÍRODNÍ ČISTÍRNY ODPADNÍCH VOD PRO OBEC SKŘIPOV

NATURAL WASTEWATER TREATMENT PLANT PROJECT FOR THE MUNICIPALITY OF SKŘIPOV

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Michal Hubený

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Michal Kriška-Dunajský, Ph.D.

BRNO 2023

Zadání diplomové práce

Ústav:	Ústav vodního hospodářství krajiny
Student:	Bc. Michal Hubený
Vedoucí práce:	doc. Ing. Michal Kriška-Dunajský, Ph.D.
Akademický rok:	2022/23
Studijní program:	N0732A260025 Stavební inženýrství – vodní hospodářství a vodní stavby

Děkan Fakulty Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Projekt přírodní čistírny odpadních vod pro obec Skřipov

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Teoretická rešerše:

- 1) Úvod a cíle práce
- 2) Údaje o obci
- 3) Technologie přírodních čistíren - obecná rešerše
- 4) Technologické prvky přírodní čistírny
- 5) Závěr
- 6) Seznamy příloh, použitých zdrojů, obrázků

Praktická část- projekt

- A. PRŮVODNÍ ZPRÁVA
- B. SOUHRNNÁ TECHNICKÁ ZPRÁVA
- C. SITUAČNÍ VÝKRESY
- D. Dokumentace objektů a technických a technologických zařízení

Cíle a výstupy diplomové práce:

Náplní práce bude vytvoření projektové dokumentace čistírny odpadních vod pro malou obec Skřipov (okr. Opava). Navržená technologie bude koncipována jako extenzivní, tzn., pro čištění odpadních vod nebude využívána elektrická energie. Důraz celého řešení je kladen na ekologičnost v kombinaci s nízkými provozními náklady, dlouhodobou udržitelností a minimální náročností na obsluhu za dodržení co možná nejvyšší možné kvality vyčištěné odpadní vody. Projektová dokumentace bude sloužit jako vstupní podklad pro územní řízení i stavební povolení.

Seznam doporučené literatury a podklady:

- ČSN 75 6402: Čistírny odpadních vod do 500 ekvivalentních obyvatel, 2017. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví.
 - Plán rozvoje vodovodů a kanalizací obce
 - Územní plán obce
 - DWA, 2017. Grundsätze für Bemessung, Bau und Betrieb von Kläranlagen mit bepflanzten und unbepflanzten Filtern zur Reinigung häuslichen und kommunalen Abwassers: Arbeitsblatt DWA-A 262. Hennef: Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall. DWA-Regelwerk, A 262. ISBN 38-872-1547-8.
 - ÖNORM B 2505- Kläranlagen – Intermittierend beschickte Bodenfilter („Pflanzenkläranlagen“)
 - Dotro, Gabriela & Langergraber, Günter & Molle, Pascal & Nivala, Jaime & Puigagut, Jaume & Stein, Otto. (2017). Biological Wastewater Treatment Series, Volume 7: Treatment Wetlands.
 - Vyhláška č. 499/2006 Sb. Vyhláška o dokumentaci staveb
- + databáze vědeckých článků na www.sciencedirect.cz

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku.

Brně, dne 31. 3. 2022

L. S.

doc. Ing. Daniel Marton, Ph.D.
vedoucí ústavu

doc. Ing. Michal Kriška-Dunajský, Ph.D.
vedoucí práce

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA, dr. h. c.
děkan

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá věcným návrhem přírodní čistírny odpadních vod francouzského systému pro obec Skřipov. Navrhovaná čistírna odpadních vod má předpokládanou velikost pro 800 EO. Celá diplomová práce je rozdělena na dvě části. V teoretické části jsou uvedeny a důkladně popsány podrobnosti o řešeném území, především o obci Skřipov. Dále byla autorem diplomové práce vysána všeobecná rešerše na téma přírodních čistíren odpadních vod. V teoretické části práce je rovněž podrobný popis a seznámení se se systémem Francouzských vertikálních čistíren odpadních vod. Praktická část je návrh přírodní čistírny odpadních vod pro obec Skřipov. Práce podrobně popisuje postup návrhu čistírny a její výpočty. Součástí práce je projektová dokumentace, která bude sloužit jako podklad pro vydání stavebního povolení.

KLÍČOVÁ SLOVA

přírodní čistírna, kořenová čistírna, vertikální filtr s vegetací, French-system, odpadní voda, nakládání s odpadními vodami, nejlepší dostupná technologie

ABSTRACT

The diploma thesis deals with the substantive design of a natural wastewater treatment plant of the French system for the municipality of Skřipov. The proposed sewage treatment plant has an expected size for 800 EO. The whole thesis is divided into two parts. In the theoretical part, the details of the area under consideration, especially the municipality of Skřipov, are presented and thoroughly described. Furthermore, a general research on the topic of natural wastewater treatment plants was written by the author of the thesis. In the theoretical part of the thesis there is also a detailed description and introduction to the system of French vertical wastewater treatment plants. The practical part is the design of a natural wastewater treatment plant for the municipality of Skřipov. The thesis describes in detail the design procedure of the treatment plant and its calculations. The work includes project documentation that will serve as a basis for the issuance of a building permit.

KEYWORDS

natural treatment plant, root treatment plant, vertical filter with vegetation, French-system, wastewater, wastewater management, best available technolog

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

HUBENÝ, Michal. Projekt přírodní čistírny odpadních vod pro obec Skřipov. Brno, 2023. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/143661>. 83 s., 87 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství krajiny. Vedoucí práce Michal Kriška-Dunajský.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce s názvem *Projekt přírodní čistírny odpadních vod pro obec Skřipov* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 13. 1. 2023

Bc. Michal Hubený

autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Projekt přírodní čistírny odpadních vod pro obec Skřipov* zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 13. 1. 2023

Bc. Michal Hubený

autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval především svému vedoucímu této diplomové práce panu docentovi Michalu Kriškovi-Dunajskému za odborné vedení práce, cenné rady, užitečné připomínky a hlavně za projevenou ochotu. Děkuji také svým nejbližším, především přítelkyni za trpělivost a podporu během celého mého magisterského studia.

OBSAH

1	ÚVOD	10
2	CÍL PRÁCE	11
3	ÚDAJE O OBCI SKŘIPOV	12
3.1	Základní informace o obci	13
3.2	Současný stav vodovodu, odkanalizování a čištění odpadních vod	15
3.3	Návrh plánované kanalizace.....	18
3.4	Základní varianty nové kanalizační sítě	18
3.4.1	VARIANTA I	18
3.4.2	VARIANTA II	19
3.4.3	VARIANTA III	19
3.5	Hydrologické údaje obce.....	21
3.6	Geologické poměry v obci.....	22
3.7	Dopravní infrastruktura	23
4	PŘÍRODNÍ ČISTÍRNÝ ODPADNÍCH VOD	24
4.1	Typy přírodních čistíren odpadních vod	25
4.2	PČOV s podpovrchovým průtokem.....	25
4.3	Vertikální filtry	26
4.4	Zdroje odpadních vod	27
5	FRANCOUZSKÝ SYSTÉM PČOV	28
5.1	Hydraulické zatížení FS-VF a distribuce odpadní vody.....	29
5.1.1	Distribuční potrubí	32
5.2	Návrh Francouzského systému a jeho účinnosti.....	34
5.3	Specifikace vertikálních filtrů	35
5.4	Provoz a údržba	37
5.5	Kalové hospodářství	38
6	PŘÍRODNÍ ČISTÍRNA ODPADNÍCH VOD SKŘIPOV	40
6.1	Umístění přírodní čistírny odpadních vod.....	40
6.1.1	Zájmové území	40
6.1.2	Stávající stav zájmového území	41
6.2	Vstupní podklady pro návrh PČOV.....	43

6.2.1	Vstupní parametry pro výpočet množství odpadních vod.....	43
6.3	Mechanické předčištění – Ručně stírané česle	46
6.4	Definice koncentrace a látkového zatížení na přítoku	50
6.4.1	Hmotnostní látkové denní a koncentrační zatížení na vtoku	50
6.5	Postup návrhu velikosti filtračních vertikálních polí.....	51
6.6	První stupeň čištění – Vertikální filtr	56
6.6.1	Návrh prvního stupně čištění.....	58
6.7	Druhý stupeň čištění – Vertikální filtr	59
6.7.1	Návrh druhého stupně čištění	61
6.8	Celkový přehled návrhu pčov a celková účinnost	62
6.9	Distribuční nádrže	63
6.9.1	Výpočet dávky odpadní vody na 1. a 2. stupeň čištění.....	63
6.9.2	Návrh distribuční nádrže.....	65
6.10	Rozdělovací šachty	66
6.11	Měrný objekt.....	67
6.12	Výustní objekt	69
6.13	Nároky na vyčištění odpadní vody.....	70
7	ZÁVĚR.....	73
	POUŽITÉ ZDROJE	75
	SEZNAM TABULEK.....	78
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	80
	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	82
	SEZNAM PŘÍLOH.....	83

1 ÚVOD

Lidstvo se v posledních desetiletích potýká s řadou vážných environmentálních problémů, jako jsou například klimatická změna, degradace biotopů a krajiny, eroze půdy, znečištění ovzduší a vodních zdrojů, a další. Tyto problémy mají negativní dopady nejen na přírodu, ale také na lidské zdraví a životní podmínky. Budoucnost závisí na tom, jak se lidstvo rozhodne jednat v těchto otázkách. Pokud se nebude rychle a efektivně řešit environmentální krize, mohou nastat důsledky, mezi které již patří, a dostatečně v současné době pociťujeme na vlastní kůži roky sucha, úbytku hladiny spodní vody, extrémního počasí, které doprovází přírodní katastrofy. V obecné rovině, pro zajištění budoucnosti, lidstvo musí přijmout proaktivní přístup k ochraně a udržitelnému využívání přírody. To bude vyžadovat spolupráci mezi všemi na naší planetě.

Pro zlepšení životních podmínek lze využít i přírodě blízké čistírny odpadních vod. Přírodní, vegetační, kořenové čistírny odpadních vod jsou alternativou k tradičním technologiím čištění odpadních vod jakou jsou ty biologické. Jsou využívány k čištění odpadních vod z domácností, zemědělských objektů a malých průmyslových zdrojů. Tyto čistírny využívají přírodních procesů, jako je sedimentace, filtrace přes přírodě blízké filtrační materiály apod.

V ČR jsou přírodní čistírny využívány již od 90 let minulého století, avšak ze strany úřadů nejsou moc oblíbenými alternativami čištění odpadních vod. A to z důvodu jejich často problematického provozu a výsledkům, za které ve většině případech nemohla samotná navržená technologie, nýbrž obsluha těchto čistíren, která roky zanedbávala běžnou údržbu a zásadní kroky pro správný chod přírodních čistíren.

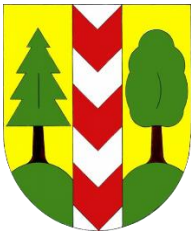
Přírodní čistírny mají řadu výhod, jako například: nižší náklady na údržbu a provoz, snižování zátěže na okolní prostředí a v neposlední řadě podporují biodiverzitu. Tyto systémy jsou také velmi flexibilní a mohou být použity pro čištění odpadní vody různých velikostí a kvalit. Ve světě se přírodní čistírny používají až do velikosti tisíců ekvivalentních obyvatel.

2 CÍL PRÁCE

Cílem diplomové práce je návrh přírodní čistírny odpadních vod pro obec Skřipov. Pro návrh byl zvolen takzvaný Francouzský systém, jehož předností je absence primárního stupně předčištění surové odpadní vody. Čistírna bude navržena pro 800 EO.

V rámci práce bude navržena PČOV umístěna do určeného prostoru územním plánem obce Skřipov. Dále práce bude popisovat navržený stav čistírny včetně podkladů pro výpočet a návrh čistírny odpadních vod. Do návrhu bude promítnut požadavek jak na účinnost čištění odpadní vody, tak ekologičnost celého provozu. Návrh bude uzpůsoben tak aby provozní náklady celé kořenové čistírny odpadních vod byly co nejnižší. Tím bude kladen důraz na provedení návrhu v gravitačním přesunu vody.

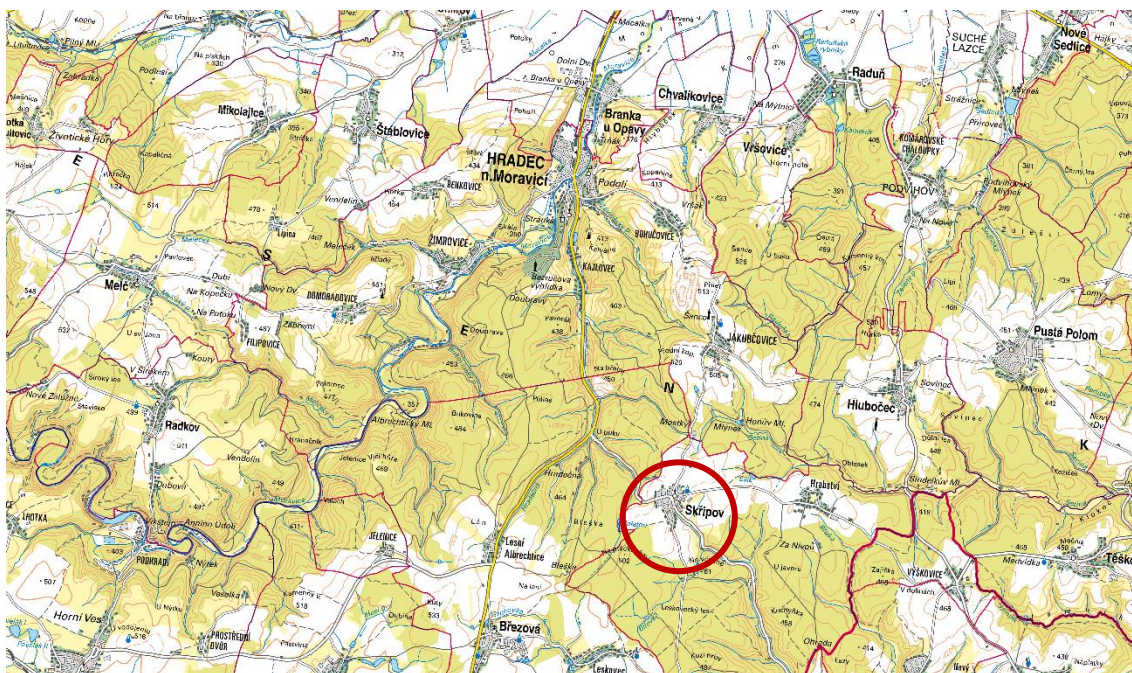
3 ÚDAJE O OBCI SKŘIPOV

Název obce:	Skřipov (510131)	
Znak obce:		
Kraj (NUTS 3):	Moravskoslezský (CZ080)	
Okres (LAU 1):	Opava (CZ0805)	
Obec s rozšířenou působností:	Opava	
Pověřená obec:	Opava	
Počet částí obce:	2	
Názvy částí obcí:	Skřipov Hrabství	
Počet obyvatel:	1 011 (2022) ¹	
Počet domů:	326 (2021)	
Katastrální území:	Skřipov (748943) Hrabství (646580)	
Rozloha:	20,22 km ²	
Nadmořská výška:	445 m n. m.	
PSČ:	747 45	
Povodí:	Odra	
Správce vodního toku:	Povodí Odry, s. p. Lesy České republiky, s. p.	

¹ Uvedený počet obyvatel je pro obě části obce (Skřipov, Hrabství). PČOV je řešena pouze pro část obce Skřipov – počet obyvatel 712 (31. 12. 2021). [11]

3.1 ZÁKLADNÍ INFORMACE O OBCI

Obec Skřipov patří pod obec s rozšířenou působností Opava a nachází se v blízkosti měst Vítkov, Hradec nad Moravicí a Bílovec. K 1.1.2022 bylo v obci evidováno 1011 obyvatel. Velikost katastrálního území obce činí 20,22 km². Skládá se ze dvou místních částí, Skřipov a Hrabství [12].



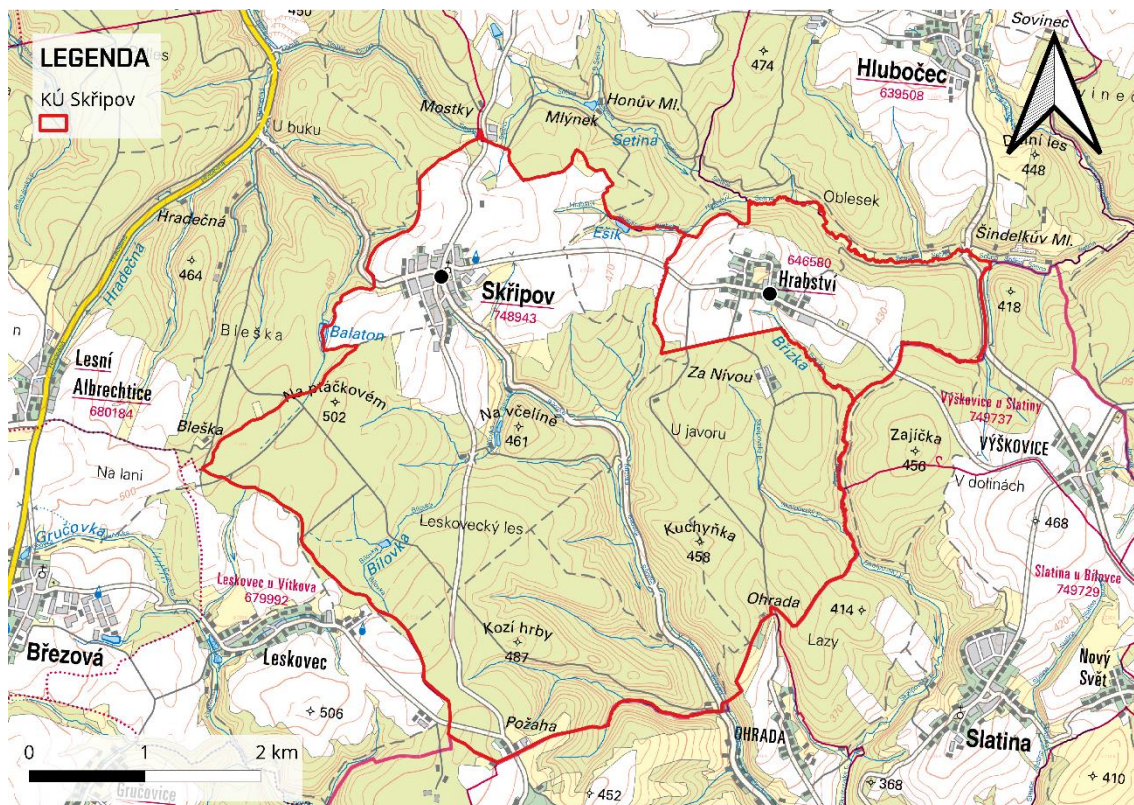
Obr. 1 - Umístění obce Skřipov

Ze Skřipova se rozbíhají silnice na všechny světové strany. Na východ vede silnice k Hrabství, které je v současnosti součástí obce, na sever do Jakubčovic, na jih na Požahu, na jihovýchod přes Starou Ves do Bílovce, vzdáleného 12 km, a na severozápad přes Hradec nad Moravicí do 16 km vzdálené Opavy [12].

Katastr obou místních částí je většinou lesnatý, nezalesněné je pouze okolí vesnic. Skřipov má rozlohu 1 910 ha a Hrabství 435 ha, což obec řadí na druhé místo co do velikosti rozlohy katastru mezi ostatními obcemi opavského okresu. Třeba však uvést, že z celkové plochy Skřipova vlastní město Opava více než 1.300 ha lesů [12].

Skřipov leží v nadmořské výšce 486 m, Hrabství 445 m, přičemž na jih od Skřipova, v Leskoveckém lese, je několik míst s nadmořskou výškou přes 500 m [12].

V obci převládá nízkopodlažní zástavba rodinných domků, jedná se především o byty I. a II. kategorie, které jsou soustředěny do celistvého urbanistického útvaru. Na katastrálním území obce se nachází základní škola s kapacitou 240 žáků a dospělých, stolařství HON s r.o., několik drobných provozoven a obchodů. [14]



Obr. 2 - Katastrální území obce Skřipov

3.2 SOUČASNÝ STAV VODOVODU, ODKANALIZOVÁNÍ A ČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD

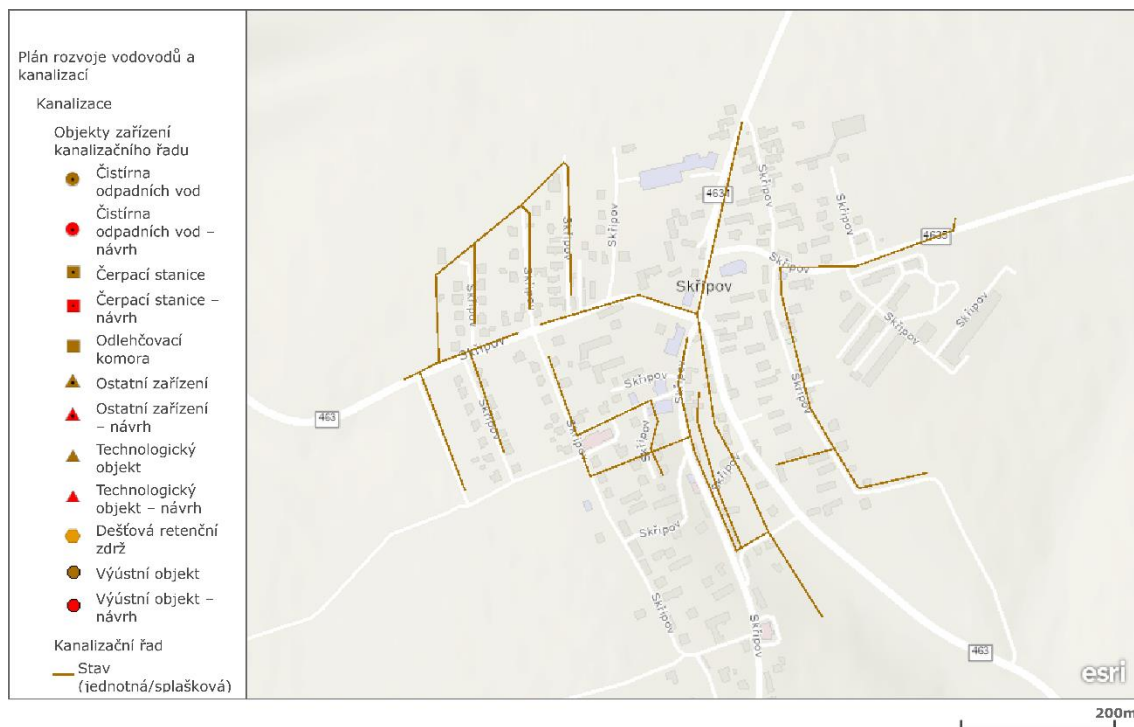
V obci je vybudován vodovod, jehož vlastníkem je obec Skřípov. Stávající jednotná kanalizace je ve vlastnictví a provozování obce Skřípov.

V obci Skřípov je vybudována soustavná síť jednotné kanalizace, která odvádí jak dešťové, tak předčištěné splaškové odpadní vody z téměř 100% zastavěné plochy obce. Stávající kanalizace má celkem 21 kanalizačních stok, které vyústí do sedmi vyústí do otevřených příkopu a místních vodních linií (vodotečí). Provoz a údržbu stávající kanalizace zajišťuje obec. Kanalizace je ve špatném stavu [14].

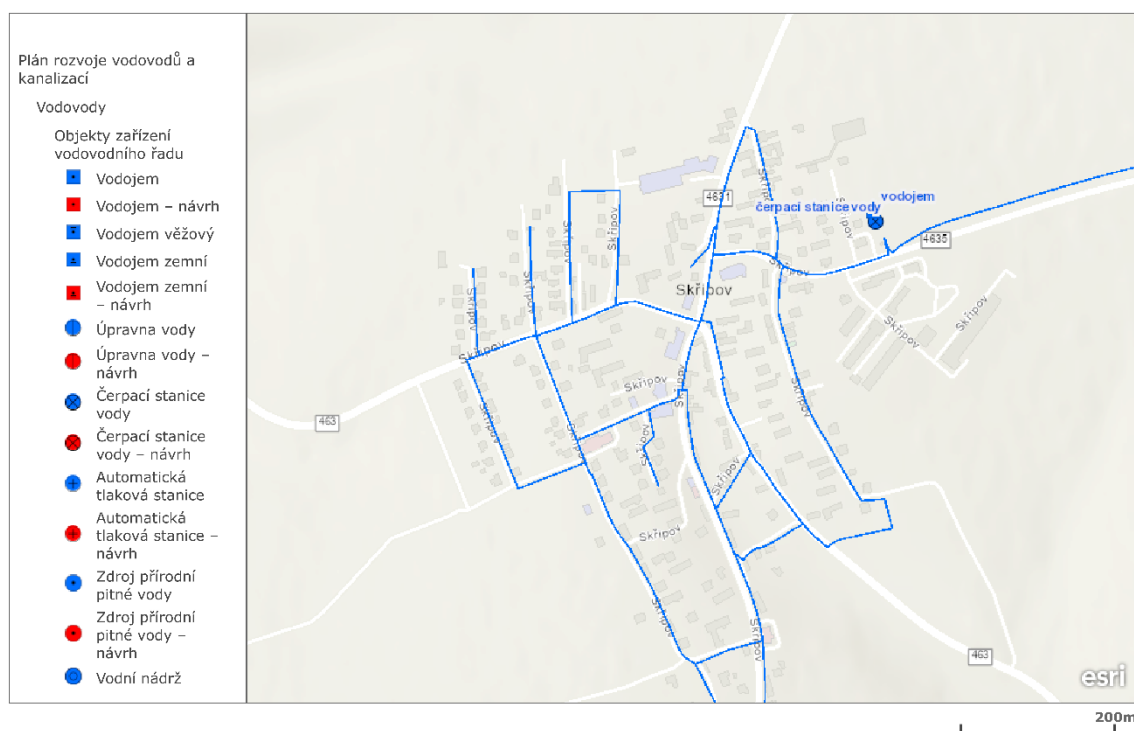
Splaškové vody z jednotlivých objektů jsou převážně akumulovány v septicích či žumpách. Ty mají velmi často přepady zaústěny do stávající kanalizace (případně trativodu), kterými odpadní vody odtékají spolu s ostatními vodami do recipientu. Základní škola a dřevovýroba mají vlastní lokální ČOV typu Biofluid. Základní škola je dimenzována pro 240 EO [14].

V roce 2017 byla zpracována pasportizace stávající kanalizace Ing. Martinem Jarošem. Celková délka jednotné kanalizace je 4 863,87 m z čehož je z betonových trub 2 484,41 m dimenze DN300 2 086 m dimenze DN400, 240,55 m dimenze DN600 a 52,91m dimenze DN1000. Z trub PVC je celkem 220m dimenze DN300. Provoz a údržbu zajišťuje obec Skřípov. Stáří st. kanalizace se odhaduje na cca 60let [14].

Stávající kanalizace má příznivý vliv na životní prostředí, je ale ve stavu kdy je potřeba dořešit svedení celé kanalizační sítě do jednoho místa a doplnit kanalizační síť o čištění a likvidaci odpadních vod. Současně je nutné opravit úseky ve špatném technickém stavu [14].



Obr. 3 - Plán rozvoje vodovodů a kanalizací - Kanalizace Skřipov [13]



Obr. 4 - Plán rozvoje vodovodů a kanalizací - Vodovod Skřipov [13]



Obr. 5 - Vodojem v obci Skřipov



Obr. 6 - Jedna z výústí stávající kanalizační sítě v obci Skřipov



Obr. 7 - Prostor pod výústí jedné z mnoha vodotečí v obci Skřipov

3.3 NÁVRH PLÁNOVANÉ KANALIZACE

V roce 2019 byla společností Projekt 2010, s.r.o. vyhotovena studie, které měla zohlednit navržené řešení problematiky nakládání s odpadními vodami vznikajícími na území obce. Tato studie je komplexní řešení odvádění a čištění odpadních vod na území obce Skřipov u Opavy [14].

Předmětem a cílem této technicko-ekonomické studie je porovnání variant pro odvedení a čištění splaškových odpadních vod z obce Skřipov.

Z hlediska likvidace odpadních vod je ideální přivést z kanalizačního systému na čistírnu odpadních vod. Pro čištění odpadních vod je uvažováno s vlastní ČOV (umístění dle ÚP obce). Vyčištěné odpadní vody by byly vypouštěny do toku HOZ (ID dle CEVT 10209334), který následně ústí do VT Bílovka (ve správě Povodí Odry, s.p.). [14].

3.4 ZÁKLADNÍ VARIANTY NOVÉ KANALIZAČNÍ SÍTĚ

Součástí této diplomové práce není řešení odkanalizování obce Skřipov. Následující kapitoly variant odkanalizování obce Skřipov cituji Technicko-ekonomickou studii pro obec Skřipov z roku 05/2019, Arch. č.: PRO-10627-A.

3.4.1 VARIANTA I

Využití stávající jednotné kanalizace s odvedením na ČOV

Dle studie tato varianta vychází z územního plánu a navazuje na PRVKUK pro obec Skřipov. Návrh spočívá ve vybudování centrální ČOV odpadních vod pro celou obec 800 EO. Dle územního plánu je požadavek akceptovat navržený systém jednotné kanalizace v celé obci, ukončený na nově navržené ČOV na ploše TV-Z1. Odvádění odpadních vod z obce bude řešeno stávající jednotnou kanalizací s dobudováním odlehčovacích komor a čerpacích stanic pro přečerpání odpadních vod za rozvodím do gravitační kanalizace.

Stávající jednotná kanalizace bude zachována. Budou podchyceny jednotlivé výusti do recipientu s vybudováním odlehčení srážkových vod a zaústěním nařaděných odpadních vod v poměru 1:5 do nové zbudovaných částí nebo stávajících stok se systematickým odvedením k nově navržené ČOV.

Pro vlastníky nemovitosti varianta nebude mít vliv na stávající způsob odvádění odpadních vod z objektu.

3.4.2 VARIANTA II

Využití stávající jednotné kanalizace s doplněním o kanalizaci splaškovou s odvedením na ČOV

Dle studie tato varianta vychází z územního plánu a navazuje na PRVKUK pro obec Skřipov. Návrh spočívá ve vybudování centrální ČOV odpadních vod pro celou obec 800 EO. Dle územního plánu je požadavek akceptovat navržený systém jednotné kanalizace v celé obci, ukončený ve Skřipově na nově navržené ČOV na ploše TV-Z1. Odvádění odpadních vod z obce bude řešeno kombinací jednotné a oddílné splaškové kanalizace. Stávající jednotná kanalizace bude ve velké části zachována. Budou podchyceny jednotlivé výusti do recipientu s vybudováním odlehčení srážkových vod a zaústěním naředěných odpadních vod v poměru 1:5 do nové zbudovaných částí nebo stávajících stok se systematickým odvedením k nově navržené ČOV. Pro vlastníky nemovitosti ve větší části obce varianta nebude mít vliv na stávající způsob odvádění odpadních vod z objektu.

Koncové části za rozvodím budou řešeny jako splašková kanalizace s přečerpáváním do gravitační kanalizace. Vlastníci nemovitostí v této oblasti musí provést oddělení splaškových vod.

3.4.3 VARIANTA III

Gravitační oddílná splašková kanalizace s tlakovou kanalizací s odvedením na ČOV

Dle studie u této varianty z hlediska likvidace odpadních vod je ideální přivést z kanalizačního systému na čistírnu odpadních vod „čisté“ deštěm neředěné splaškové vody, což lze docílit pouze výstavbou nové splaškové kanalizace. S touto variantou bylo uvažováno i z důvodu omezení vstupu balastních a jiných odpadních vod, které nadměrně zatěžují kanalizační systém. Dalším důvodem je to, že na rekonstrukci stávajících kanalizací nebo výstavbu nových jednotných kanalizací pro odvádění společně splaškových a dešťových OV nejsou poskytovány v současné době žádné dotace z veřejných zdrojů. Pro

vlastníky napojených nemovitostí znamenat fyzické rozdělení splaškových a dešťových vod, které odtékají z jejich zájmového pozemku. Splaškové odpadní vody pak budou na čistírnu odpadních vod dopravovány oddílným kanalizačním systémem, do kterého nebudou napojeny jiné zdroje povrchových nebo podzemních vod, ale pouze splaškové odpadní vody.

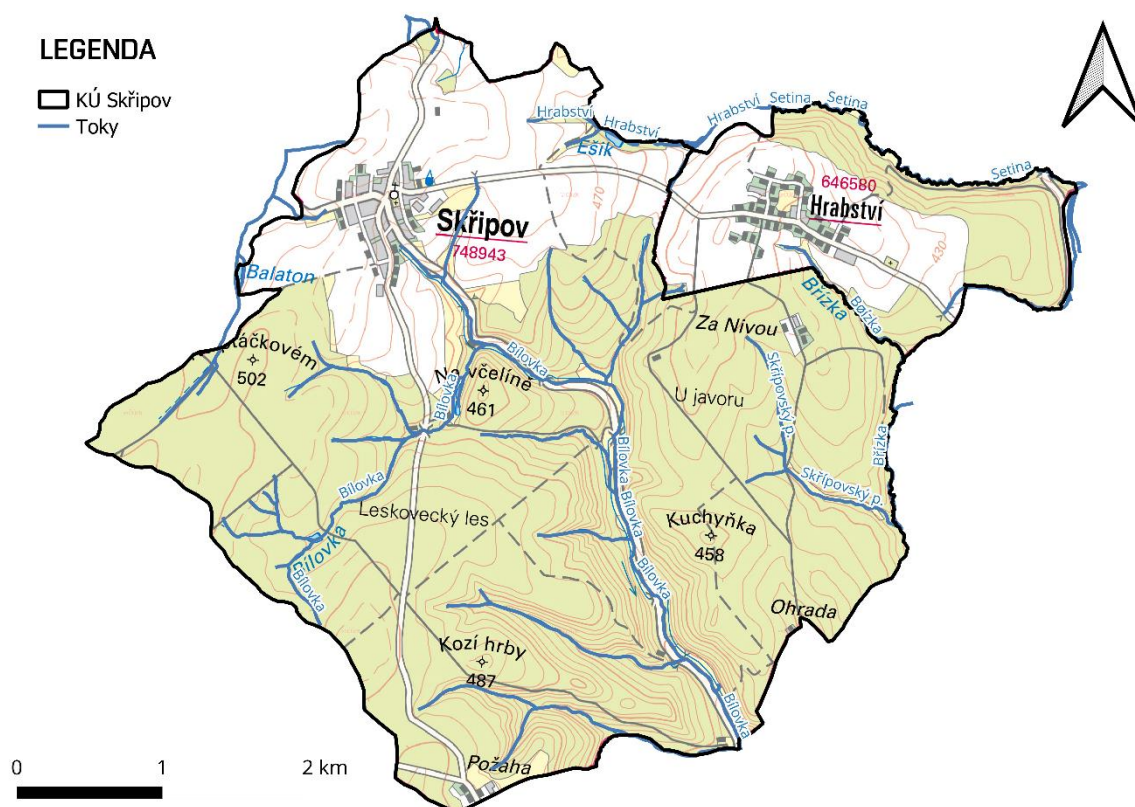
Varianta navrhuje vybudování oddílné splaškové kanalizace s odvedením veškerých odpadních vod na centrální ČOV odpadních vod pro celou obec 800 EO. Odvádění splaškových odpadních vod bude na území celé obce řešeno nově vybudovanou oddílnou splaškovou gravitační kanalizací o dimenzích DN250. Koncové části za rozvodím budou řešeny jako splašková kanalizace s přečerpáváním do gravitační kanalizace. Vlastníci nemovitostí v této oblasti musí provést oddělení splaškových vod.

Stávající jednotná kanalizace bude i nadále využita jako dešťová kanalizace pro dotčené území. Odpadne nutnost realizace odlehčovacích komor u st. vyústí do vodního toku. Čerpání odpadních vod bude navrženo jen z části obce za rozvodím na ČOV. Čerpací stanice budou navrženy na malé přítoky splaškových vod, jako podzemní čerpací stanice. Nově vybudovaná splašková kanalizace bude systematicky odvádět odpadní vody na novou centrální ČOV. Stávající jednotná kanalizace bude nadále využívána jako dešťová kanalizace v celém rozsahu.

Z širšího hlediska to bude pro vlastníky napojených nemovitostí znamenat fyzické rozdělení splaškových a dešťových vod, které odtékají z jejich zájmového pozemku. Splaškové odpadní vody pak budou na čistírnu odpadních vod dopravovány oddílným kanalizačním systémem, do kterého nebudou napojeny jiné zdroje povrchových nebo podzemních vod, ale pouze splaškové odpadní vody.

3.5 HYDROLOGICKÉ ÚDAJE OBCE

Na území obce Skřipov pramení ve výšce 585 m n. m. vodní tok Bílovka. Řeka Bílovka je levostranným přítokem na středním úseku Odry nad Ostravou, úseku, který je vymezen dole ústím Opavy a nahoře prostorem Moravské Brány u Jeseníku nad Odrou. Bílovka ústí do Odry v centru Chráněné krajinné oblasti (CHKO) Poodří ve výšce 223 m n. m. Celková délka toku od pramene k ústí je 23,6 km, po celé délce je tok spravován státním podnikem Povodí Odry [13].



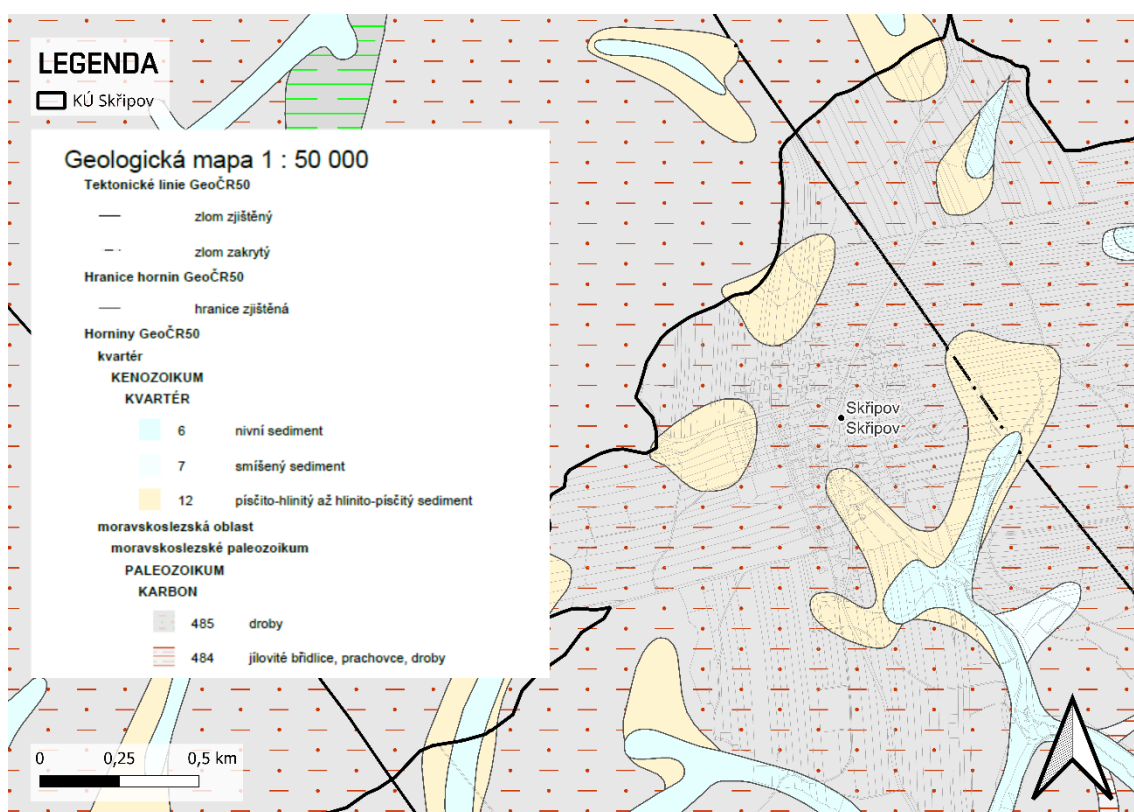
Obr. 8 - Hydrologické poměry v KÚ Skřipov

Většina toků nacházejících se na území obce zde zároveň pramení a odtéká směrem k Odře na východ nebo jihovýchod (Bílovka, Skřipovský potok, Setina).

Vodní tok Setina pramení v severní části obce v nadmořské výšce kolem 485 m n. m. Setina teče nejprve severním směrem, pak se stáčí na východ. Skřipovský potok pramení ve východní části (v nadmořské výšce zhruba 443 m n. m.) a odtéká jižním směrem [14].

3.6 GEOLOGICKÉ POMĚRY V OBCI

Z geologického hlediska patří řešená lokalita do regionální jednotky jesenický klum, soustavy Český masív – krystalinikum a prevariské paleozoikum, souvrství hradecko-kyjovické, tradiční název hradecké droby jemnozrnné až hrubozrnné. Vzhledem k předpokladu výskytu sedimentu zpevněného v celém území horniny droby je možné v oblasti počítat s dobrou těžitelností třídy 4-5 dle normy ŠSN 73 3050. V jihovýchodní části v místě navržené ČOV je písčito-hlinitý až hlinito-písčitý sediment třídy 3-4 dle normy ŠSN 73 3050 [14].



Obr. 9 - Geologická mapa území

3.7 DOPRAVNÍ INFRASTRUKTURA

Komunikace Bílovec–Skřipov (silnice II/463) na parcele č.1713 a komunikace Požaha–Skřipov–Jakubčovice (silnice III/4631) na parcele č. 1637/1 je ve vlastnictví Moravskoslezského kraje a ve správě silnic Moravskoslezského kraje, příspěvková organizace, Úprkova 795/1, Přívoz, 70200 Ostrava. Komunikace západ - východ silnice Hradec nad/M – Skřipov (silnice II/463) na parcele č. 1648/2 a Skřipov–Hrabství (silnice III/4635) na parcele č. 1661/1 je ve vlastnictví Moravskoslezského kraje a ve správě silnic Moravskoslezského kraje, příspěvková organizace, Úprkova 795/1, Přívoz, 70200 Ostrava. Místní komunikace navazující na státní komunikace jsou ve vlastnictví a správě obce Skřipov [14].



Obr. 10 - Mapa siliční sítě v obci Skřipov [17]

4 PŘÍRODNÍ ČISTÍRNY ODPADNÍCH VOD

Přírodní čistírna je soubor funkčních stavebních objektů navržených tak, aby účinně přečistily odpadní vody pomocí fyzikálních, chemických a biologických, přírodě blízkých, procesů. Základním principem čištění přírodní čistírnou je průtok odpadní vody substrátem, neboli filtrem, který je osázen mokřadní vegetací. Substrátem můžeme rozumět zejména filtrační materiál správné frakce. Přírodní čistírna je vhodná zejména při přerušovaném provozu zdroje odpadních vod, při kolísání koncentrace a množství odpadních vod a při přítoku zředěných odpadních vod, např. z jednotné kanalizace. [5]

Jako celek se přírodní čistírny skládají podle druhu přiváděné vody a napojené kanalizace převážně z částí:

Mechanické předčištění:

- Jemné a hrubé česle,
- Lapák písku,
- Usazovací nádrž.

Hlavní stupeň čištění:

- Vertikální nebo horizontální filtr,
- Soustava filtrů.

Dočištění:

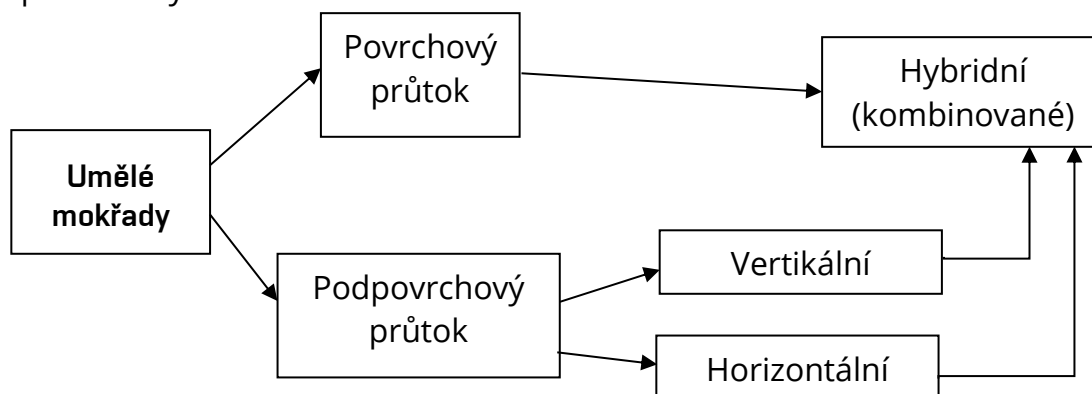
- Stabilizační nádrž.

Nedílnou součástí přírodních čistíren odpadních vod je soustava šachet (betonových nebo plastových) plnicích specifické funkce, dále propojovací potrubí, měrné objekty apod. [5]

4.1 TYPY PŘÍRODNÍCH ČISTÍREN ODPADNÍCH VOD

Přírodní čistírny tu jsou s námi již desítky let, a jejich princip se vskutku za mnoho let nezměnil. Přírodní čistírnu odpadních vod můžeme nazývat taktéž jako umělé mokřady – tento pojem se objevuje zejména ve starší literatuře.

Tyto umělé mokřady se rozdělují především dle režimu a typem proudění odpadní vody.



V posledních letech se však ukazuje, že budoucnost je v systémech, které jsou založeny převážně na funkcionalitě s podpovrchovým průtokem odpadní splaškové vody, a to zejména na vertikálních filtrech. Vertikální filtry navržené do takzvaného paralelního systému jsou ve světě čím dál tím více populární. V České republice se v posledních letech navrhuje systémy přírodních čistíren, které jsou založeny na funkčnosti především vertikálních filtrů – nazýváme je Rakouské a Francouzské systémy. Jak z názvu vyplívá, jsou pojmenovány podle států, které tyto systémy začaly aplikovat jako první a mají s nimi mnohaleté zkušenosti [7].

4.2 PČOV S PODPOVRCHOVÝM PRŮTOKEM

Z hlediska průtoku vody můžeme mokřady s podpovrchovým průtokem, často také označovány jako kořenové čistírny či přírodní čistírny, rozdělit na horizontální a vertikální. Rozdělení z hlediska průtoku je odvozeno od směru průtoku odpadní vody jednotlivými filtračními poli čistírny, které tvoří hlavní čistící stupeň. Samotná konstrukce horizontálních a vertikálních filtrů se liší již zmiňovaným směrem průtoku odpadní vody přes médium filtračního pole a s tím spojeným odlišným zapojením potrubních rozvodů, ale také skladbou filtračního materiálu. Důležitý rozdíl mezi těmito filtry představuje hodnota požadované

plochy filtru na 1 EO, která vyznívá výrazně lépe pro vertikální filtry. Další rozdíly lze nalézt v průběhu jednotlivých chemických a biologických reakcí, které jsou závislé na množství dostupného kyslíku, přičemž toto množství je u každého typu filtru rozdílné. [6]

4.3 VERTIKÁLNÍ FILTRY

V této práci se však zaměříme na systémy, které obsahují především vertikální filtrační pole. Vertikální filtry (vertikální kořenová pole nebo také vertikální filtrační pole) jsou v České republice poměrně novou technologií, která se především v rámci výzkumných projektů testuje přibližně 10 let [7].

Samotná projekce a realizace kořenových čistíren s vertikálními filtry je otázkou posledních 7 let. Prosadit realizaci nového typu kořenových čistíren s vertikálními filtry naráží v praxi na skutečnost, že orgány dotčené stavebním řízením nemají často ponětí o rozdílu mezi jednotlivými typy filtrů, a tak kategoricky zamítají výstavbu nové kořenové čistírny, aniž by byli otevřeny diskusi. Přitom výsledky z Rakouska, ale i z tuzemských čistíren s vertikálními filtry ukazují, že se jedná o spolehlivé funkční systémy [7].

Vertikální filtry, filtrační vegetační pole, jsou především uměle vybudovanými stavebními jámami, které jsou od podloží odděleny nepropustnou vrstvou izolace. Objem těchto umělých jam je následně vyplněn filtračním materiálem, který má definované hydraulické vlastnosti. V praxi se využívá především praný štěrk či písek různých frakcí velikostí. Filtrační materiál je zásadní především pro chemické, fyzikální a biologické procesy, které ve filtru probíhají [7]. Podrobný popis těchto filtrů naleznete níže v téhle diplomové práci.

4.4 ZDROJE ODPADNÍCH VOD

Hlavním producentem splaškových vod je obyvatelstvo. Množství městských splašků je během dne rozděleno v pravidelných vlnách a výrazně se mění jen v závislosti na deštovém odtoku. Ředění městských splašků je pro čištění odpadních vod nežádoucí, protože čistírenské procesy probíhají mnohem intenzivněji u koncentrovaných splašků. Jakost bezdeštných splašků je během dne vyrovnaná a městské splašky je možno poměrně úspěšně čistit [8].

Dalšími zdroji odpadních vod jsou převážně vody z průmyslu, zemědělství a zdravotnictví. U těchto zdrojů odpadních vod se spíše zaměřujeme na odstranění nutrientů a dalších složek znečištění převážně v místě znečištění.

Městské odpadní vody se dále rozdělují na dílčí odpadní vody. Hnědá odpadní voda je voda, která obsahuje fekálie a moč a veškeré odpadní vody ze sprch a kuchyní. Šedá odpadní voda je voda, která neobsahuje fekálie ani moč. Její zdroj je převážně z koupelen, praček kuchyní a myček. V poslední době se ve veřejném prostoru objevuje pojem žluté odpadní vody. Tato odpadní voda souvisí, jak nám název napovídá, s močí.

5 FRANCOUZSKÝ SYSTÉM PČOV

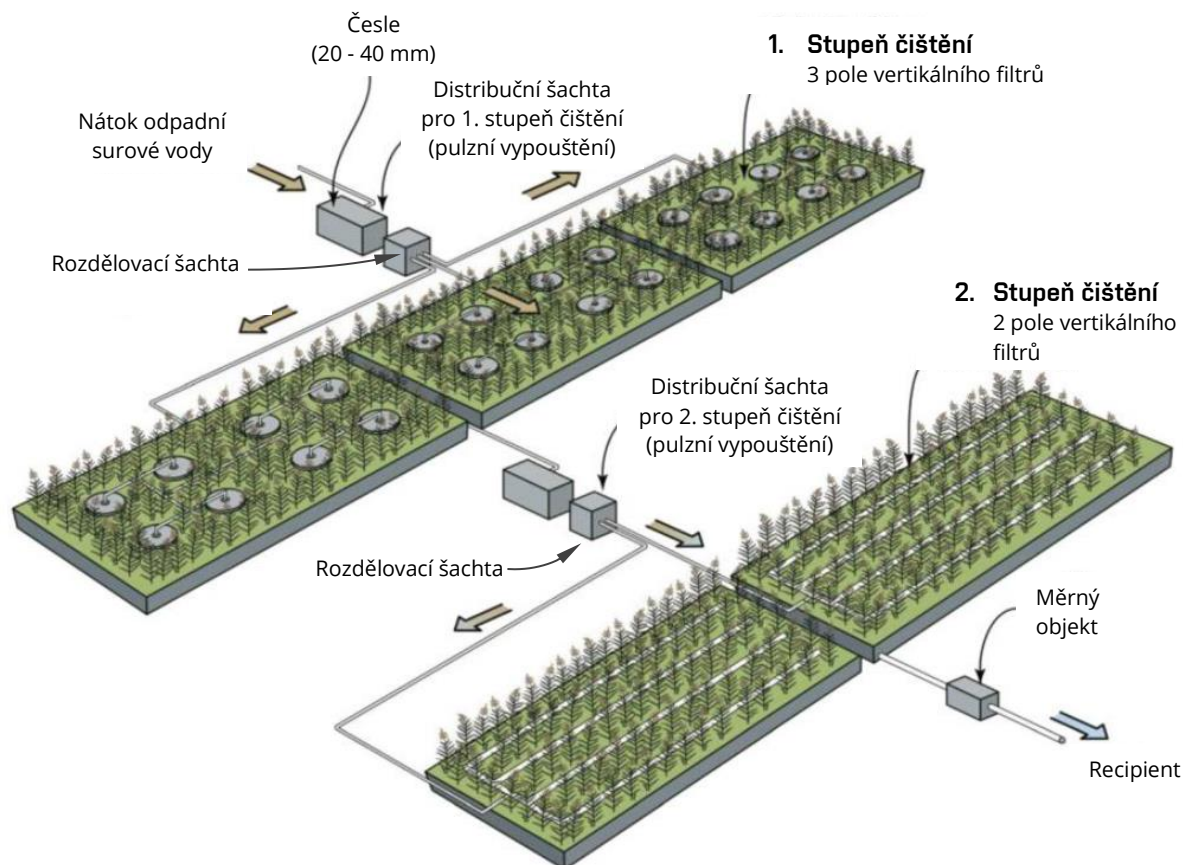
Ve Francii zavedli a úspěšně provozují vertikální filtry pro čištění surových odpadních vod. Francouzský dvoustupňový systém PČOV se skládá ze 2. stupňů čištění. Oba stupně jsou vertikálními filtračními jednotkami, které jsou rozděleny na dílčí, střídavě zatěžované filtrační pole. Francouzský systém postrádá kalové hospodářství tak jak ho známe u jiných typů a systému přírodních čistíren. První stupeň, jak již bylo zmíněno, se skládá z vertikálního filtru a má za úkol především odstranit organické látky a probíhá v něm proces nitrifikace. Zároveň slouží jako kalové pole, kdy se počítá s nárůstem 2-3 cm kalové vrstvy za rok. Druhý stupeň je také vertikální filtr a dochází v něm k odstranění zbytkového organického zatížení při procesu nitrifikace. [4].

Základním rozdílem FS oproti ostatním systémům KČOV je především absence víceobjektního mechanického přečištění surové odpadní vody. U FS se jako mechanické předčištění používají střední a jemné česle o velikosti 20 až 40 mm. Jako další možné mechanické předčištění můžeme považovat první stupeň čištění. [4].

Aby tento systém měl navrhované účinnosti je nutné dodržovat především distribuci odpaní vody na jednotlivé stupně čištění. První stupeň čištění se skládá ze tří paralelních vertikálních filtračních polí, které jsou střídavě zatěžovány. Druhý stupeň se skládá ze dvou paralelních vertikálních filtračních polí, které jsou taktéž střídavě zatěžovány. [4].

Dalšími objekty tohoto systému jsou distribuční a rozdělovací šachty. Distribuční šachta slouží především k akumulacím účelům a následně pulzním vypouštění odpadní vody, tak aby filtry byly rovnoměrně zatěžovány navrženým objemem odpadní vody a rozdělovací šachty slouží k usměrnění toku odpadní vody z distribuční šachty na jednotlivá filtrační pole. [4].

Jednou z hlavních výhod tohoto systému je jednoduchost a především nenáročnost na obsluhu a ekonomické zdroje. Pokud je návrh správně posouzen a podmínky pro umístění PČOV optimální (sklon svahu), čistírna může být zcela bez nutnosti použití elektrické energie. [4].



Obr. 11 - Schéma Francouzského systému PČOV [3]

Dalším důležitým aspektem je osetí filtračního pole vegetací. Především tak rákosem, který pomocí stonků a jejich přirozeného kmitání do kalové vrstvy v 1. stupni tvoří mále průduchy pro udržení infiltračních vlastností vertikálního filtru čímž pomáhá udržovat pasivní provzdušňování filtru. [4].

5.1 HYDRAULICKÉ ZATÍŽENÍ FS-VF A DISTRIBUCE ODPADNÍ VODY

Jak již bylo v úvodu zmíněno, filtrační vertikální pole jsou střídavě zatěžována odpadní surovou vodou. Toto střídavé zatížení je zásadní pro správnou funkci francouzského systému PČOV. Střídavé distribuování odpadní vody na jednotlivé filtrační pole pomáhá kontrolovat růst navázané biomasy na povrchu filtračního média, pomáhá udržovat aerobní podmínky v samotném filtračním loži a napomáhá mineralizaci organických látek, které se hromadí na povrchu filtrů prvního stupně [3].

Jedno filtrační pole prvního stupně systému je tak namáháno odpadní vodou po dobu 3,5 dne (84 hodin) a týden následně toto pole „odpočívá“.

Odpočinkem můžeme rozumět především mineralizování a hygienizaci kalové vrstvy především u prvního stupně systému [4].

Distribuce odpadní vody na 1. stupeň Francouzského systému

dávkovací cyklus - 10,5 dne

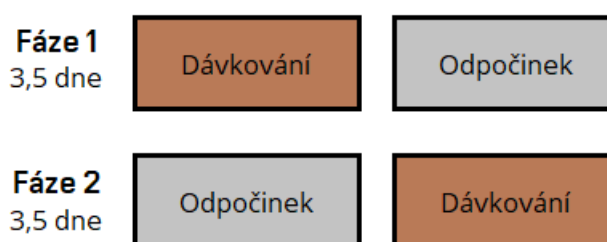


Obr. 12 - Distribuce odpadní vody na 1. stupeň

Jedno filtrační pole druhého stupně systému je podobně namáháno již přefiltrovanou odpadní vodou po dobu 3,5 dne (84 hodin) a následně stejným časovým intervalem toto pole odpočívá [4].

Distribuce odpadní vody na 2. stupeň Francouzského systému

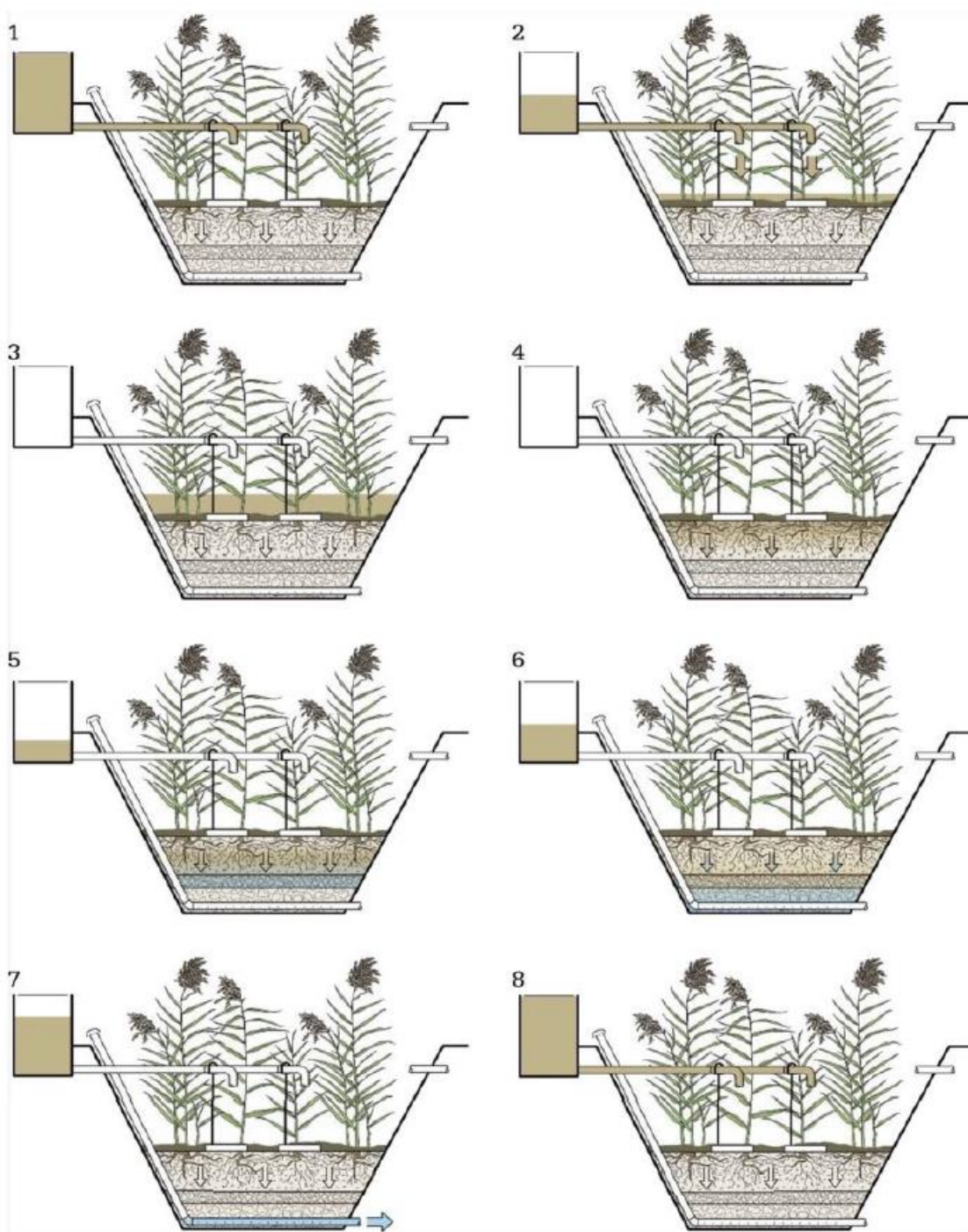
dávkovací cyklus - 7 dní



Obr. 13 - Distribuce odpadní vody na 2. stupeň

Tento způsob distribuování odpadní vody vyžaduje, aby provozovatel PČOV dvakrát týdně navštívil čistírnu, upravil distribuci odpadní vody v rozdělovací šachtě a zajistil správné fungování systému [4].

Následující obrázek ukazuje, jak správně by se měla odpadní voda distribuovat do jednoho pole v 1. stupni za provozu PČOV [4].



Obr. 14 - Distribuce odpadní vody na 1. stupeň čištění

5.1.1 Distribuční potrubí

Distribuce vody je u jednotlivých návrhů rozdílná. V prvním stupni čištění se používají větší dimenze potrubí vícero materiálů. U druhého stupně pak menší dimenze potrubí [4].

U prvního stupně čištění je distribuční potrubí o průměru 160 – 200 mm, většinou z nerezové oceli nebo PVC. Není tak četné a je vždy umístěno nad povrchem filtračního lože do výšky vyšší, než je výška předpokládané maximální klové vrstvy [4].

U druhého stupně čištění je distribuční potrubí o průměru 60 mm zpravidla z polypropylenu. Jejich četnost je vyšší a hlavním rozdílem je, že se potrubí pokládá přímo na filtrační lože [4].



Obr. 15 - Distribuční potrubí: 1. stupeň (2) [18]



Obr. 16 - Distribuční potrubí: 1. stupeň (2) [18]



Obr. 17 - Distribuční potrubí: 2. stupeň

5.2 NÁVRH FRANCOUZSÉHO SYSTÉMU A JEHO ÚČINNOSTI

Návrh francouzského systému je založen na maximálním znečišťujícím a hydraulickém zatížení, které je vyjádřeno na jeden metr čtvereční filtru v provozu za den (tab. 1) [4].

V mírném podnebí s oddílnou kanalizací vede tento návrh k požadavku na plochu 0,4 m²/EO pro jedno filtrační pole. Z toho vyplývá 1,2 m²/EO pro první stupeň (se třemi filtry) a 0,8 m²/EO pro druhý stupeň (se dvěma filtry) [4].

Tab. 1 - Maximální návrhové zatížení pro návrh FS [4].

Fáze	Hydraulické zatížení HLR m ³ /m ² · den	Biochemická spotřeba kyslíku BSK₅ g/m ² · den	Chemická spotřeba kyslíku CHSK g/m ² · den	Dusík Kjeldahlův N_{Kj} g/m ² · den	Nerozpuštěné látky NL g/m ² · den
První stupeň	0,37	150	350	30	150
Odstranění		0,90 · M _i	0,80 · M _i	1,1128 · M _i ^{0,8126}	0,90 · M _i
Druhý stupeň	0,37	20	70	15	30
Odstranění		0,80 · M _i	0,75 · M _i	1,194 · M _i ^{0,8622}	0,80 · M _i

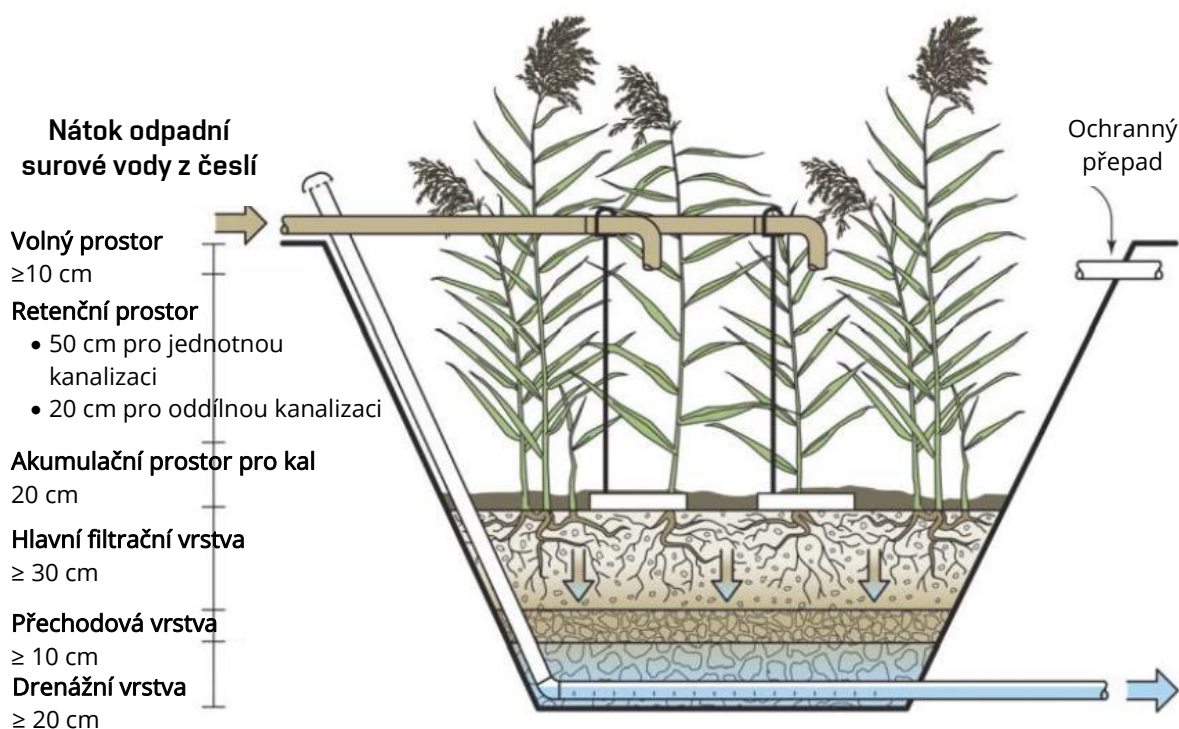
Uvedené hodnoty zatížení platí pro jeden filtr v provozu. Při porovnávání míry zatížení použité v jiných systémech čištění je třeba tyto hodnoty vydělit třemi v prvním stupni a dvěma ve druhém stupni, aby se zohlednila celá oblast čištění. Filtry prvního stupně jsou účinné při odstraňování organických látek a nerozpuštěných látek. Druhý stupeň filtrů je účinný pro snížení ukazatelů CHSK, BSK₅ a nerozpuštěných látek [4].

5.3 SPECIFIKACE VERTIKÁLNÍCH FILTRŮ

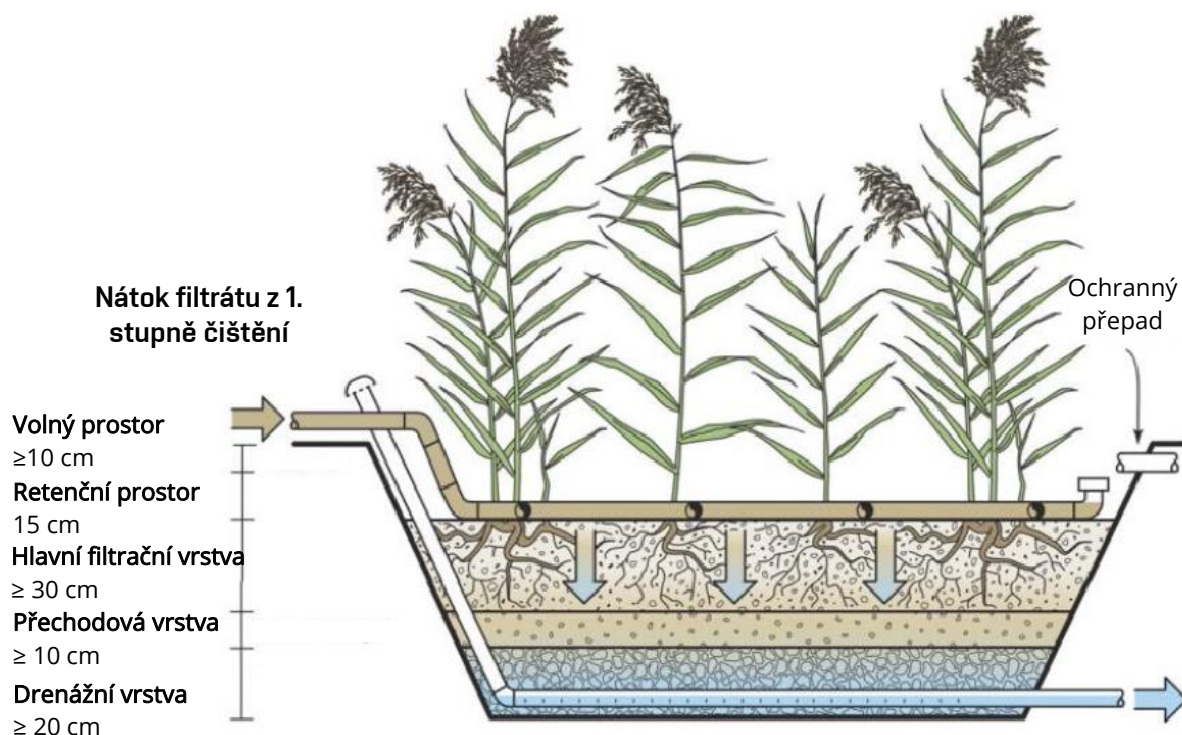
Vertikální filtry jsou koncipovány podle jednotlivých stupňů čištění francouzského systému. Vertikální filtr prvního stupně je tak dispozičně jiný než filtr druhého stupně [4].

Pro zajištění aerobních podmínek ve filtru prvního stupně je hlavní vrstva tvořena štěrkem frakce 2-6 mm. Menší zrnitost by vedla k ucpávání a hrubší zrnitost by bránila tvorbě vrstvy organických usazenin. Pod hlavní filtrační vrstvou se nachází takzvaná přechodová vrstva (štěrk o velikosti 5 - 15 mm), která zabraňuje vyplavování jemnějších částic do drenážní vrstvy (a tím snižuje efektivní pórovitost drenážní vrstvy). Vyčištěná voda se shromažďuje v drenážních trubkách v drenážní vrstvě, kterou tvoří hrubý štěrk na dně filtru. Filtry jsou od okolního terénu izolovány kombinací hydroizolace a geotextilií [4].

Písek je hlavním filtračním materiálem pro filtrační pole druhého stupně, který je definován jako kompromis mezi dobrým odbouratelným účinkem a zároveň neucpáváním pórů filtračního lože. Lze použít i praný drcený písek, ale bylo zjištěno, že vede k nižšímu výkonu čištění [4].



Obr. 18 – Uložení filtračního lože v prvním stupni čištění [4]



Obr. 19 - Uložení filtračního lože v druhém stupni čištění [4]

Tab. 2 – Specifikace filtračních vrstev pro návrh FS PČOV [4]

Filtrační vrstvy	1. stupeň čištění		2. stupeň čištění	
	Hloubka	Materiál	Hloubka	Materiál
Volný prostor	> 30 cm	-	> 20 cm	-
Hlavní vrstva	30 až 80 cm	2 - 6 mm štěrk	30 až 80 cm	$0,25 < d_{10} < 0,4$ mm $d_{60} / d_{10} < 5$ písek
Přechodová vrstva	10 až 20 cm	5 - 15 mm štěrk	10 až 20 cm	3 - 12 mm štěrk
Drenážní vrstva	20 až 30 cm	20 - 60 mm štěrk	20 až 30 cm	20 - 60 mm štěrk

Hloubka hlavní vrstvy ovlivňuje účinnost čištění čistírny. Odstranění uhlíku a amoniaku ve FS probíhá v nejsvrchnějších 10 - 40 cm nenasyceného filtru. Pokud je třeba splnit přísné koncentrace odpadních vod, lze hloubku hlavní vrstvy zvýšit (> 60 cm pro odstraňování CHSK a > 80 cm, pokud je požadována plná nitrifikace).

5.4 PROVOZ A ÚDRŽBA

Pro ideální funkcionalitu francouzského systému přírodní čistírny odpadních vod je zásadní rákos, který se v obou stupních čištění vysadí na filtrační vertikální pole. Zejména je důležitý u prvního stupně čištění, kde zajišťuje především infiltrační kapacitu a pasivně provzdušňuje vertikální filtr [4].

Během prvních roků provozu je velmi důležité dbát pouze na růst rákosu. Je nutné filtrační vertikální pole odplevelovat. Odplevelování je především manuální a zručná práce, která se neprovádí jednoduše. K odplevelení se může použít také metoda zatopení filtračního vertikálního pole po dobu 1 až 2 týdnů, to se však může provádět při prvním vegetačním období rákosu. Při zaplavování pro účel odstranění plevelu je ideální postup zatopit oba stupně čištění čistírny zároveň, aby se nebránilo procesu nitrifikace [4].

Během uvádění do provozu může být nutné odstraňovat problémy. Mezi hlavní problémy, které se vyskytují během uvádění do provozu, patří:

V případě kdy po zprovoznění čistírny je z jakýchkoli důvodů nedostatečné hydraulické zatížení na filtrační vertikální pole, tak bude docházet u rákosu k takzvanému vodnímu stresu, kdy rákos po celé ploše nebude zásobován dávkami odpadní vody. Tento problém nemá však vliv na účinnosti odstranění nutrientů celkového systému [4].

V opačném případě při zatěžování filtračních polí jmenovitým projektovaným zatížením po zprovoznění čistírny může docházet k nadměrnému zanášení těchto polí, zejména tak u prvního stupně čištění a to usazenými organickými látkami. K tomuto jevu dochází tehdy, kdy rákos není plně vegetačně rozvinut a plně nepomáhá pro infiltraci odpadní vody do samotného filtru. Usazená organická hmota, kal, tak rychle na povrchu filtru vysychá aniž by docházelo z jeho mineralizaci. Tento problém se vyřeší růstem rákosu [4].

Dalším problémem, který v průběhu provozu musíme řešit, je při nedostatečně vyvinuté vrstvě kalu na prvním stupni čištění. Zejména při provozu prvních dní čistírny se může objevit přívalový déšť, který rychle pronikne prvním stupněm čištění a na druhém může tvořit louže, které mohou indikovat lokální ucpání filtračního vertikálního pole. Tento problém bude vyřešen, když se na prvním

stupni objeví souvislá vrstva kalu. V případě nevyvinuté vrstvy kalu ji můžeme na první stupeň doplnit kalem z jinací čistírny popřípadě kompostem [4].

Co se týče údržby samotné přírodní čistírny, tak by měla být obsluhou kontrolována 2x týdně. Obsluha kontroluje správnou funkci systému a provádí dílčí, ale pro chod čistírny velmi důležité úkoly. Mezi hlavní úkoly obsluhy jsou čištění mechanického odstraňování hrubých nečistot, tedy česlí. Další úlohou obsluhy je kontrola dávkovacího (distribuční úloha) systému. Ta se provádí v distribučních a rozdělovacích objektech. Musí být zaručeno střídavé dávkování odpadní vody na jednotlivé filtrační vertikální pole dle teorie, která je popsána výše. Každých 84 hodin je nutné na obou stupních čištění změnit distribuci odpadní vody na další filtrační vertikální pole, aby se udržel dobrý obsah kyslíku ve používaném filtru. V případě nedodržování základní teorie střídavé distribuce odpadní vody lze počítat se snížením celkové účinnosti čistírny v odstranění nutrientů. Při delších intervalech distribuce a rozdělování vody trpí především mikrobiální vrstva, která nebude mít dostatečný přísun živin. Další úkony údržby lze provádět méně často, například kontrolu plevele (jednou za měsíc) nebo kontrolu výšky organických nánosů a sklizeň rákosu (jednou ročně) [4].

5.5 KALOVÉ HOSPODÁŘSTVÍ

Jak již bylo zmíněno výše v diplomové práci. Kalové hospodářství je přímou součástí filtračního systému. Vrstva kalu se tvoří přímo na povrchu prvního stupně čištění, tedy na prvních třech vertikálních filtrech. V literatuře se objevuje roční teoretický nárůst kalové vrstvy o hodnotě 2 – 3 cm. Je nutné každý rok kontrolovat především tloušťku kalové vrstvy, protože má vliv na propustnost odpadní vody filtračním vertikálním filtrem. Kalová vrstva se dle teoretického logického výpočtu z povrchu filtru musí odstraňovat jednou za 10 – 15 let, při nárůstu 2 cm za rok. Kalová vrstva má zásadní vliv na funkčnost systému, a tedy její odstranění po dosažení 20 cm vrstvy je žádoucí. Při vyšší kalové vrstvě se začínají tvořit na povrchu kaluže, které brání cirkulaci kyslíku do filtračního lože. Po dobu 10 let kalová vrstva dostatečně mineralizuje a obsah sušiny se odhaduje vyšší než 25 % a obsah organických látek je přibližně 40 %. Takový kal se může použít pro kompostování či výrobu hnojiv. Francouzský systém lze uvést do provozu ihned po dokončení odstraňování kalu [4].

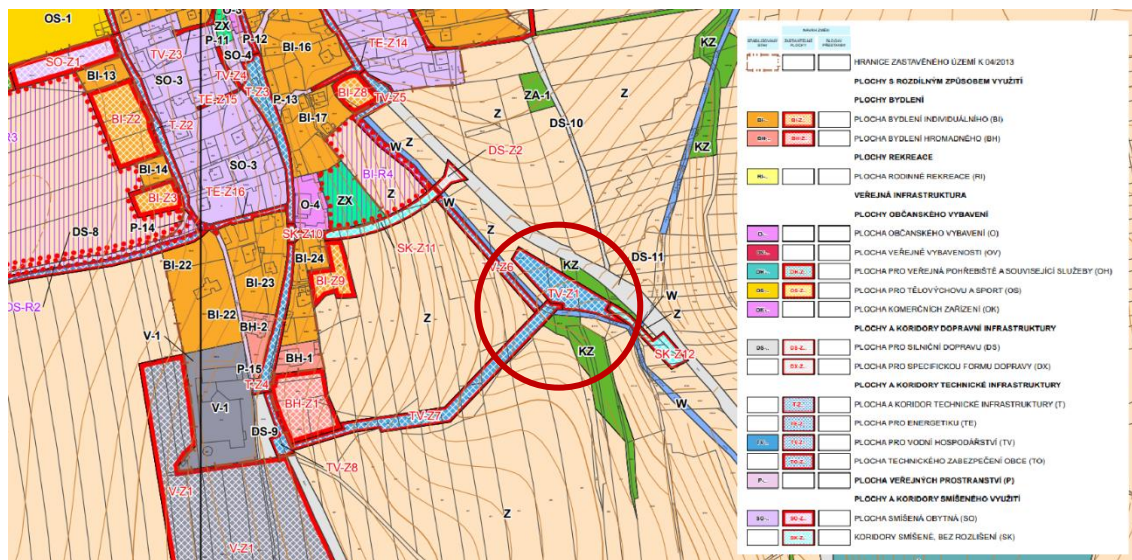


*Obr. 20 - Odstraňování kalové vrstvy z prvního stupně čištění FS
v Roussillonu ve Francii po 13 letech provozu [4]*

6 PŘÍRODNÍ ČISTÍRNA ODPADNÍCH VOD SKŘIPOV

6.1 UMÍSTĚNÍ PŘÍRODNÍ ČISTÍRNY ODPADNÍCH VOD

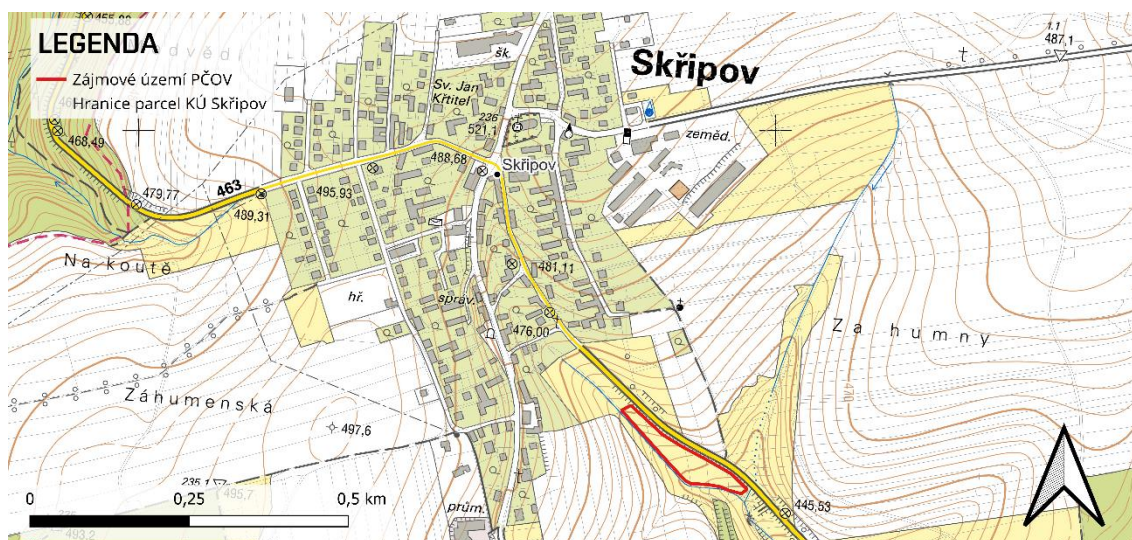
Umístění navrhované PČOV je jihovýchodně od zástavby obce na pozemcích určených územním plánem – ploše TV-Z1 vymezené územním plánem.



Obr. 21 - Územní plán obce Skřipov [15]

6.1.1 Zájmové území

Zájmové území projektované PČOV se nachází jihovýchodně od zástavby obce. Z jedné strany je ohraničeno bezejmenným potokem, který převážně tvoří odpadní voda z obce a z druhé strany silnicí 463 II. třídy.



Obr. 22 - Mapa ukazující zájmového území PČOV

6.1.2 Stávající stav zájmového území

Parcely určené pro stavbu PČOV se využívají převážně pro seč travin, které se využívají jako krmení domácího dobytku. Svažitý terén je ideální pro návrh extenzivního přírodního způsobu čištění odpadních vod, protože odpadní voda může v poměrně dobrém sklonu proudit samospádem.



Obr. 23 - Pohled ze svahu na ZÚ



Obr. 24 - Parcely ZÚ



Obr. 25 - Pohled na ZÚ ze silnice II. třídy



Obr. 26 - Pohled na ZÚ

6.2 VSTUPNÍ PODKLADY PRO NÁVRH PČOV

Pro návrh technologie u přírodní čistírny odpadních vod je nutné znát množství odpadních vod a nároky na jejich vyčištění. Množství odpadních vod, která na čistírnu potečou, je možné vypočítat dle normy ČSN 75 6402, nebo pokud dochází v obci k měření průtoků, je možné vzít tyto hodnoty z naměřených hodnot. Pro obec Skřipov, bylo potřeba tyto hodnoty vypočítat.

6.2.1 Vstupní parametry pro výpočet množství odpadních vod

Níže uvádím postup výpočtu množství odpadní vody. Dovolte mi pár faktických poznámek. Vzhledem k tomu, že v obci není rozhodnuto, jaká bude úprava stávající kanalizace, jsem do výpočtu zahrnul poměrně vysoký objem balastních vod a to 50 % z denního přítoku odpadních vod od obyvatelstva. Toto procento výrazně ovlivnilo výpočet a především velikost navrhovaných filtračních polí.

Součástí diplomové práce není návrh a úprava kanalizace tudíž se nenavrhuje odlehčovací komora. Čistírna je navržen pro jednotnou kanalizaci, proto se ve výpočtu objevují ukazatele návrhového deště. Po konzultaci s vedoucím diplomové práce byl zvolen ředící poměr 1:10, dle praxe. Ten nám určil velikost dešťových vod přítékající na čistírnu za návrhového 15 minutového deště.

Návrh velikosti přírodní čistírny, tedy velikosti jednotlivých stupňů čištění tedy závisí na hodnotě průměrného denního přítoku $Q_{24} = 166 \text{ m}^3/\text{den}$.

Tab. 3 - Vstupní parametry pro výpočet množství odpadních vod

Počet obyvatel specifická potřeba Balastní vody	PO = q_{spec} = bal. =	800 120 50	obyvatel l/den %
Denní přítok odpadních vod	$Q_{24,m}$ =	96,0	m^3/den
Denní přítok průmyslových vod	$Q_{24,p}$ =	0,0	m^3/den
Denní přítok balastních vod	Q_B =	48,0	m^3/den
Přítok z návrhového deště	$Q_{\text{dešť}}$ =	22,0	m^3/den
Průměrný bezdeštný denní přítok + Bal.	Q_{24} =	166,0	m^3/den

Součinitel denní nerovnoměrnosti	$k_{d,m} =$	1,5	-
Součinitel denní nerovnoměrnosti - prům.	$k_{d,p} =$	0,0	-
Maximální denní bezdeštný přítok	$Q_d =$	192,0	m ³ /den

Součinitel max. hod. nerovnoměrnosti	$k_h =$	2,2	-
Součinitel hod. nerovnoměrnosti - prům.	$k_{h,p} =$	0,0	-
Maximální hodinový přítok	$Q_h =$	15,2	m ³ /hod

Výpočet dešťových vod			
		192,0	m ³ /den
Maximální denní bezdeštný přítok	$Q_d =$	8,0	m ³ /hod
		2,222	l/s
Odlehčovací komora			
ředící poměr OK	1	:	10
Maximální přítok smíšené vody při dešti	$Q_{MAX,d} =$	24,444	l/s
délka návrhového deště	$t_{dešt} =$	15	minut
Přítok smíšené vody při návrhovém 15 minutovém dešti	$Q_{dešt} =$	22 000	l
		22,00	m ³ /den

Denní přítok odpadních vod	$Q_{24,m} =$	96,0	m ³ /den
----------------------------	--------------	------	---------------------

$$Q_{24,m} = PO \cdot q_{spec}$$

PO ... počet obyvatel - navrhovaný

q_{spec} ... specifická potřeba odpadní vody na jednoho obyvatele [l/den]

Denní přítok balastních vod	$Q_B =$	48,0	m ³ /den
-----------------------------	---------	------	---------------------

$$Q_B = Q_{24,m} \cdot bal$$

$Q_{24,m}$... Denní přítok odpadních vod [m³/den]

bal ... předpokládané procento balastních vod [%]

Maximální denní bezdeštný přítok	$Q_d =$	192,0	m^3/den
----------------------------------	---------	-------	------------------

$$Q_d = (Q_{24,m} \cdot k_{d,m}) + (Q_{24,p} \cdot k_{d,p}) + Q_B$$

$Q_{24,m}$... Denní přítok odpadních vod [m^3/den]

$K_{d,p}$... Součinitel denní nerovnoměrnosti [-]

$Q_{24,p}$... Denní přítok odpadních vod z průmyslu [m^3/den]

$K_{d,m}$... Součinitel denní nerovnoměrnosti v průmyslu [-]

Q_B ... Denní přítok balastních vod [m^3/den]

Maximální přítok smíšené vody při dešti	$Q_{MAX,d} =$	24,444	l/s
---	---------------	--------	-------

$$Q_{MAX,d} = Q_d \cdot (m + 1)$$

Q_d ... Maximální denní bezdeštný přítok [l/s]

m ... ředící poměr odlehčovací komory

Přítok smíšené vody při návrhovém 15 minutovém dešti	$Q_{dešt} =$	22 000 22,0	l m^3/den
---	--------------	----------------	-------------------------

$$Q_{dešt} = Q_{MAX,d} \cdot t$$

$Q_{MAX,d}$... Maximální přítok smíšené vody při dešti [l/s]

t ... doba 15 minutového deště [s]

Průměrný denní přítok + Bal.	$Q_{24} =$	166,0	m^3/den
------------------------------	------------	-------	------------------

$$Q_{dešt} = Q_{24,m} + Q_{24,p} + Q_B + Q_{dešt}$$

$Q_{24,m}$... Denní přítok odpadních vod [m^3/den]

$Q_{24,p}$... Denní přítok odpadních vod z průmyslu [m^3/den]

Q_B ... Denní přítok balastních vod [m^3/den]

$Q_{dešt}$... Přítok smíšené vody při návrhovém dešti [m^3/den]

6.3 MECHANICKÉ PŘEDČIŠTĚNÍ – RUČNĚ STÍRANÉ ČESLE

Hlavním objektem mechanického předčištění u francouzského systému vertikálních filtrů jsou ručně stírané česle. Tento prvek je jediné mechanické předčištění v celém schématu francouzských filtrů. Zabraňuje ucpávání filtračních polí, potrubí a dalších technologických prvků hrubými nečistotami.

K ručně stíraným česlím je přivedeno kanalizační potrubí DN 300, kterým přitéká maximální hodinový průtok $Q_{h,max} = 15,2 \text{ m}^3/\text{hod}$ a za deště maximální denní průtok $Q_d = 192 \text{ m}^3/\text{den}$. Ručně stírané česle jsou navrženy v plastovém boxu. Plastový box bude složen z PP desek o tloušťce 12 mm. Do plastového boxu budou osazeny česlice šířky 8 mm pod úhlem 60° . Mezi jednotlivými česlicemi bude 30 mm. Vnitřní šířka česlí je 500 mm a výška česlí je 700 mm. Délka česlí je 1 200 mm. Za česlicemi je připevněn česlicový koš o délce 360 mm a výšce 100 mm. Z česlí je dále voda odváděna potrubím DN300 do distribuční šachty/nádrže.

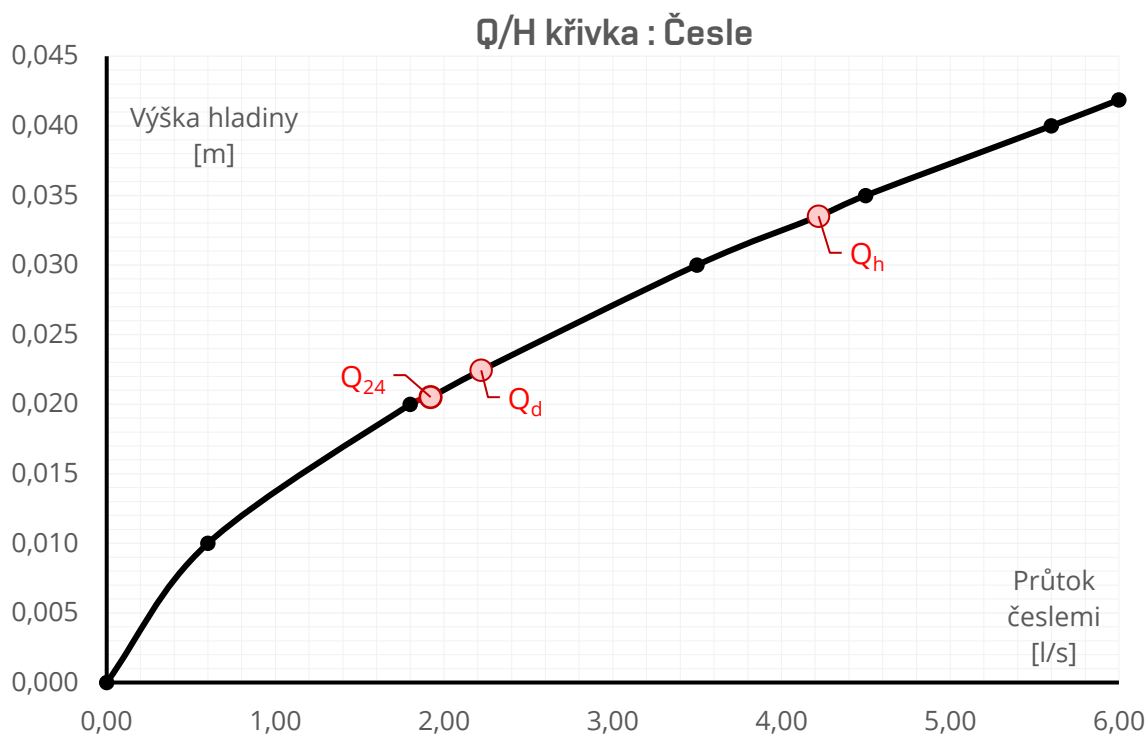
Pro výpočet celkového množství shrabků bylo využito předpokladu, že na 1 EO připadne $0,2 \text{ m}^3$ odpadu zachyceného na česlích. Dá se tedy očekávat, že průměrně se za rok česlemi odstraní 140 m^3 shrabků.

Tab. 4 - Tabulka návrhových parametrů česlí

Šířka česlí	$b =$	0,50 m
Délka česlí	$L =$	2,0 m
Sklon česlí	$i =$	0,001 -
Drsnost česlí	$n =$	0,012 - (pro plast)
Sklon česlic	$\alpha =$	60 stupňů 1,05 rad
Šířka česlic	$b_1 =$	8,0 mm
Světlost mezi česlicemi	$b_2 =$	30 mm
Součinitel tvaru česlí dle tvaru	$\beta =$	2,42 -
Maximální hodinový přítok	$Q_h =$	15,2 m^3/hod 4,22 l/s
Maximální denní přítok	$Q_d =$	192 m^3/den 2,22 l/s
Průměrný denní přítok	$Q_{24} =$	166 m^3/den 1,92 l/s

Tab. 5 - Výpočet a návrh shrabkových česlí, graf Q/H křivky

Označení průtoku	průtočná výška	Průtočná plocha	Omočený obvod	Hydraulický poloměr	Rychlostní součinitel dle Manninga	Rychlost	Průtok		Hydraulická ztráta na česlích dle KIRSCHNERA
	[m] h	[m ²] S					[m ³ /s] Q	[l/s]	
-	0,000	0,000	0,500	0,0000	0,00	0,00	0,0000	0,00	0,000
-	0,010	0,005	0,520	0,0096	38,43	0,12	0,0006	0,60	0,000
-	0,020	0,010	0,540	0,0185	42,86	0,18	0,0018	1,80	0,001
Q₂₄	0,021	0,010	0,541	0,0190	43,03	0,19	0,0019	1,92	0,001
Q_d	0,022	0,011	0,545	0,0206	43,63	0,20	0,0022	2,22	0,001
-	0,030	0,015	0,560	0,0268	45,58	0,24	0,0035	3,50	0,001
Q_h	0,034	0,017	0,567	0,0295	46,34	0,25	0,0042	4,22	0,001
-	0,035	0,018	0,570	0,0307	46,63	0,26	0,0045	4,50	0,001
-	0,040	0,020	0,580	0,0345	47,54	0,28	0,0056	5,60	0,001
-	0,042	0,021	0,584	0,0359	47,86	0,29	0,006	6,00	0,002



Výpočet v česlích probíhá stejným postupem jako výpočet průtoku v obdélníkovém korytě dle pana Manninga.

Průtočná plocha S [m²]

$$S = h \cdot b$$

h ... průtočná výška [m]

b ... Průtočná šířka [m]

Omočený obvod O [m]

$$O = b + (2 \cdot h)$$

h ... průtočná výška [m]

b ... Průtočná šířka [m]

Hydraulický poloměr R [m]

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

S ... průtočná plocha [m²]

O ... Průtočná šířka [m]

Rychlostní součinitel dle Manninga C [m^{0,5}/s]

$$C = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{1}{6}}$$

n ... průtočná plocha [-]

R ... hydraulický poloměr [m]

Rychlost proudění V [m/s]

$$v = C \cdot \sqrt{R \cdot i}$$

C ... rychlostní součinitel dle Manninga

R ... hydraulický poloměr [m]

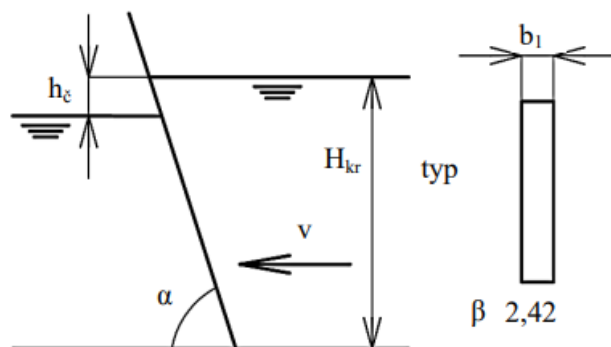
i ... sklon dna česlí [-]

Průtok Q [m³/s]

$$Q = S \cdot v$$

S ... průtočná plocha [m²]

v ... rychlost proudění [m/s]



Obr. 27 - Tvarové součinitele česlic

Hydraulická ztráta na česlích dle KIRSCHNERA [m]

$$h_{\zeta} = \beta \cdot \left(\frac{b_1}{b_2}\right)^{\frac{4}{3}} \cdot \frac{v^2}{2g} \cdot \sin(\alpha)$$

α ... Sklon česlic v radiánech [RAD]

β ... Součinitel tvaru česlí dle tvaru [-]

b_1 ... Šířka česlic [mm]

b_2 ... světlost mezi česlicemi

v ... rychlost proudění [m/s]

g ... gravitační zrychlení [m/s²]



Obr. 28 - Ručně stírané česle, školní exkurze (obec Hlína)

6.4 DEFINICE KONCENTRACE A LÁTKOVÉHO ZATÍŽENÍ NA PŘÍTOKU

Pro návrh PČOV francouzského systému je zásadní znát látkové ztížení od obyvatelstva a průmyslu. V obci Skřipov není žádný zásadní subjekt, který má specifické vlastnosti ohledně zatěžování kanalizační sítě. Výpočet tedy vychází z látkového zatížení od ekvivalentních obyvatel.

Počet ekvivalentních obyvatel činí 800. Specifická spotřeba byla stanovena na 120 l/osoba/den odpadní vody.

Tab. 6 - Orientační hodnoty produkce specifického znečištění na 1 ekvivalentního obyvatele (populační ekvivalent) v g/d [9]

Orientační hodnoty produkce specifického znečištění na 1 ekvivalentního obyvatele (populační ekvivalent) v g/d			
Biochemická spotřeba kyslíku	BSK ₅ =	60	
Chemická spotřeba kyslíku	CHSK =	120	
Dusík Kjeldahlův	N _{Kj} =	11	g/den/EO
Nerozpuštěné látky	NL =	55	
Celkový fosfor	P _{celk.} =	2,5	

6.4.1 Hmotnostní látkové denní a koncentrační zatížení na vtoku

Hmotnostní látkové denní zatížení se stanoví jednoduchým výpočtem. Orientační hodnoty produkce specifického znečištění se vynásobí počtem obyvatel. Pro naši navrhovanou čistírnu pro ukazatel BSK₅ bude činit 48 000 g/den. Koncentrační zatížení se vypočítá vydělením hodnoty hmotnostního zatížení a průměrného denního přítoku na PČOV, tedy $Q_{24} = 166,0 \text{ m}^3/\text{den}$.

Pro všechny ukazatele specifického znečištění hodnoty hmotnostního látkového zatížení a koncentračního zatížení jsou:

Tab. 7 - Hmotnostní látkové a koncentrační zatížení natékající na PČOV

	BSK ₅	CHSK	N _{celk.}	NL	P _{celk.}
Průměrná denní zátěž na EO (g/den)	60	120	11	55	2,5
Zatížení přítoku (g/den)	48 000	96 000	8 800	44 000	2 000
Přítoková koncentrace (mg/l)	289,16	578,31	53,01	265,06	12,05

6.5 POSTUP NÁVRHU VELIKOSTI FILTRAČNÍCH VERTIKÁLNÍCH POLÍ

Velikost filtračních vertikálních polí závisí na maximálních návrhových hodnotách zatížení na jeden metr čtvereční filtračního pole, které jsou uvedené v literatuře [4].

Tab. 8 - Maximální zatížení jednotlivých ukazatelů znečištění na jeden metr čtvereční filtru

Povrchové látkové zatížení		g/m ² den	
Povrchové hydraulické zatížení		m ³ /m ² den	
1. stupeň		2. stupeň	
Povrchové hydraulické zatížení	HLR = 0,37	0,37	m ³ /m ² den
Biochemická spotřeba kyslíku	BSK ₅ = 150	20	g/m ² den
Chemická spotřeba kyslíku	CHSK = 350	70	g/m ² den
Dusík Kjeldahlův	N _{Kj} = 30	15	g/m ² den
Nerozpuštěné látky	NL = 150	30	g/m ² den
Celkový fosfor	P _{celk.} = -	-	g/m ² den

Díky těmto hodnotám jsme schopni vypočítat velikosti střední plochy filtru pro jednotlivé ukazatele znečištění.

Výpočet střední plochy filtru u ukazatele povrchového hydraulického zatížení provedeme vydělením hodnoty průměrného denního přítoku do PČOV $Q_{24} = 166,0 \text{ m}^3/\text{den}$ a maximálního možného zatížení na jeden metr čtvereční filtru, tedy $0,37 \text{ m}^3/\text{m}^2$ za den. Výsledná střední plocha filtru potřebná pro povrchové hydraulické zatížení činí $448,65 \text{ m}^2$.

$$\text{Potřebná plocha hydraulického zatížení} = \frac{166,0}{0,37} = 448,65 \text{ m}^2$$

Výpočet střední plochy filtru u ukazatele povrchového látkového zatížení provedeme vydělením hodnoty hmotnostního látkového denního zatížení na vtok pro jednotlivá ukazatele zatížení a maximálního možného zatížení na jeden metr čtvereční filtru pro jednotlivá ukazatele zatížení.

$$\text{Potřebná plocha k odstranění BSK}_5 = \frac{48\,000}{150} = 320 \text{ m}^2$$

Tab. 9 - Výpočet potřebné plochy filtru

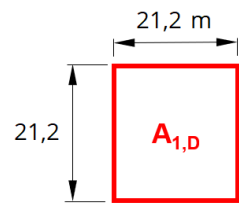
Stupně	Látkové a hydraulické zatížení	Hmotnostní látkové denní zatížení na vtoku g/den	Maximální hmotnostní látkové a hydraulické zatížení	Potřebná plocha k odstranění jednotlivých ukazatelů m ²
			m ³ /m ² den g/m ² den	
1. stupeň	Povrchové hydraulické zatížení HLR =	-	0,37	448,65
	Biochemická spotřeba kyslíku BSK ₅ =	48 000	150	320,00
	Chemická spotřeba kyslíku CHSK =	96 000	350	274,29
	Dusík Kjeldahlův N _{Kj} =	8 800	30	293,33
	Nerozpuštěné látky NL =	44 000	150	293,33
	Celkový fosfor P _{celk.} =	2 000	-	-

Největší plocha je následně potřebná střední hodnota filtračního pole pro jednotlivé stupně. V případě 1. stupně čištění je navržena velikost celého stupně 3 krát větší, protože první stupeň disponuje třemi filtračními poli.

Z výsledné střední plochy počínáme velikosti filtračního pole. Z pravidla filtrační pole chceme obdélníkového či čtvercového tvaru. Pro výpočet čtvercového tvaru stačí maximální střední plochu filtru odmocnit. Tímto postupem dostaneme délku hrany střední plochy filtru.

$$\text{Hrana střední plochy filtru} = \sqrt{448,65} = 21,18 \text{ m}$$

Tab. 10 - Výpočet hrany střední plochy filtru

		1. stupeň			
Maximální plocha	A _{max} =	448,65	m ²		
Potřebná hrana filtru	a _{need} =	21,18	m		
Návrh hrany filtru	a ₁ =	21,20	m		
Plocha navrh. filtru	A _{1,D} =	449,40	m ²		
Počet polí 1. stupně	n ₁ =	3	pole		
Celková plocha 1. st.	A _{1,D, celk.} =	1348,2	m ²		
plocha na jednoho obyvatele		1,69	m ²		> 1,2 m ² /EO - Vyhovuje
pro jeden ze 3 filtrů =		0,56	m ²		> 0,4 m ² /EO - Vyhovuje

Z tabulky 11 vyplývá, že se zokrouhlí výsledná hrana na celé centimetry a spočítá návrhová střední plocha filtru $A_{1,D} = 449,40 \text{ m}^2$. Pro dostatečné čistící účinky a splnění účinnosti francouzského systému dle literatury a především dle praxe je vyžadováno alespoň $0,4 \text{ m}^2$ na jednoho obyvatele. Při pohledu do tabulky toto kritérium navrhovaný filtr o velikosti hrany $21,2 \text{ m}$ splňuje.

Pro pokračování ve výpočtu je nutné vypočítat reálné hmotnostní látkové a hydraulické zatížení. Vzhledem k tomu, že u prvního stupně se navrhuje podle HLR, je nutné reálné zatížení pro jednotlivé ukazatele látkového ztížení na jeden metr čtvereční na navrženou plochu přepočítat. To se provádí následujícím způsobem.

$$\text{Reálné zatížení filtru } BSK_5 = 150 \cdot \frac{320}{448,65} = 106,99 \text{ g / m}^2 \text{ den}$$

Kde 320 m^2 je potřebná plocha k odstranění BSK_5 , $448,65 \text{ m}^2$ je plocha navržená plocha a $150 \text{ g/m}^2 \text{ den}$ je maximální hmotnostní látkové zatížení na jeden metr čtvereční filtru. Obdobně se tento postup opakuje u ostatního látkového zatížení.

Tab. 11 – Výpočet reálného hmotnostního a látkového zatížení na filtr

Stupně	Látkové a hydraulické zatížení	Maximální hmotnostní látkové a hydraulické zatížení	Reálné hmotnostní látkové a hydraulické zatížení
		$\text{m}^3/\text{m}^2 \text{ den}$ $\text{g}/\text{m}^2 \text{ den}$	$\text{m}^3/\text{m}^2 \text{ den}$ $\text{g}/\text{m}^2 \text{ den}$
1. stupeň	HLR =	0,37	0,37
	BSK ₅ =	150	106,99
	CHSK =	350	213,98
	N _{Kj} =	30	19,61
	NL =	150	98,07
	P _{celk.} =	-	-

Dalším postupem je určení odstraněného látkového zatížení vertikálním filtrem. Dle literatury se uvádí tyto účinnosti jednotlivých stupňů francouzského systému.

Tab. 12 - Účinnosti jednotlivých stupňů FS-VF [4]

Účinnosti jednotlivých stupňů francouzského vertikálního systému ČOV			
		1. fáze	2. fáze
hydraulické zatížení	HLR =	-	-
Biochemická spotřeba kyslíku	BSK ₅ =	0,9	0,8
Chemická spotřeba kyslíku	CHSK =	0,8	0,75
Dusík Kjeldahlův	N _{Kj} =	1,1128*x ^{0,8126}	1,194*x ^{0,8622}
Nerozpuštěné látky	NL =	0,9	0,8
Celkový fosfor	P _{celk.} =	-	-

Pronásobením jednotlivých účinností a jednotlivých reálných hmotnostních látkového zatížení dostaneme reálné odstraněné hmotnostní látkové zatížení. Postup pro ukazatele BSK₅ je následující:

$$\text{Reálné odstraněné zatížení filtru } BSK_5 = 0,9 \cdot 107 = 96,3 \text{ g / m}^2 \text{ den}$$

Obdobně reálné odstranění vypočítáme pro všechny ukazatele látkového zatížení.

Tab. 13 - Účinnosti jednotlivých stupňů FS-VF [4]

Látkové a hydraulické zatížení	Reálné hmotnostní látkové a hydraulické zatížení	Reálné odstraněné hmotnostní látkové zatížení	Výsledné hmotnostní látkové zatížení na odtoku
	m ³ /m ² den g/m ² den		
HLR =	0,37	-	-
BSK ₅ =	106,99	96,29	10,7
CHSK =	213,98	171,18	42,8
N _{Kj} =	19,61	12,50	7,12
NL =	98,07	88,27	9,81

Výpočet pokračuje přepočtem výsledného hmotnostního a látkového zatížení na odtoku na výsledné hmotnostní látkové denní zatížení na odtoku. Vynásobením výsledného látkového zatížení [$\text{g}/\text{m}^2 \text{ den}$] navrženou střední plochou VF zjistíme hmotnostní látkové denní zatížení na odtoku z prvního stupně.

$$\begin{aligned} & \text{Hmotnostní látkové denní zatížení na odtoku } BSK_5 \\ & = 10,7 \cdot 448,65 = 4\,800 \text{ g / den} \end{aligned}$$

Vydlením výsledné hodnoty z uvedeného výpočtu hodnotou průměrného denního přítoku $Q_{24} = 166,0 \text{ m}^3/\text{den}$ získáme koncentraci na výtoku z jednotlivých supňů.

$$\text{Látková koncentrace } BSK_5 \text{ na odtoku} = \frac{4\,800 \text{ g/den}}{166 \text{ m}^3/\text{den}} = 28,9 \text{ mg/l}$$

Obdobně pak vypočítáme u ostatních ukazatelů látkového zatížení. Viz tabulka 14.

Tab. 14 - Výpočet výsledné koncentrace na odtoku

Látkové a hydraulické zatížení	Hmotnostní látkové denní zatížení na odtoku g/den	Koncentrace na výtoku u mg/l
HLR =	-	-
BSK₅ =	4 800	28,9
CHSK =	19 200	115,7
N_{Kj} =	3 194	19,2
NL =	4 400	26,5
P_{celk.} =	1 400	8,4

Výpočet pro oba stupně čištění je identický.

6.6 PRVNÍ STUPEŇ ČIŠTĚNÍ – VERTIKÁLNÍ FILTR

První stupeň čištění je tvořen třemi vertikálním filtračními poli, které mají jasně dané specifikace. Z kapitoly 6.5 *POSTUP NÁVRHU VELIKOSTI FILTRAČNÍCH VERTIKÁLNÍCH POLÍ* víme, že jedno filtrační pole by mělo být o střední velikosti 449,4 m² a celý první stupeň bude mít střední půdorysnou rozlohu 1 348,2 m².

Výkopová jáma, popřípadě násyp bude mít sklon svahu 1:1. Samotný vertikální filtr se skládá z vícero vrstev, které nám určuje literatura [4]. Jedná se o podsyp pod izolační vrstvu, samotná izolační vrstva, drenážní vrstva, přechodová vrstva, filtrační vrstva.

Geotextílie s hydroizolací se bude pokládat na pískový podsyp. Na pískovém podsypu bude umístěna geotextílie o gramáži 500 g/m². Na geotextílii bude uložena hydroizolace z EPDM materiálu a na hydroizolaci další vrstva geotextílie. Hydroizolace s geotextílií bude vytažena až na horní hranu filtračního pole, kde bude řádně ukotvena. Hydroizolace s geotextílií bude po stěnách výkopu/násypu kryta drceným kamenivem fr. 16-32 mm pro zajištění ochrany proti mechanickému poškození. Další vrstvou je takzvaná drenážní, do které se umístí odvodné drenážní potrubí. Drenážní vrstva je z praného drceného štěrku fr. 16-32 mm, tato vrstva bude 200 mm vysoká. Následující vrstvou je vrstva přechodová, která bude mí výšku 150 mm. Materiál přechodové vrstvy bude praný drcený štěrk fr. 8-16 mm. Hlavní filtrační vrstva se bude pokládat na přechodovou vrstvu. Její velikost bude 500 mm použitý materiál praný písek fr. 2-8 mm.

Nedílnou součástí vertikálního filtru prvního stupně je distribuční potrubí, které bude z nerezové oceli o velikostech DN140 a DN160. Drenážní soustava bude tvořena klasickým perforovaným drenážním žlutým potrubím o velikosti DN100.

Pod jednotlivými odpadovými výustěmi distribučního potrubí se budou nacházet betonové dlaždice o velikosti 1000 x 1000 x 80 mm. Ty zabrání lokální erozi a vymývání filtračního lože.

Vertikální filtr je navržen v nepravidelném tvaru, z důvodu limitního umístění v terénu, to však vliv na účinnost filtru nebude míti žádnou roli. Jednotlivé hráze vertikálních filtru budou zatravněny a vyspádovány 1 % směrem od filtru.

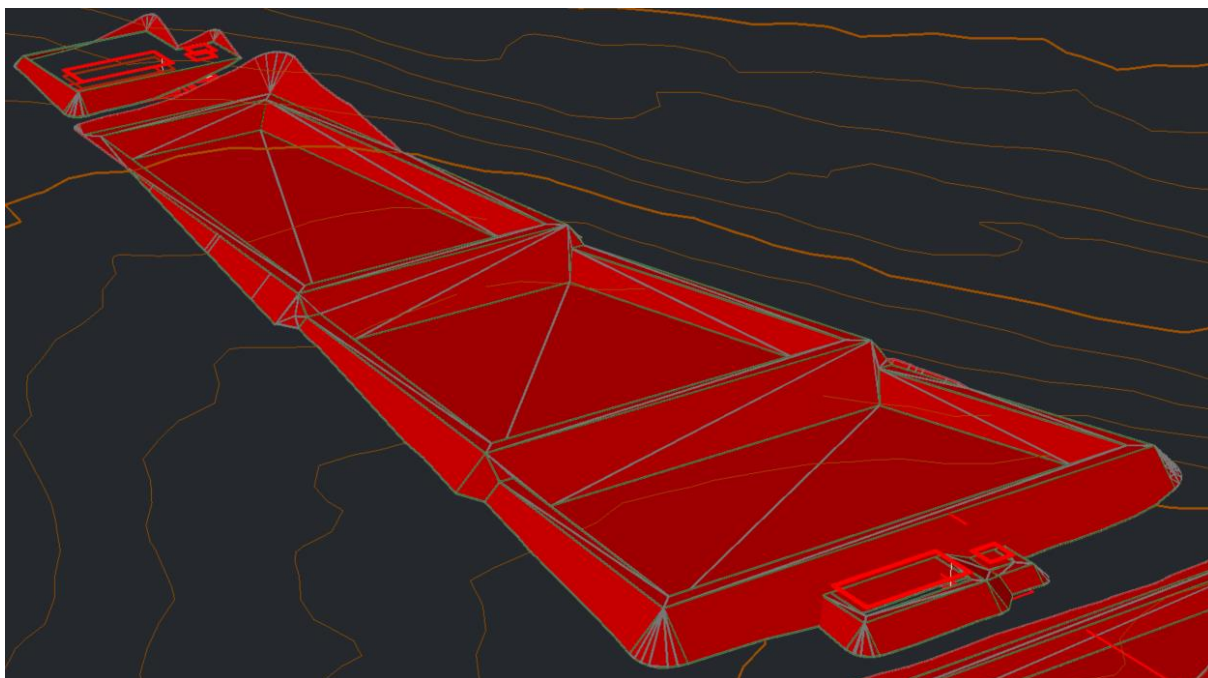
Povrch filtru bude osázen mokřadními rostlinami (kosatce, ostřice, sítiny, kypřeje aj.) O hustotě výsadby 3 ks/m², ideálně v blízkosti distribučního potrubí, resp. Spodního otvoru v potrubí.

Tab. 15 - Rozdělení filtračního pole 1. stupně čištění

Celková výška filtru 1. stupně	
výška volného prostoru	$h_{vol} = 0,80$ cm
výška filtračního lože	$h_{fil} = 0,90$ cm
střední výška filtru 1. stupně	$h_{stř. (1s)} = 0,45$ cm
výška filtrační vany 1. stupně	$h_{1s} = 1,70$ cm

Skladba 1. stupně čištění

Hlavní filtrační vrstva - praný písek fr. 2-8 mm	500 mm
Přechodový filtr - praný drcený štěrka fr. 8-16 mm	150 mm
Drenážní vrstva - praný drcený štěrka fr. 16-32 mm	200 mm
Geotextílií, 500 g/m ²	
Hydroizolace - EPDM	
Geotextílií, 500 g/m ²	
<u>Pískový podsyp</u>	<u>50 mm</u>
Celkem	900 mm



Obr. 29 - Vizualizace návrhu 1. stupně čištění

6.6.1 Návrh prvního stupně čištění

Tab. 16 - Návrh prvního stupně čištění

Návrh 1. stupně čištění						
Látkové a hydraulické zatížení	HLR	BSK ₅	CHSK	N _{Kj}	NL	P _{celk.}
Hmotnostní látkové denní zatížení na vtoku 1. stupně g/den	-	48 000	96 000	8 800	44 000	2 000
Koncentrace jednotlivých ukazatelů na vtoku 1. stupně mg/l	-	289	578	53	265	12
Maximální hmotnostní látkové a hydraulické zatížení m ³ /m ² den g/m ² den	0,37	150	350	30	150	-
Potřebná plocha k odstranění jednotlivých ukazatelů m ²	448,6	320	274,286	293,3	293,3	-
Reálné hmotnostní látkové a hydraulické zatížení m ³ /m ² den g/m ² den	0,37	107,0	214,0	19,6	98,1	-
Reálné odstraněné hmotnostní látkové zatížení g/m ² den	-	96,3	171,2	12,5	88,3	-
Výsledné hmotnostní látkové zatížení g/m ² den	-	10,7	42,8	7,1	9,8	-
Hmotnostní látkové denní zatížení na výtoku 1. stupně g/den	-	4 800	19 200	3 194	4 400	1 400
Koncentrace na výtoku 1. stupně mg/l	-	28,9	115,7	19,2	26,5	8,4
Účinnost 1. stupně PČOV %	-	90	80	63,7	90	30

		1. stupeň		
Maximální plocha	$A_{max} =$	448,65	m ²	
Potřebná hrana filtru	$a_{need} =$	21,18	m	
Návrh hrany filtru	$a_1 =$	21,20	m	
Plocha návrh. filtru	$A_{1,D} =$	449,40	m ²	
Počet polí 1. stupně	$n_1 =$	3	pole	
Celková plocha 1. st.	$A_{1,D, celk} =$	1348,2	m ²	
plocha na jednoho obyvatele		1,69	m ²	> 1,2 m ² /EO - Vyhovuje
pro jeden ze 3 filtrů		0,56	m ²	> 0,4 m ² /EO - Vyhovuje

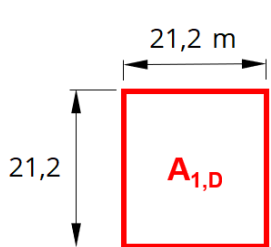


Diagram showing a square filter area $A_{1,D}$ with side length 21,2 m. The square is outlined in red and labeled $A_{1,D}$ in red. Dimension lines indicate the side length is 21,2 m.

6.7 DRUHÝ STUPEŇ ČIŠTĚNÍ – VERTIKÁLNÍ FILTR

Druhý stupeň čištění je tvořen dvěma vertikálními filtračními poli, které mají jasně dané specifikace. Vzhledem k tomu, že návrh velikosti filtračního pole závisel na hydraulickém zatížení čistírny tak oba stupně čištění mají stejně veliké dílčí filtrační pole. Velikost jedno filtračního pole by mělo být o střední velikosti 449,4 m² a celý druhý stupeň bude mít střední půdorysnou rozlohu 898,88 m².

Výkopová jáma, popřípadě násyp bude mít sklon svahu 1:1. Samotný vertikální filtr se skládá z vícero vrstev, které nám určuje literatura [4]. Jedná se o podsyp pod izolační vrstvou, samotná izolační vrstva, drenážní vrstva, přechodová vrstva a filtrační vrstva.

Geotextílie s hydroizolací se bude pokládat na pískový podsyp. Na pískovém podsypu bude umístěna geotextílie o gramáži 500 g/m². Na geotextílii bude uložena hydroizolace z EPDM materiálu a na hydroizolaci další vrstva geotextílie. Hydroizolace s geotextílií bude vytažena až na horní hranu filtračního pole, kde bude řádně ukotvena. Hydroizolace s geotextílií bude po stěnách výkopu/násypu kryta drceným kamenivem fr. 16-32 mm pro zajištění ochrany proti mechanickému poškození. Další vrstvou je takzvaná drenážní, do které se umístí odvodné drenážní potrubí. Drenážní vrstva je z praného drceného štěrku fr. 8-16 mm, tako vrstva bude 200 mm vysoká. Následující vrstvou je vrstva přechodová, která bude mít výšku 150 mm. Materiál přechodové vrstvy bude praný drcený štěrk fr. 4-8 mm. Hlavní filtrační vrstva se bude pokládat na přechodovou vrstvou. Její velikost bude 500 mm použitý materiál praný písek fr. 0-4 mm.

Nedílnou součástí vertikálního filtru druhého stupně je distribuční potrubí, které bude z PP-HT trubek o velikosti DN50 a DN110. Distribuční potrubí bude položeno na vyrovnané vrstvě filtračního štěrku, uložení na pevný podklad prostřednictvím betonové zámkové dlažby (např. 100 x 200 x 40 mm). Drenážní soustava bude tvořena klasickým perforovaným drenážním žlutým potrubím o velikosti DN110.

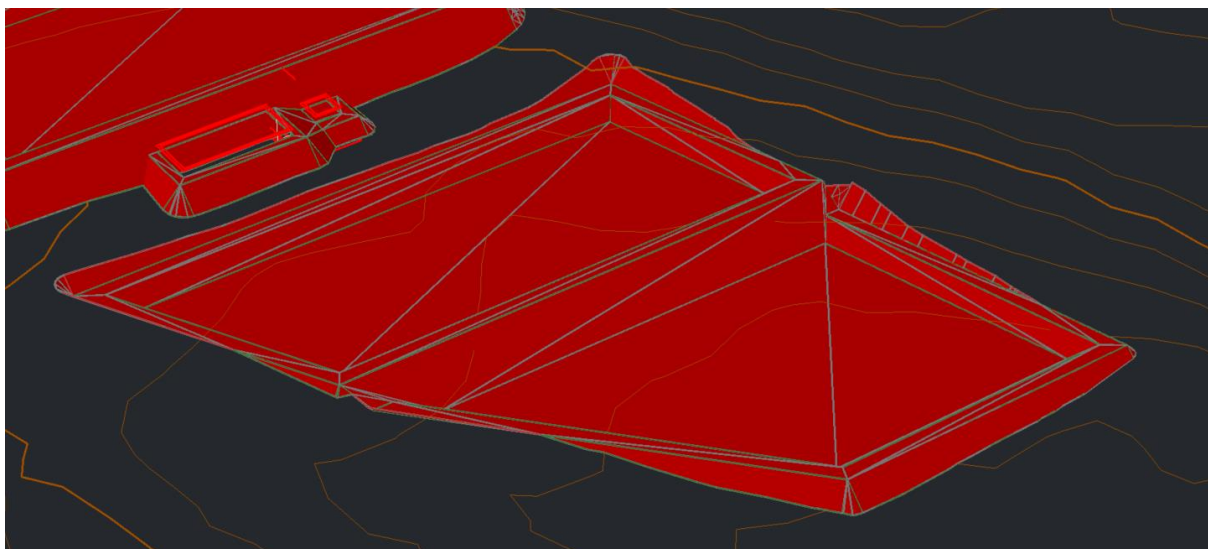
Vertikální filtr je navržen v nepravidelném tvaru, z důvodu limitního umístění v terénu, to však vliv na účinnost filtru nebude mít žádnou roli. Jednotlivé hráze vertikálních filtru budou zatravněny a vyspádovány 1 % směrem od filtru.

Tab. 17 - Rozdělení filtračního pole 2. stupně čištění

Celková výška filtru 2. stupně	
výška volného prostoru	$h_{vol} = 0,25 \text{ cm}$
výška filtračního lože	$h_{fil} = 0,90 \text{ cm}$
střední výška filtru 2. stupně	$h_{stř. (1S)} = 0,45 \text{ cm}$
výška filtrační vany 2. stupně	$h_{1S} = 1,15 \text{ cm}$

Skladba 2. stupně čištění

Hlavní filtrační vrstva - praný písek fr. 0-4 mm	500 mm
Přechodový filtr - praný drcený štěrk fr. 4-8 mm	150 mm
Drenážní vrstva - praný drcený štěrk fr. 8-16 mm	200 mm
Geotextílií, 500 g/m ²	
Hydroizolace - EPDM	
Geotextílií, 500 g/m ²	
<u>Pískový podsyp</u>	<u>50 mm</u>
Celkem	900 mm



Obr. 30 - Vizualizace návrhu 2. stupně čištění

6.7.1 Návrh druhého stupně čištění

Tab. 18 - Návrh druhého stupně čištění

Návrh 2. stupně čištění						
Látkové a hydraulické zatížení	HLR	BSK ₅	CHSK	N _{Kj}	NL	P _{celk.}
Hmotnostní látkové denní zatížení na vtoku 2. stupně g/den	-	4 800	19 200	3 194	4 400	1 400
Koncentrace jednotlivých ukazatelů na vtoku 2. stupně mg/l	-	29	116	19	27	8
Maximální hmotnostní látkové a hydraulické zatížení m ³ /m ² den g/m ² den	0,37	20	70	15	30	-
Potřebná plocha k odstranění jednotlivých ukazatelů m ²	448,6	240	274,2	212,9	146,7	-
Reálné hmotnostní látkové a hydraulické zatížení m ³ /m ² den g/m ² den	0,37	10,7	42,7	7,1	9,8	-
Reálné odstraněné hmotnostní látkové zatížení g/m ² den	-	8,5	32,0	6,5	7,8	-
Výsledné hmotnostní látkové zatížení g/m ² den	-	2,1	10,7	0,6	2,0	-
Hmotnostní látkové denní zatížení na výtoku 2. stupně g/den	-	960	4 800	283	880	980
Koncentrace na výtoku 2. stupně mg/l	-	5,8	28,9	1,7	5,3	5,9
Účinnost 2. stupně PČOV %	-	80	75	91,1	80	30

		2. stupeň			
Maximální plocha	$A_{\max} =$	448,65	m ²		
Potřebná hrana filtru	$a_{\text{need}} =$	21,18	m		
Návrh hrany filtru	$a_2 =$	21,20	m		
Plocha navrh. filtru	$A_{2,D} =$	449,44	m ²		
Počet polí 2. stupně	$n_2 =$	2	pole		
Celková plocha 2. st.	$A_{2,D, \text{celk}} =$	898,88	m ²		
plocha na jednoho obyvatele =		1,12	m ²		> 0,8 m ² /EO - Vyhovuje
pro jeden ze 2 filtrů =		0,56	m ²		> 0,4 m ² /EO - Vyhovuje

6.8 CELKOVÝ PŘEHLED NÁVRHU PČOV A CELKOVÁ ÚČINNOST

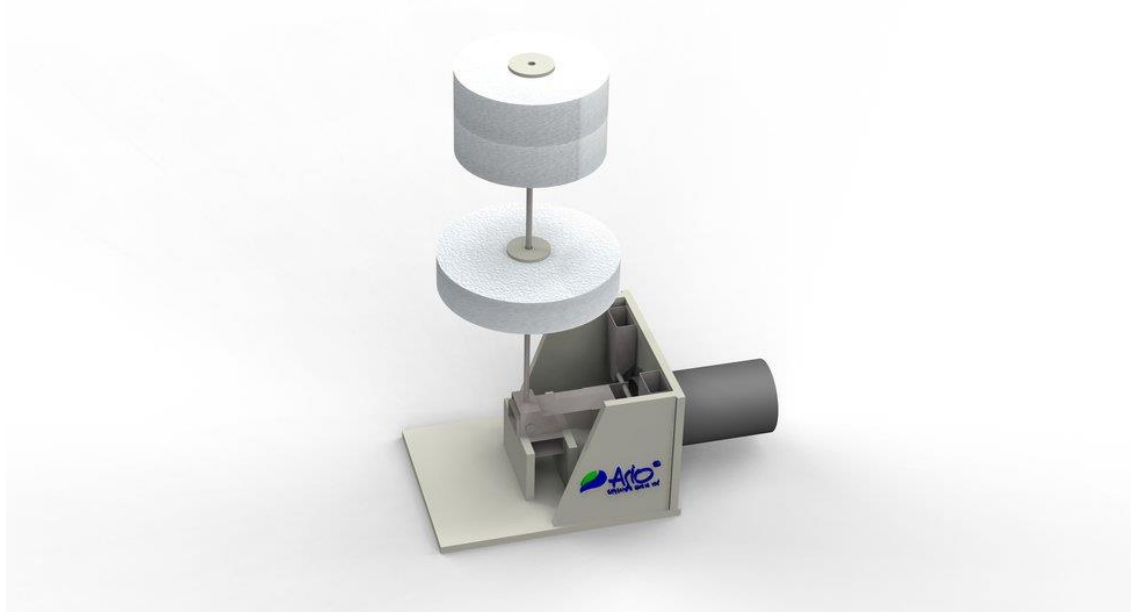
Tab. 19 – Celková přehledná tabulka návrhu PČOV Skřipov a celková účinnost

Stupeň	Látkové a hydraulické zatížení	Hmotnostní látkové denní zatížení na vtok	Koncentrace jednotlivých ukazatelů na vtok do stupně	Maximální hmotnostní látkové a hydraulické zatížení		Potřebná plocha k odstranění jednotlivých ukazatelů	Reálné hmotnostní látkové a hydraulické zatížení		Reálné odstraněné hmotnostní látkové zatížení	Výsledné hmotnostní látkové zatížení	Hmotnostní látkové denní zatížení na odtok	Koncentrace na výtoku u jednotlivých stupňů	Účinnost jednotlivých stupňů	Celková účinnost PČOV
				m ³ /m ² den	g/m ² den		m ³ /m ² den	g/m ² den						
1. stupeň	HLR =	-	-	0,37	0,37	448,65	-	-	-	-	-	-	-	-
	BSK ₅ =	48 000	289,2	150	106,99	320,00	96,29	10,7	4 800	28,9	4 800	28,9	90,0	-
	CHSK =	96 000	578,3	350	213,98	274,29	171,18	42,8	19 200	115,7	19 200	115,7	80,0	-
	N _{kj} =	8 800	53,0	30	19,61	293,33	12,50	7,12	3 194	19,2	3 194	19,2	63,7	-
	NL =	44 000	265,1	150	98,07	293,33	88,27	9,81	4 400	26,5	4 400	26,5	90,0	-
	P _{celk.} =	2 000	12,0	-	-	-	-	-	1 400	8,4	1 400	8,4	30,0	-
2. stupeň	HLR =	-	-	0,37	0,37	448,65	-	-	-	-	-	-	-	-
	BSK ₅ =	4 800	28,9	20	10,68	240,00	8,54	2,1	960	5,8	960	5,8	80,0	98,0
	CHSK =	19 200	115,7	70	42,72	274,29	32,04	10,7	4 800	28,9	4 800	28,9	75,0	95,0
	N _{kj} =	3 194	19,2	15	7,11	212,92	6,48	0,63	283	1,7	283	1,7	91,1	96,8
	NL =	4 400	26,5	30	9,79	146,67	7,83	1,96	880	5,3	880	5,3	80,0	98,0
	P _{celk.} =	1 400	8,4	-	-	-	-	-	980	5,9	980	5,9	30,0	51,0

6.9 DISTRIBUČNÍ NÁDRŽE

Pro správný rozvod odpadní vody do jednotlivých stupňů čištění a jejich vertikálních filtrů budou zapojeny takzvané distribuční nádrže a rozdělovací šachty. Distribuční nádrž si můžeme představit jako obdélníkovou nádrž s dostatečným prostorem pro jednu dávku odpadní vody na filtrační pole doplněnou o automatické vypouštění v případě, kdy je nádrž připravena dávku nadávkovat. Zajišťuje pravidelné dávkování odpadní vody ve stejných objemech.

Pro správnou funkčnost distribuční nádrže je nutné zajistit její vyprazdňování. Tuto popsanou funkci zajišťuje pulzní vypouštěč, který funguje na principu dvou plováků, které jsou nastaveny vždy do výšky hladiny, kterou následně chceme vypustit. Jednou z hlavních výhod pulzního vypouštění je, že funguje bez nutnosti napojení na elektrickou energii [17].



Obr. 31 - Pulzní vypouštěč [17]

6.9.1 Výpočet dávky odpadní vody na 1. a 2. stupeň čištění

Přiváděnou odpadní vodu je potřeba dávkovat na filtrační pole tak, aby čištění probíhalo rovnoměrně a nedocházelo případnému zahlcení filtračního pole. Doporučené množství odpadní vody na jednu dávku by se mělo pohybovat mezi 2 až 5 cm vody [4].

Výpočet jedné dávky na filtrační pole závisí na velikosti filtračního pole, respektive na střední ploše vertikálního filtru a na vrstvě dávkované odpadní vody na tuto plochu.

Vrstvu dávky volíme od 2 až po 5 cm. V našem případě jsme pro návrh dávek zvolili vrstvu odpadní vody v jedné dávce 3 cm. Střední plocha vertikálních filtrů pro oba stupně čištění činí necelých 450 m². Díky zvolené tloušťce vrstvy odpadní vody v jedné dávce můžeme vypočítat objem dávky vynásobíme síly vrstvy dávky a střední plochy vertikálního filtru. Objem jedné dávky na filtrační pole dle výpočtu činí 13,48 m³. S touto hodnotou dále navrhujeme distribuční šachtu.

Víme, že průměrně natéká na čistírnu 166 kubíku odpadní vody. Pro výpočet celkového počtu dávek denně stačí tuto hodnotu vydělit požadovaným objemem jedné dávky. Tímto postupem řešení jsme získali celkový počet dávek na jedno filtrační pole za den, tedy 12. Veškeré výpočty jsou uvedeny v tabulce číslo 6.

V případě vyššího zatížení stokové sítě a tím zvětšeného

množství přiváděných odpadních vod, bude zvýšen počet dávek přivedených na filtr, nikoliv objem jedné dávky, ten v každém případě zůstává stejný.

Tab. 20 - Určení denních dávek na 1. a 2. stupeň čištění

Určení denních dávek na 1. a 2. stupeň čištění	
vrstva dávky odpadní vody na filtr: 2 - 5 cm	
navržená plocha prvního i druhého stupně $A_{1,2,D} =$	449,4 m ²
navržená tloušťka odpadní vody =	3,0 cm
objem dávky na navržený filtr =	13,482 m ³
průměrný denní přítok $Q_{24} =$	166,00 m ³ /den
počet dávek za den na 1. a 2. stupeň čištění =	12 dávek
v případě přítoku odpadní vody během dávky =	0,500 m ³ /m ² /hod
Dávka hydraulického zatížení =	224,7 m ³ /hod
Dávka hydraulického zatížení - NÁVRH =	180,0 m ³ /hod
Reálné hydraulické zatížení (rezerva) =	0,401 m ³ /m ² /hod
Dávka hydraulického zatížení - NÁVRH =	180,000 m³/hod
	3,000 m ³ /min
reálný objem dávky na navržený filtr =	13,833 m ³
trvání každého impulsu u obou stupňů $t_1 =$	0:04:37 minuty

6.9.2 Návrh distribuční nádrže

Pro návrh distribuční nádrže je nutné znát objem jedné dávky na filtrační pole. Z předchozí kapitoly již tento objem máme vypočítán, činí 13,48 m³.

Distribuční nádrž, kterou navrhujeme je závislá především na rozmezí úrovní hladin plováků pulzního vypouštěče. V ideálním případě je manipulační prostor pulzního vypouštěče 0,6 metru. Zároveň v případě, kdyby byla nádrž podzemní, by bylo ideální, aby byla průchozí, tedy o výšce kolem 2 metrů. V našem případě, z důvodu terénního umístění nádrže, navrhujeme otevřenou nádrž, která bude uzavřena kompozitními rošty (poklopy). Budou navrženy dvě identické distribuční nádrže – pro první i druhý stupeň čištění stejné. Obě jsou umístěny částečně ve výkopu a částečně v nasypu. Z tohoto důvodu se nemusíme obávat vyplavení nádrží vlivem vztlakových sil od hladiny podzemní vody.

Distribuční nádrže jsou navrženy z železobetonu C30/37. Tloušťka stěn a dna nádrže je 250 mm. Nádrže budou osazeny do připraveného výkopu na podkladovou betonovou desku (C16/20), která bude půdorysně větší ze všech stran o 250 mm než půdorys samotné distribuční šachty. Betonová podkladní deska bude založena na upraveném výkopu na dně s urovnanou štěrkodrtí frakce 8/16 mm.

Celková velikost distribuční nádrže bude činit 7,5 m na délku, 3 m na šířku a 2 m na výšku. Dno nádrže je vyspádováno směrem k pulznímu vypouštěči o sklonu 2 %. Spádovací klín z betonu C16/20 má začínající tloušťku 5 cm.

Upravený terén je o půl 0,5 m níže, než je samotná hrana distribuční nádrže. Toto navýšení nad upravený terén zamezí tekoucím povrchovým vodám proniknutí do samotného objektu. Pro případné úpravy na dně nádrže jsou navrženy stupadla, kterými se obsluha bude dostávat na dno nádrže.

6.10 ROZDĚLOVACÍ ŠACHTY

Rozdělovací šachta má jednu z nejdůležitějších funkcí pro správný chod francouzského systému PČOV a to rozdělování dávek na jednotlivá filtrační pole. Z pravidla si ji můžeme představit jako menší šachtu s přívodním potrubím buď se třemi, popřípadě se dvěma odtokovými potrubími. Počet odtokových potrubí z rozdělovací nádrže je rozlišný u prvního i druhého stupně čištění.

Rozdělovací šachta před prvním stupněm je rozdělena na 2 pracovní prostory. Jeden můžeme nazývat jako kalový prostor, který nám zachytí hrubé nečistoty, které se mohou přes mechanické předčištění dostat až do samotné šachty a druhým prostorem je prostor se třemi odtokovými otvory. Ob prostory jsou odděleny nornou přepážkou, která tvoří přepadovou hranu.

Jelikož se při prvním stupni čištění používá vždy jedna filtrační jednotka, tak dvě ze tří odtokových potrubí musí být utěsněno tak aby nedocházelo vniknutí odpadní vody na zbylá dvě filtrační pole. Utěsnění otvorů se provádí pomocí norného potrubí, které se do jednotlivých otvorů zastrčí – nepropustnost vody nám zajistí těsnění v kontaktu potrubí, viz obr. 28.

Rozdělovací šachta před druhým stupněm již nemusí být rozdělena do dvou prostorů, protože zde již nehrozí vniknutí hrubých nečistot. Princip rozdělování vody je však úplně stejný jako u rozdělovací šachty před prvním stupněm čištění.



Obr. 32 - Rozdělovací nádrž pro první stupeň čištění [13]

6.11 MĚRNÝ OBJEKT

Měrný objekt bude sloužit k měření vypouštěných objemů přečištěné (přefiltrované) městské odpadní vody z PČOV. Z toho vyplývá, že bude umístěn za druhým stupněm čištění v dostatečné vzdálenosti. Skládá se ze vstupního poklopu, který je 900 mm, plastové šachty, která má v průměru 1 000 mm a z kalibrovaného Parshallova žlabu, který se nachází na dně šachty měrného objektu. Celý objekt bude z PP plastu o tloušťce 12 mm. Vstupní poklop bude z plastu a bude pochozí, nosnost do 250 kg. V případě hlubšího umístění dna šachty budou na plášť přivařeny stupadla, které budou zajišťovat pohodlnou přístupnost k měrnému žlabu, tak jak je vyobrazeno na obrázku číslo 30.

Před samotným měrným objektem se bude nacházet přímé potrubí alespoň 5 metrů dlouhé, které bude tvořit jakousi uklidňovací zónu pro proudící vyčištěnou odpadní vodu z filtračního pole.

Vzhledem k tomu, že v projektu není počítáno s el. přípojkou a vyžadujeme počítačový monitoring objemu vypouštěné odpadní přečištěné vody bude u měrného objektu umístěno solární napájení řídicí jednotky s GSM modulem. ŘJ zajistí měření výšky hladiny přes čidlo ve žlabu a GSM modul posílání naměřené hodnoty na ovládací centrum čistírny.



Obr. 33 – Parshallův žlab, měrný objekt, školní exkurze (obec Hlína)



*Obr. 34 - Ukázka zapojení MaR pro ŘJ s GSM modulem
k měrnému objektu, školní exkurze (obec Hlína)*

6.12 VÝUSTNÍ OBJEKT

Výustní objekt, jak již ze samotného názvu vyplívá, vyústuje v tomto případě do bezejmenného potoka, který je převážně tvořen splaškovými vodami z obce. Bude osazen nejnižže pro zachování mírného spádu z měrného objektu. Odpadní potrubí bude na svém konci obetonováno a obloženo lomovým kamenem. Na konci kanalizačního potrubí bude následně umístěna zpětná, takzvaná žabí klapka, která zamezí vniknutí především hlodavců a jiných živých tvorů do odtokového odpadního potrubí, viz obrázek číslo 32.



Obr. 35 – Výustní objekt, školní exkurze (obec Hlína)

6.13 NÁROKY NA VYČIŠTĚNÍ ODPADNÍ VODY

Zákon o vodách č. 254/2001 Sb. nařizuje, že ten, kdo vypouští odpadní vody do vod povrchových nebo podzemních, je povinen zajišťovat jejich zneškodňování v souladu s podmínkami stanovenými v povolení k jejich vypouštění. Při stanovování těchto podmínek je vodoprávní úřad povinen přihlížet k nejlepším dostupným technologiím v oblasti zneškodňování odpadních vod, kterými se rozumí nejúčinnější a nejpokročilejší stupeň vývoje použité technologie zneškodňování nebo čištění odpadních vod.

U vyčištěné vody se budou sledovat ukazatele, dané nařízením vlády č. NV 401/2015, BSK₅, CHSK_{Cr} a NL a N-NH₄⁺. I když nařízení vlády pro obce do 500 EO nenařizuje sledování N_{celk.} a P_{celk.}, bude snahou při návrhu nové přírodní čistírny tyto ukazatele odstraňovat.

Tab. 21 - Emisní standardy dle NV 401/2015 Sb.: přípustné hodnoty (p) a maximální hodnoty (m) koncentrace ukazatelů znečištění vypouštěných odpadních vod v mg/l

Kategorie ČOV	CHSK _{Cr}		BSK ₅		NL		N-NH ₄ ⁺	
	p	m	p	m	p	m	p	m
500 - 2000	125	180	30	60	40	70	20	40

Pro obec Skřipov je navržena PČOV – francouzský systém, která zajistí nízké provozní náklady a minimální náročnost na obsluhu, a zajistí co možná nejvyšší možné kvality vyčištěné odpadní vody. Odtokové koncentrace ukazatelů znečištění vypouštěných odpadních vod pro obec jsou uvedené v tabulce., vycházejí z návrhu čistírny z kapitoly 6.6 CELKOVÁ ÚČINNOST NAVRŽENÉ PČOV. Účinnosti jsou převzaty z literatury odkazující se z kapitoly 5.2 NÁVRH FRANCOUZSÉHO SYSTÉMU A JEHO ÚČINNOSTI, konkrétně z tabulky 1.

Tab. 22 – Tabulka účinností jednotlivých stupňů čištění

Stupně	Látkové a hydraulické zatížení		Koncentrace jednotlivých ukazatelů na vstupu do stupně	Koncentrace na výstupu u jednotlivých stupňů	Účinnost jednotlivých stupňů ČOV	Celková účinnost KČOV
			mg/l	mg/l	%	%
1. stupeň čištění	hydraulické zatížení	HLR =	-	-	-	-
	Biochemická spotřeba kyslíku	BSK ₅ =	289,2	28,9	90,0	-
	Chemická spotřeba kyslíku	CHSK =	578,3	115,7	80,0	-
	Dusík Kjeldahlův	N _{Kj} =	53,0	19,2	63,7	-
	Nerozpuštěné látky	NL =	265,1	26,5	90,0	-
	Celkový fosfor	P _{celk.} =	12,0	8,4	30,0	-
2. stupeň čištění	hydraulické zatížení	HLR =	-	-	-	-
	Biochemická spotřeba kyslíku	BSK ₅ =	28,9	5,8	80,0	98,0
	Chemická spotřeba kyslíku	CHSK =	115,7	28,9	75,0	95,0
	Dusík Kjeldahlův	N _{Kj} =	19,2	1,7	91,1	96,8
	Nerozpuštěné látky	NL =	26,5	5,3	80,0	98,0
	Celkový fosfor	P _{celk.} =	8,4	5,9	30,0	51,0

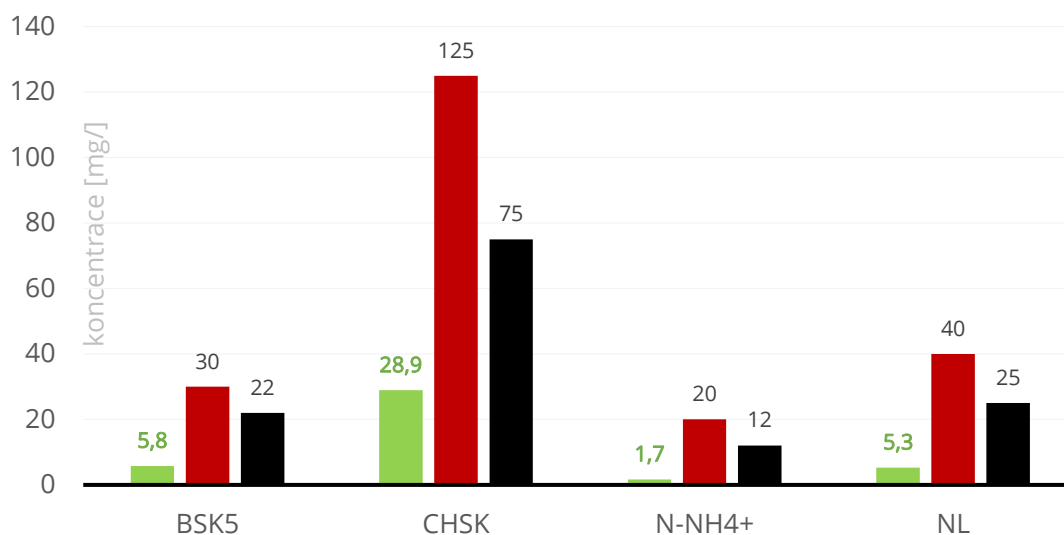
Dle nařízení vlády NV 401/2015 bude voda vyhovovat přístupným hodnotám znečištění ve všech sledovaných ukazatelích.

V tabulce 10 je porovnání s přípustnými koncentracemi a BAT hodnotami, které udávají hodnoty pro nejlepší dostupnou technologii. PČOV ve Skřipově bude mít nižší koncentrace znečištění na odtoku než dle nejlepší dostupné technologie pro normální ČOV.

Tab. 23 - Porovnání přípustných hodnot a hodnot na odtoku z čistírny

Ukazatel znečištění	Koncentrace znečištění na odtoku z KČOV mg/l	přípustná koncentrace NV 401/2015 mg/l	koncentrace dle nejlepší dostupné technologie NV 401/2015 mg/l
BSK ₅	5,8	30	22
CHSK	28,9	125	75
N-NH ₄ ⁺	1,7	20	12
NL	5,3	40	25
P _{celk.}	5,9	nesleduje se	nesleduje se

Srovnání s legislativním nařízením vlády č. 401/2015 Sb.



■ Teoretické koncentrace na odtoku z PČOV

■ Emisní standardy: přípustné hodnoty koncentrace ukazatelů znečištění vypouštěných odpadních vod v mg/l

■ BAT - Nejlepší dostupné technologie v oblasti zneškodňování odpadních vod a podmínky jejich použití

7 ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo provedení návrhu přírodní čistírny odpadních vod, založen na principu francouzského systému, pro obec Skřipov s více jak 700 obyvateli.

Diplomová práce byla zpracována v takovém rozsahu, aby mohla sloužit jako podklad pro dokumentaci určenou pro získání stavebního povolení. Při návrhu přírodní čistírny odpadních vod byl kladen důraz především na minimální investiční náklady a dále na téměř zanedbatelné provozní náklady. Zároveň byl návrh provedený tak, aby bylo dosaženo požadované účinnosti vyčištění odpadních vod pro obec větší než 500 EO.

Pro obec Skřipov byl zvolen Francouzský systém přírodní ČOV, který je specifický téměř chybějícím stupněm mechanického předčištění. V porovnání s jinými, častěji navrhovanými, technologickými celky PČOV zde postrádáme u mechanického předčištění lapák písku, lapák šterku, usazovací nádrže, septiky nebo anaerobní nádrže. I přesto tento typ přírodní čistírny má v zahraničí, především ve Francii, hojnou početnou základnu. I díky zahraničním studiím víme, že takovýto systém založený na dvou vertikálních filtrech může v praxi skvěle fungovat a dosahovat účinností, jako u nás nejpoužívanější biologické čistírny. V současné době v České republice víme o pár čistírnách, které jsou postaveny na francouzském systému PČOV a je jen otázkou času, kdy se s takovou technologií roztrhne pytel.

Systém PČOV se skládá ze dvou filtračních stupňů čištění a dílčích stavebních objektů. První stupeň čištění je rozdělen na 3 vertikální filtrační pole, druhý stupeň čištění je rozdělen na 2 vertikální pole. U obou stupňů, pro dosažení maximální účinnosti čištění, je zásadní střídavé používání všech filtračních polí. Jak u prvního tak u druhého stupně čištění se nátok odpadní surové vody bude střídat po 84 hodinách (3,5 dnech). První stupeň čištění zastává funkci kalového hospodářství. Periodičností a střídáním nátoku odpadní vody na jednotlivá filtrační pole prvního stupně bude umožněno vysušování a zmineralizování kalu. Mezi dílčí a velmi důležité objekty tohoto systému patří ručně stírané česle, distribuční nádrže, rozdělovací šachty, měrný objekt a výustní objekt. Před prvním filtračním stupněm čištění jsou umístěny ručně stírané česle, distribuční nádrž a rozdělovací

šachta. Před druhým stupněm je umístěna rovněž distribuční nádrž s rozdělovací šachtou. Za druhým stupněm je na drenážním potrubí v dostatečné vzdálenosti od vertikálního filtru umístěn měrný objekt a výustní objekt.

Celkově návrh PČOV byl koncipován jako gravitační. V areálu PČOV se nebude nacházet el. přípojka. Tento návrh sníží reálné náklady na údržbu a sníží především stočné v obci Skřipov.

POUŽITÉ ZDROJE

- [1] TREIN, Camila Maria, Camille BANC, Kevin MACIEJEWSKI, Amanda DE MORAES MOTTA, Rémy GOURDON, Pascal MOLLE, Mathieu GAUTIER a Marcos VON SPERLING. *French vertical flow treatment wetlands in a subtropical climate: Characterization of the organic deposit layer and comparison with systems in France*. 2020. ISSN 0048-9697. Dostupné také z: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140608>
- [2] *Wetland technology: practical information on the design and application of treatment wetlands*. London: IWA Publishing, 2019. Scientific and technical report. ISBN 978-178-9060-164.
- [3] MOLLE, P., A. LIÉNARD, C. BOUTIN, G. MERLIN a A. IWEMA. How to treat raw sewage with constructed wetlands: an overview of the French systems. *Water Science and Technology* [online]. 2005, 51(9), 11-21 [cit. 2023-01-03]. ISSN 0273-1223. Dostupné z: doi:10.2166/wst.2005.0277
- [4] DOTRO, Gabriela, Günter LANGERGRABER, Pascal MOLLE, Jaime NIVALA, Jaume PUIGAGUT, Marcos VON SPERLING a Otto STEIN. *VOLUME 7: TREATMENT WETLANDS*. London: IWA Publishing, 2019. Scientific and technical report. ISBN 978-178-0408-767. Dostupné z: doi: TREATMENT WETLANDS
- [5] KRIŠKA, Michal, Jan ŠÁLEK, Oldřich PÍREK, Karel PLOTĚNÝ, Miloš ROZKOŠNÝ a Zdeňka ŽÁKOVÁ. Vegetační kořenové čistírny. *TZB-info* [online]. [cit. 2022-12-29]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/likvidace-odpadnich-vod/10058-vegetacni-korenove-cistirny>
- [6] KRIŠKA, Michal, Miroslava NĚMCOVÁ a Tereza HNÁTKOVÁ. *Kořenové čistírny odpadních vod: Metodická příručka pro povolování, návrh, realizaci a provoz*. Vysoké učení technické v Brně. Výzkumná práce. Vysoké učení technické v Brně.
- [7] PUMPRLOVÁ NĚMCOVÁ, Miroslava a Michal KRIŠKA. Technologie vertikálních filtrů s vegetací pro čištění odpadních vod. *TZB-info* [online]. 2020, 2022(-), 1 [cit. 2023-01-09]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/likvidace-odpadnich-vod/21197-technologie-vertikalnich-filtru-s-vegetaci-pro-cistení-odpadnich-vod>

- [8] HASENÖHRL, Jaroslav. Zdravotně hospodářské stavby: pro 4. ročník SPŠ stavebních. 05/90. Praha: SNTL-Nakladatelství technické literatury, 1990. ISBN 80-030-0337-7.
- [9] ČSN 75 6402. Čistírny odpadních vod do 500 ekvivalentních obyvatel. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2017.
- [10] ČSN 75 6401. Čistírny odpadních vod pro ekvivalentní počet obyvatel (EO) větší než 500. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014.
- [11] Zpravodaj Skřipova a Hrabství [online]. 1/2022. Skřipov: MKČR E 14140, 2022 [cit. 2022-12-28]. Dostupné z: <https://www.ouskripov.eu/obec/zpravodaj-1/zpravodaj-1-2022-855cs.html>
- [12] Obec Skřipov: okr. Opava [online]. [cit. 2022-12-28]. Dostupné z: <https://www.ouskripov.eu/>
- [13] Povodňový plán obce Skřipov [online]. [cit. 2022-12-28]. Dostupné z: https://www.edpp.cz/skr_hydrologicke-udaje/
- [14] GEMROTOVÁ, Jana a Ing. Bernard HAJOVSKÝ. *Technicko-ekonomická studie pro obec Skřipov*. Arch. č.: PRO-10627-A. 05/2019.
- [15] Územní plán Skřipov [online]. [cit. 2022-12-28]. Dostupné z: <https://www.opava-city.cz/cz/nabidka-temat/uzemni-planovani/uzemni-planovani/uzemni-plany-obci-orp-opava/skripov.html>
- [16] *ArcGIS Online: PRVKUK ČR* [online]. [cit. 2022-12-29]. Dostupné z: https://gis.msk.cz/arcgis/rest/services/public/zpz_wms_prvkuk/MapServer
- [17] *Silniční a dálniční síť ČR k 1.7.2022 - dočasné náhradní řešení za nedostupný Geoportál ŘSD ČR* [online]. [cit. 2022-12-29]. Dostupné z: <https://rsdcr.maps.arcgis.com/apps/instant/sidebar/index.html?appid=fd2664f7a1c94535a79afa88587d16f4>
- [18] Flickr: SuSanA Secretariat. In: Flickr [online]. 2011 [cit. 2023-01-02]. Dostupné z: <https://www.flickr.com/photos/gtzecosan/with/6394969283/>

- [19] PULZNÍ VYPOUŠTĚČ AS-PULZ. ASIO [online]. Brno [cit. 2023-01-10].
Dostupné z: <https://www.asio.cz/cz/as-pulz>

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 - Maximální návrhové zatížení pro návrh FS [4].	34
Tab. 2 - Specifikace filtračních vrstev pro návrh FS PČOV [4].....	36
Tab. 3 - Vstupní parametry pro výpočet množství odpadních vod	43
Tab. 4 - Tabulka návrhových parametrů česlí	46
Tab. 5 - Výpočet a návrh shrabkových česlí, graf Q/H křivky	47
Tab. 6 - Orientační hodnoty produkce specifického znečištění na 1 ekvivalentního obyvatele (populační ekvivalent) v g/d [9]	50
Tab. 7 - Hmotnostní látkové a koncentrační zatížení natékající na PČOV	50
Tab. 8 - Maximální zatížení jednotlivých ukazatelů znečištění na jeden metr čtvereční filtru.....	51
Tab. 9 - Výpočet potřebné plochy filtru	52
Tab. 10 - Výpočet hrany střední plochy filtru.....	52
Tab. 11 - Výpočet reálného hmotnostního a látkového zatížení na filtr	53
Tab. 12 - Účinnosti jednotlivých stupňů FS-VF [4].....	54
Tab. 13 - Účinnosti jednotlivých stupňů FS-VF [4].....	54
Tab. 14 - Výpočet výsledné koncentrace na odtoku	55
Tab. 15 - Rozdělení filtračního pole 1. stupně čištění.....	57
Tab. 16 - Návrh prvního stupně čištění.....	58
Tab. 17 - Rozdělení filtračního pole 2. stupně čištění.....	60
Tab. 18 - Návrh druhého stupně čištění	61
Tab. 19 - Celková přehledná tabulka návrhu PČOV Skřipov a celková účinnost..	62
Tab. 20 - Určení denních dávek na 1. a 2. stupeň čištění	64
Tab. 21 - Emisní standardy dle NV 401/2015 Sb.: přípustné hodnoty (p) a maximální hodnoty (m) koncentrace ukazatelů znečištění vypouštěných odpadních vod v mg/l	70

Tab. 22 – Tabulka účinností jednotlivých stupňů čištění 71

Tab. 23 - Porovnání přípustných hodnot a hodnot na odtoku z čistírny 72

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 - Umístění obce Skřipov	13
Obr. 2 - Katastrální území obce Skřipov	14
Obr. 3 - Plán rozvoje vodovodů a kanalizací - Kanalizace Skřipov [13].....	16
Obr. 4 - Plán rozvoje vodovodů a kanalizací - Vodovod Skřipov [13].....	16
Obr. 5 - Vodojem v obci Skřipov	17
Obr. 6 – Jedna z výústí stávající kanalizační sítě v obci Skřipov	17
Obr. 7 - Prostor pod výústí jedné z mnoha vodotečí v obci Skřipov	17
Obr. 8 - Hydrologické poměry v KÚ Skřipov	21
Obr. 9 - Geologická mapa území	22
Obr. 10 - Mapa siliční sítě v obci Skřipov [17].....	23
Obr. 11 - Schéma Francouzského systému PČOV [3]	29
Obr. 12 - Distribuce odpadní vody na 1. stupeň	30
Obr. 13 - Distribuce odpadní vody na 2. stupeň	30
Obr. 14 - Distribuce odpadní vody na 1. stupeň čištění	31
Obr. 15 - Distribuční potrubí: 1. stupeň (2) [18]	32
Obr. 16 - Distribuční potrubí: 1. stupeň (2) [18]	33
Obr. 17 – Distribuční potrubí: 2. stupeň	33
Obr. 18 – Uložení filtračního lože v prvním stupni čištění [4]	35
Obr. 19 - Uložení filtračního lože v druhém stupni čištění [4]	36
Obr. 20 - Odstraňování kalové vrstvy z prvního stupně čištění FS v Roussillonu ve Francii po 13 letech provozu [4]	39
Obr. 21 - Územní plán obce Skřipov [15]	40
Obr. 22 - Mapa ukazující zájmového území PČOV	40
Obr. 23 - Pohled ze svahu na ZÚ	41
Obr. 24 - Parcely ZÚ	41

Obr. 25 - Pohled na ZÚ ze silnice II. třídy	42
Obr. 26 - Pohled na ZÚ	42
Obr. 27 - Tvarové součinitele česlic	48
Obr. 28 - Ručně stírané česle, školní exkurze (obec Hlína)	49
Obr. 29 - Vizualizace návrhu 1. stupně čištění	57
Obr. 30 - Vizualizace návrhu 2. stupně čištění	60
Obr. 31 - Pulzní vypouštěč [17]	63
Obr. 32 - Rozdělovací nádrž pro první stupeň čištění [13]	66
Obr. 33 - Parshallův žlab, měrný objekt, školní exkurze (obec Hlína)	67
Obr. 34 - Ukázka zapojení MaR pro ŘJ s GSM modulem k měrnému objektu, školní exkurze (obec Hlína)	68
Obr. 35 - Výustní objekt, školní exkurze (obec Hlína)	69

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

PČOV	přírodní čistírna odpadních vod
VT	vodní tok
EO	ekvivalentní obyvatel
FS-VF	Francouzský-systém vertikálních filtrů
BSK ₅	biochemická spotřeba kyslíku pětidenní. Je definována jako množství kyslíku spotřebovaného mikroorganismy pro rozklad organických látek za aerobních podmínek. Toto množství kyslíku je úměrné koncentraci přítomných biologicky rozložitelných látek.
CHSK	chemická spotřeba kyslíku je mírou celkového obsahu organických látek ve vodě. Je definována jako množství kyslíku, které se za přesně vymezených podmínek spotřebuje na oxidaci organických látek oxidačním činidlem, v tomto případě dichromanem draselným.
NL	nerozpuštěné látky sušené (stanovené sušením při 105°C)
N _{celk.}	celkový dusík (součet anorganických a organických forem dusíku)
N _{Kj}	dusík Kjeldahlův
ŘJ	řídící jednotka
GSM	zkratka z francouzského „Groupe Spécial Mobile“

SEZNAM PŘÍLOH

TEXTOVÁ ČÁST

A. PRŮVODNÍ ZPRÁVA	
B. TECHNICKÁ ZPRÁVA	
C. SITUAČNÍ VÝKRESY	MĚŘÍTKO
C.1 SITUAČNÍ VÝKRES ŠIRŠÍCH VZTAHŮ	1 : 5 000
C.2 KATASTRÁLNÍ SITUAČNÍ VÝKRES	1 : 750
C.3 KOORDINAČNÍ SITUAČNÍ VÝKRES	1 : 250
D. TECHNICKÉ VÝKRESY NAVRŽENÉ PČOV	
D.1 1. STUPEŇ ČIŠTĚNÍ – VERTIKÁLNÍ FILTR – PŮDORYS	1 : 150
D.2 2. STUPEŇ ČIŠTĚNÍ – VERTIKÁLNÍ FILTR – PŮDORYS	1 : 150
D.3 1. STUPEŇ ČIŠTĚNÍ – VERTIKÁLNÍ FILTR – PŘÍČNÝ ŘEZ	1 : 50
D.4 2. STUPEŇ ČIŠTĚNÍ – VERTIKÁLNÍ FILTR – PŘÍČNÝ ŘEZ	1 : 50
D.5 ČESLE – PŮDORYS, ŘEZ A-A´, B-B´	1 : 20
D.6 DISTRIBUČNÍ NÁDRŽ č.1 – PŮDORYS	1 : 25
D.7 DISTRIBUČNÍ NÁDRŽ č.1 - ŘEZ A-A´	1 : 25
D.8 DISTRIBUČNÍ NÁDRŽ č.2 – PŮDORYS	1 : 25
D.9 DISTRIBUČNÍ NÁDRŽ č.2 - ŘEZ A-A´	1 : 25
D.10 ROZDĚLOVACÍ ŠACHTA č.1 – PŮDORYS	1 : 25
D.11 ROZDĚLOVACÍ ŠACHTA č.1 - ŘEZ A-A´	1 : 25
D.12 ROZDĚLOVACÍ ŠACHTA č.2 – PŮDORYS	1 : 25
D.13 ROZDĚLOVACÍ ŠACHTA č.2 - ŘEZ A-A´	1 : 25
D.14 DISTRIBUČNÍ SOUSTAVA 1. STUPNĚ – ŘEZ	1 : 25
D.15 DISTRIBUČNÍ SOUSTAVA 2. STUPNĚ – ŘEZ	1 : 25
D.16 MĚRNÝ OBJEKT	1 : 20