



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ OBCÍ
INSTITUTE OF MUNICIPAL WATER MANAGEMENT

MODIFIKACE NÁVRHOVÝCH PARAMETRŮ
ČISTÍREN ODPADNÍCH VOD V OBCÍCH DO
2000 EKVIVALENTNÍCH OBYVATEL
MODIFICATIONS DESIGN PARAMETERS FOR ASSESSMENT OF WASTEWATER
TREATMENT PLANTS IN CITIES UP TO 2000 EQUIVALENT INHABITANTS

HABILITAČNÍ PRÁCE
HABILITATION'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

ING. PETR HLUŠTÍK, PH.D.

BRNO 2019

ABSTRAKT

Předkládaná habilitační práce se zabývá modifikací návrhových parametrů používaných pro výpočet čistíren odpadních vod v kategorii do 2000 ekvivalentních obyvatel. Modifikace hlavních návrhových parametrů čistíren odpadních vod je podložena zpracováním dat provedených rozborů kvality vody jednotlivých ukazatelů pro různé systémy odkanalizování s možnými důsledky jejich modifikací.

Současné legislativní dokumenty ČSN 75 6401 a ČSN 75 6402 doporučují jednotné použití návrhových parametrů bez rozlišení způsobu transportu odpadní vody na čistírnu odpadních vod bez přesně definovaných podmínek redukce znečištění.

Cílem práce je doporučení k používání modifikovaných návrhových parametrů pro výpočet hlavních stavebních objektů a strojních zařízení čistíren odpadních vod, poukázat na rozdílnost při výpočtu ČOV, doporučení k návrhu technologie čištění odpadních vod pro gravitační a alternativní systémy odkanalizování a implementace návrhových parametrů pro různé systémy odkanalizování.

KLÍČOVÁ SLOVA

Čistírna odpadních vod, modifikace, specifická produkce znečištění, populační ekvivalent, produkce odpadní vody, technologie čištění odpadních vod.

ABSTRACT

The presented postdoctoral thesis deals with modifying the design parameters used to calculate wastewater treatment plants in the category of up to 2000 population equivalent. The modification of the main design parameters of the wastewater treatment plants is supported by the data processing concerning water quality analyses of individual indicators of various drainage systems with potential consequences for their optimisation.

The current legislation, ČSN 75 6401 and ČSN 75 6402, recommends a uniform application of the design parameters without distinguishing between the methods of wastewater conveyance to the wastewater treatment plant without precisely defined pollution reduction conditions.

The objective of the thesis is to recommend the use of modified design parameters for the calculation of the main civil structures and machinery in wastewater treatment plants, to highlight the differences in the WWTP calculations, to make recommendations concerning the design of wastewater treatment technology for gravity and alternative drainage systems and implementation of design parameters for different drainage systems.

KEYWORDS

Wastewater treatment plant, modification, specific pollution production, population equivalent, wastewater production, wastewater treatment technology.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

HLUŠTÍK, Petr. *Modifikace návrhových parametrů čistíren odpadních vod v obcích do 2000 ekvivalentních obyvatel*. Brno, 2019. 160 s. Habilitační práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí.

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI PRÁCE

Prohlašuji, že jsem habilitační práci s názvem *Modifikace návrhových parametrů čistíren odpadních vod v obcích do 2000 ekvivalentních obyvatel* zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje, které jsou odcitovány v seznamu použité literatury.

PODĚKOVÁNÍ

Chtěl bych touto cestou poděkovat prof. Ing. Petru Hlavínkovi, CSc., MBA za cenné rady během zpracování habilitační práce a vedoucímu ústavu Vodního hospodářství obcí doc. Ing. Ladislavu Tuhovčákovi, CSc. za konstruktivní přístup k osobnímu rozvoji.

OBSAH

1	ÚVOD	8
1.1	NAVRHOVÁNÍ ČISTÍREN ODPADNÍCH VOD	9
1.2	SITUACE V ČESKÉ REPUBLICE	10
1.3	KATEGORIE ČISTÍREN ODPADNÍCH VOD	11
2	CÍLE HABILITAČNÍ PRÁCE	13
2.1	VYBRANÁ KATEGORIE ČOV	14
2.2	TECHNOLOGIE VYBRANÝCH ČOV	15
2.3	SBĚR DAT	16
3	REŠERŠE PROBLEMATIKY	17
3.1	SPECIFICKÁ PRODUKCE ODPADNÍ VODY VE SVĚTĚ	17
3.2	AKTUÁLNÍ STAV ODKANALIZOVÁNÍ V EVROPĚ	18
3.2.1	<i>Napojení obyvatel na ČOV</i>	19
3.2.2	<i>Specifická spotřeba vody</i>	19
3.3	PROGNÓZA POČTU OBYVATELSTVA	20
3.3.1	<i>Nepřímý odhad</i>	20
3.3.2	<i>Matematická analýza</i>	21
3.4	URČENÍ BALASTNÍCH VOD	22
3.4.1	<i>Přímé stanovení množství balastních vod</i>	23
3.4.2	<i>Nepřímé stanovení množství balastních vod</i>	23
3.5	NÁVRHOVÁ PRODUKCE ZNEČIŠTĚNÍ	25
3.6	STANOVENÍ EKIVALENTNÍHO OBYVATELE	27
3.7	STANOVENÍ PRODUKCE ZNEČIŠTĚNÍ PRO VYBAVENOST OBCE	28
3.8	CELKOVÉ SHRNUTÍ	29
4	NORMOVÉ HODNOTY PRO NÁVRH ČOV	30
4.1	MNOŽSTVÍ ODPADNÍ VODY	30
4.1.1	<i>Balastní vody</i>	31
4.1.2	<i>Směrná čísla roční potřeby vody</i>	31
4.2	SLOŽENÍ ODPADNÍCH VOD	32
4.2.1	<i>Složení splaškových odpadních vod</i>	33
4.2.2	<i>Složení srážkových odpadních vod</i>	33
4.3	UKAZATELE KVALITY ODPADNÍ VODY	34
4.3.1	<i>Biochemická spotřeba kyslíku</i>	34
4.3.2	<i>Chemická spotřeba kyslíku</i>	34
4.3.3	<i>Nerozpuštěné látky</i>	34
4.3.4	<i>Celkový dusík</i>	35
4.3.5	<i>Celkový fosfor</i>	35
4.3.6	<i>Vzájemný podíl ukazatelů vody</i>	36
4.4	LÁTKOVÉ ZATÍŽENÍ	36
4.5	EKVIVALENTNÍ OBYVATEL	38
4.6	PARAMETR PH	41
4.7	CELKOVÉ SHRNUTÍ	42

5	VLIV TYPU ODKANALIZOVÁNÍ NA KVALITU ODPADNÍ VODY	43
5.1	KVALITA VODY NA GRAVITAČNÍ KANALIZACI	43
5.1.1	<i>Gravitační jednotná kanalizace</i>	44
5.1.2	<i>Gravitační splašková kanalizace</i>	45
5.2	KVALITA VODY NA TLAKOVÉ KANALIZACI	47
5.3	KVALITA VODY NA PODTLAKOVÉ KANALIZACI	48
5.4	SROVNÁNÍ SYSTÉMŮ ODKANALIZOVÁNÍ	50
5.4.1	<i>Koncentrační limity ukazatelů kvality vody</i>	50
5.4.2	<i>Poměry ukazatelů kvality vody</i>	53
5.5	CELKOVÉ SHRUTÍ	53
5.5.1	<i>Gravitační kanalizace</i>	54
5.5.2	<i>Tlaková kanalizace</i>	54
5.5.3	<i>Podtlaková kanalizace</i>	56
6	MODIFIKACE NORMOVÝCH HODNOT PRO NÁVRH ČOV	57
6.1	HYDRAULICKÉ ZATÍŽENÍ	58
6.1.1	<i>Vyhodnocení produkce odpadní vody</i>	58
6.1.2	<i>Návrh modifikace normových hodnot produkce odpadní vody</i>	59
6.2	BALASTNÍ VODY	61
6.2.1	<i>Vyhodnocení balastních vod</i>	62
6.2.2	<i>Návrh modifikace normových hodnot produkce balastních vod</i>	62
6.3	LÁTKOVÉ ZATÍŽENÍ	66
6.3.1	<i>Vyhodnocení produkce znečištění</i>	66
6.3.2	<i>Návrh modifikace normových hodnot produkce znečištění</i>	72
6.4	EKVIVALENTNÍ OBYVATEL	79
6.4.1	<i>Vyhodnocení počtu ekvivalentních obyvatel</i>	79
6.4.2	<i>Návrh modifikace normové hodnoty ekvivalentních obyvatel</i>	82
6.5	UKAZATEL PH	83
6.5.1	<i>Vyhodnocení parametru pH</i>	83
6.5.2	<i>Návrh modifikace parametru pH</i>	84
6.6	CELKOVÉ SHRUTÍ	84
7	DOPORUČENÍ PŘI NÁVRHU TECHNOLOGIE ČOV	86
7.1	OPOMÍJENÁ PRAVIDLA PŘI PROJEKTOVÁNÍ ČOV	86
7.1.1	<i>Specifická produkce odpadní vody</i>	87
7.1.2	<i>Rezerva v připojení obyvatel</i>	87
7.1.3	<i>Omezení vniku srážkových vod</i>	87
7.1.4	<i>Stavebně-technický stav potrubí</i>	88
7.1.5	<i>Použití softwarového prostředí</i>	88
7.1.6	<i>Požadavky kvality odpadní vody na odtoku z ČOV</i>	88
7.2	ROZDĚLENÍ ČOV PODLE KATEGORIE	89
7.3	DOPORUČENÍ PŘI NÁVRHU AKTIVAČNÍ TECHNOLOGIE ČOV	90
7.3.1	<i>Přítok na ČOV</i>	90
7.3.2	<i>Mechanické předčištění</i>	92

7.3.3	<i>Biologické čištění</i>	94
7.3.4	<i>Měření a regulace</i>	98
7.3.5	<i>Řízení provozu ČOV</i>	98
7.3.6	<i>Problematika a odstranění zápachu na ČOV</i>	99
7.3.7	<i>Nakládání s kaly</i>	103
7.3.8	<i>Energetický potenciál ČOV</i>	104
7.4	CELKOVÉ SHRUTÍ	106
8	IMPLEMENTACE A DŮSLEDKY MODIFIKACE PARAMETRŮ	107
8.1	HLAVNÍ CÍLE IMPLEMENTACE	107
8.1.1	<i>Návrhové parametry a kategorie ČOV</i>	107
8.1.2	<i>Volená technologie čištění odpadních vod</i>	108
8.2	VÝPOČET ČOV S MODIFIKOVANÝMI PARAMETRY	109
8.2.1	<i>Výpočet ČOV s normovými hodnotami</i>	109
8.2.2	<i>Výpočet ČOV s modifikovanými hodnotami na splaškové kanalizaci</i>	113
8.2.3	<i>Výpočet ČOV s modifikovanými hodnotami na tlakové kanalizaci</i>	116
8.2.4	<i>Výpočet ČOV s modifikovanými hodnotami na podtlakové kanalizaci</i>	119
8.3	KOMPARACE ČOV S MODIFIKOVANÝMI PARAMETRY	122
8.3.1	<i>Výběr hlavních stavebních objektů</i>	122
8.3.2	<i>Srovnání modifikovaných objemů hlavních stavebních objektů</i>	124
8.4	PŘÍČINY A NÁSLEDKY NÍZKÉ PRODUKCE VODY A ZNEČIŠTĚNÍ	129
8.4.1	<i>Ekonomické aspekty</i>	130
8.4.2	<i>Environmentální aspekty</i>	131
8.4.3	<i>Technické aspekty</i>	133
8.4.4	<i>Ostatní faktory</i>	135
8.5	DŮSLEDKY NÍZKÉ PRODUKCE VODY A ZNEČIŠTĚNÍ NA ČOV	136
8.5.1	<i>Projekční důsledky při návrhu ČOV</i>	136
8.5.2	<i>Ekonomické důsledky provozu ČOV</i>	137
8.5.3	<i>Energetické důsledky na ČOV</i>	138
8.6	CELKOVÉ SHRUTÍ	140
9	ZÁVĚR	142
9.1	VLASTNÍ PŘÍNOSY A DOPORUČENÍ	142
9.2	PŘÍNOSY PRO PRAXI	143
9.3	DALŠÍ ROZVOJ PROBLEMATIKY	144
9.3.1	<i>Z hlediska praxe</i>	144
9.3.2	<i>Z akademického hlediska</i>	145
	POUŽITÁ LITERATURA	146
	SEZNAM OBRÁZKŮ	156
	SEZNAM TABULEK	157
	SEZNAM ZKRATEK	159

1 ÚVOD

Základním dokumentem, z něhož vychází vodní politika, je Rámcová směrnice EP a Rady 2000/60/ES o vodní politice. V tomto dokumentu se uvádí nutnost koordinace úsilí členských států ke zlepšení ochrany vod z hlediska množství a jakosti. Cílem je především eliminace tzv. prioritních látek a snaha dosáhnout ve vodním hospodářství koncentrací těchto látek blížících se jejich výskytu v přirozeném prostředí. Jakost povrchových i podzemních vod ovlivňují bodové zdroje znečištění, jako jsou města a obce, u těchto aglomerací je třeba mít vybudované čistírny odpadních vod (ČOV). V souvislosti s naplňováním požadavků směrnice Rady 2000/60/ES na omezení zatížení vodních útvarů z difúzních i bodových zdrojů a na dosažení dobrého chemického a ekologického stavu vodních toků do r. 2015, se i v současnosti stále intenzifikují a navrhují nové čistírny odpadních vod (směrnice Rady 2000/60/ES).

Směrnice Rady 91/271/EHS (čl. 7) nařizuje, aby odpadní vody odváděné stokovými soustavami byly před vypuštěním do sladkovodních vod a do ústí řek z aglomerací s počtem nižším než 2000 ekvivalentních obyvatel (EO) a současně vypouštěním do pobřežních vod z aglomerací s počtem ekvivalentních obyvatel nižším než 10000 EO přiměřeně čištěny. Dle čl. 2, odst. 9 je přiměřené čištění definováno jako „čištění městských odpadních vod jakýmkoliv postupem nebo způsobem zneškodňování, který zajistí, že po jejich vypuštění vyhoví recipient jakostním cílům a příslušným ustanovením této směrnice nebo jiných směrnic Společenství“ (směrnice Rady 91/271/EHS, 1991). Směrnice Rady 91/271/EHS o čištění městských odpadních vod má za cíl sledovat čistírny odpadních vod, recipienty a zneškodňování kalů tak, aby byla zajištěna ochrana životního prostředí před nepříznivými účinky vypouštění odpadních vod. Stokové systémy musí brát v úvahu požadavky na čištění odpadních vod. Projektování, výstavba a udržování stokových soustav se provádí v souladu s nejlepšími technickými znalostmi, nepřináší-li to nadměrné náklady, zejména pokud jde o objem a charakter městských odpadních vod s předcházením průsakům odpadních vod.

Pro samotný návrh čistíren odpadních vody jsou důležité její návrhové parametry, které jsou zakotveny v evropské legislativě, tuzemských legislativních dokumentech každého státu (zákony, normy, vyhlášky, nařízení vlády a další), odborných knihách a periodikách. Státy evropského společenství musí mít tyto zpracované dokumenty v souladu se směrnicí Rady 91/271/EHS. Implementace evropských směrnic do legislativy členských států EU v oblasti čištění odpadních vod je jednou z priorit Rady Evropských společenství s ohledem na smlouvu Evropského hospodářského společenství, Evropského parlamentu a Hospodářského sociálního výboru.

Podle panelu světových expertů OSN je vhodné využít za účelem odstartování ambiciózního programu OSN od roku 2015 kapacity soukromých provozovatelů vodovodů a kanalizací, kteří se mohou stát vhodným nástrojem vlád a municipalit pro dosažení cíle, kterým je právo člověka na přístup k nezávadné pitné vodě, odkanalizování a čištění odpadních vod (<http://www.ovodarenstvi.cz>, 2013).

1.1 NAVRHOVÁNÍ ČISTÍREN ODPADNÍCH VOD

Návrh každé čistírny odpadních vod má svá specifika. Každý projektant by měl zpracovat při návrhu čistírny odpadních vod vodohospodářský průzkum současného a výhledového stavu (počet připojených obyvatel, průmyslových producentů v obci, občansko-technické vybavenosti obce, hydraulické poměry stokové sítě, stavebně-technický stav stokové sítě, atd.). Dalšími důležitými podklady k návrhu ČOV je provedení inženýrsko-geologických průzkumů, zpracování hydrogeologických, hydrologických a klimatických podkladů v lokalitě navrhované čistírny odpadních vod.

Návrh nové čistírny odpadních vod musí být v souladu s územními plány obcí a plánem rozvoje vodovodů a kanalizací územních krajů (PRVKÚK). Důležitým kritériem při návrhu čistíren odpadních vod je posouzení jakosti povrchových vod a jeho ochrana před znečištěním vypouštěným z ČOV. Posouzení imisních norem environmentální kvality povrchových vod pod ČOV je standardem každého připravovaného projektu. Tyto přístupy jsou většinou v evropských zemích podobné.

Při posouzení stávající čistírny odpadních vod se vychází převážně z chemických rozborů odpadní vody, které by měl poskytnout její provozovatel zpětně za minimálně poslední tři roky. Hlavními návrhovými parametry čistírny odpadních vod je hydraulické zatížení (přítok na ČOV) a látkové zatížení (vstupní znečištění na ČOV). Normové parametry jsou pouze doporučené hodnoty produkce specifického znečištění na obyvatele pro ukazatele kvality vody (tzv. populační ekvivalent - PE). Mezi návrhové hodnoty ČOV patří tyto ukazatele kvality odpadní vody: biochemická spotřeba kyslíku BSK₅, chemická spotřeba kyslíku CHSK_{Cr}, nerozpuštěné látky NL, celkový dusík N_c, amoniakální dusík NH₄⁺ a celkový fosfor P_c.

Každý stát používá jiné hodnoty specifického znečištění vyjádřené v gramech na obyvatele za den. Některé státy EU redukuje výpočtové hodnoty produkce znečištění, i když přesný postup redukce ukazatelů znečištění již není blíže specifikován a jeho použití záleží vždy na zkušenostech projektanta. Jiné státy určují produkci znečištění s ohledem na sociálně-ekonomickou stabilitu dané oblasti, regionu nebo kraje.

Orientační hodnoty specifického znečištění jednotlivých ukazatelů při návrhu ČOV již ovšem nezohledňují způsob odkanalizování posuzované obce. Kvalita odpadní vody přitékající na ČOV se značně liší a je rozdílná pro stávající nebo navrhovaný způsob odkanalizování obce (gravitační jednotná kanalizace, gravitační oddílná kanalizace, tlaková a podtlaková kanalizace). Návrhové hodnoty ukazatelů produkce znečištění odpadní vody jsou stejné pro všechny způsoby odkanalizování jak u nás, tak v zahraničí. V provedené rešerši v kapitole 3. *Rešerše problematiky* jsou srovnány návrhové ukazatele produkce znečištění v různých zemích světa a členských státech EU. Hlavními společnostmi poskytující tyto odborné informace jsou United States Environmental Protection Agency (USEPA) a International Water Association (IWA).

Strategie navrhování čistíren odpadních vod je stejná, každý stát má dané návrhové parametry zakotveny na různé legislativní úrovni. Některé dokumenty jsou po dohodě s vodoprávními úřady závazné.

1.2 SITUACE V ČESKÉ REPUBLICE

V České republice (ČR) jsme díky výstavbě řady čistíren odpadních vod v posledních letech na světové špičce. Čistírny odpadních vod mají prakticky všechny aglomerace větší než 2000 obyvatel. K tomu se ČR zavázala v přístupových dohodách s EU přijetím tzv. Rámcové směrnice 91/271/EHS o čištění městských odpadních vod.

V České republice problematiku stokování a čištění odpadních vod řeší zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích) ve znění pozdějších předpisů (zákon č. 274/2001 Sb.), a to soupisem požadavků kladených na kanalizaci a čistírny odpadních vod uvedených v ustanovení v § 12, kde se pojednává o tom, že *„kanalizace musí být navrženy a provedeny tak, aby negativně neovlivnily životní prostředí, aby byla zabezpečena dostatečná kapacita pro odvádění a čištění odpadních vod z odkanalizovaného území a aby byla zabezpečena nepřetržitost odvádění odpadních vod od odběratelů této služby“*. Zákon č. 274/2001 Sb. definuje kanalizaci jako *„provozně samostatný soubor staveb a zařízení zahrnující kanalizační stoky k odvádění odpadních vod a srážkových vod, kanalizační objekty včetně čistíren odpadních vod, jakož i stavby k čištění odpadních vod před jejich vypouštěním do kanalizace“*.

Hodnoty návrhových parametrů hydraulického i látkového zatížení blíže definuje norma ČSN EN 752 (2017) Odvodňovací systémy vně budov, ČSN 75 6401 (2014) Čistírny odpadních vod pro ekvivalentní počet obyvatel (EO) větší než 500, ČSN 75 6402 (2017) Čistírny odpadních vod do 500 EO a Nařízení vlády (NV) č. 401/2015 Sb. o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech. Hydraulické zatížení čistírny odpadních vod charakterizuje především ukazatel specifické produkce odpadní vody, který dlouhodobě klesá. Tento hlavní návrhový ukazatel určuje velikost hlavních objektů ČOV a jeho stanovení by mělo být prioritní.

Použití návrhových hodnot specifické produkce znečištění pro ukazatele kvality odpadní vody a různé způsoby odkanalizování není v normě specifikováno. Norma pouze umožňuje jejich částečnou redukci pro velikostní kategorie vyjádřenou procentuálním snížením vstupujícího znečištění na ČOV bez dalšího podrobnějšího vysvětlení. Pro návrh výpočtu objemového množství vody přitékajícího na ČOV, vstupujícího znečištění a návrhu technologie čistírny odpadních vod musí být vždy zohledněn způsob transportu odpadní vody na ČOV. Současné normy nezohledňují kvalitu přitékající odpadní vody na ČOV pro různé systémy odkanalizování.

Další nejasnosti jsou při výpočtu návrhové kapacity čistíren odpadních vod vyjádřené pomocí tzv. ekvivalentního obyvatele. Určení množství EO je zakotveno v celé řadě legislativních dokumentů. Pro stanovení počtu EO z občansko-technické vybavenosti obce existují převodní tabulky pro přepočítání na ekvivalentního obyvatele, stejně i pro přepočítání průmyslového znečištění. Průmyslové znečištění by se mělo vždy prioritně přepočítat z reálných rozborů odpadní vody.

1.3 KATEGORIE ČISTÍREN ODPADNÍCH VOD

V České republice je k roku 2017 evidován celkový počet 2554 ČOV, z toho mechanicko-biologických je 2518 ks v kategorii nad 50 EO (Ministerstvo Zemědělství, 2017). Podle terminologie Ministerstva Životního prostředí danou směrnicí Rady 91/271/EHS (1991) se rozlišují tyto typy čištění odpadních vod:

- primární čištění – mechanické ČOV,
- sekundární čištění – mechanicko-biologické ČOV bez odstraňování N_c a P_c ,
- terciární ČOV – mechanicko-biologické ČOV s dalším odstraňováním N_c a P_c .

Tato terminologie se liší od zavedené v čistírenské praxi, kdy odstraňování dusíku a fosforu se běžně zahrnuje pod pojem „sekundární“ čištění a „terciární“ čištění je vyhrazeno pro dočišťování stávajících odtoků z ČOV (Wanner, 2017).

V Tab. 1 jsou pro jednotlivé kategorie komunálních čistíren odpadních vod uvedeny emisní standardy: koncentrace ukazatelů přípustného a maximálního znečištění a hodnoty průměru jednotlivých ukazatelů přípustného znečištění vypouštěných odpadních vod (NV č. 401/2015 Sb.).

Tab. 1 Emisní standardy: koncentrace ukazatelů přípustného znečištění vypouštěných odpadních vod (NV č. 401/2015 Sb.)

Kategorie ČOV (EO) ¹⁾	CHSK _{Cr} [mg·l ⁻¹]		BSK ₅ [mg·l ⁻¹]		NL [mg·l ⁻¹]		N-NH ₄ ⁺ [mg·l ⁻¹]		N _c ^{3) 4)} [mg·l ⁻¹]		P _c ³⁾ [mg·l ⁻¹]	
	p	m	p	m	p	m	průměr	m ²⁾	průměr	m ²⁾	průměr	m
<500	150	220	40	80	50	80	-	-	-	-	-	-
500 - 2 000	125	180	30	60	40	70	20	40	-	-	-	-
2001 - 10 000	120	170	25	50	30	60	15	30	-	-	3	8
10 001 - 100 000	90	130	20	40	25	50	-	-	15	30	2	6
>100 000	75	125	15	30	20	40	-	-	10	20	1	3

kde:

¹⁾ Počet EO vychází z výpočtu z maximálního průměrného týdenního zatížení, které je měřeno za běžných podmínek na přítoku do čistírny odpadních vod.

p - Přípustná hodnota: Hodnota, která může být v povolené míře překročena. Nejedná se o aritmetické průměry. Typ vzorku je stanoven vodoprávním úřadem.

m - Maximální hodnota: Hodnota, k jejímuž překročení nesmí dojít. Typ vzorku je stanoven vodoprávním úřadem.

průměr - Hodnota aritmetického průměru koncentrací za kalendářní rok. Nesmí dojít k jejímu překročení. Vodoprávní úřad stanovuje počet vzorků (odpovídá ročnímu počtu vzorků) a typ vzorku.

²⁾ Platí tehdy, je-li teplota vody na odtoku z biologického stupně větší než 12 °C (z pěti měření v průběhu dne musí být minimálně třikrát naměřeno více než 12 °C).

- 3) Pro čistírnu odpadních vod s technologickým stupněm odstraňování fosforu je tento limit stanovený vodoprávním úřadem. Limit dále stanoví u ostatních čistíren odpadních vod, a to v některých případech kombinovaného přístupu emisních limitů.
- 4) Dusík je možno kontrolovat i pomocí denních průměrů. Musí však být zajištěna stejná ochrana vod. Při teplotě vody na odtoku nad 12 °C (včetně) pak nesmí denní průměr N_c pro všechny vzorky překročit 20 mg.l⁻¹. Při nižších teplotách mohou být stanoveny (pro časově omezenou dobu) nižší požadavky na odstranění P_c .

Pro jednotlivé kategorie ČOV jsou podle Nařízení vlády č. 401/2015 Sb. zavedeny minimální přípustné účinnosti čištění vypouštěných odpadních vod v % (Tab. 2), které jsou uvedeny v tomto nařízení v Tab. 1b.

V povolení k vypouštění městských odpadních vod do vod povrchových stanoví vodoprávní úřad emisní limity do výše emisních standardů uvedených v tabulce 1a přílohy č. 1 k tomuto nařízení nebo stanoví emisní limity účinností čištění podle hodnot uvedených v tabulce 1b přílohy č. 1 k tomuto nařízení. Vodoprávní úřad stanoví pro každý ukazatel znečištění pouze jeden z těchto typů emisních limitů; v jednom rozhodnutí je možno typy emisních limitů pro různé ukazatele znečištění vzájemně kombinovat (NV č. 401/2015 Sb.).

Tab. 2 Emisní standardy: přípustná minimální účinnost čištění vypouštěných odpadních vod (NV č. 401/2015 Sb.)

Kategorie ČOV (EO) nebo velikost aglomerace	CHSK _{Cr} [%]	BSK ₅ [%]	N-NH ₄ ⁺ [%]	N _c [%]	P _c [%]
<500	70	80	-	-	-
500 - 2 000	70	80	50	-	-
2 001 - 10 000	75	85	60	-	70
10 001 - 100 000	75	85	-	70	80
>100 000	75	85	-	70	80

Vodoprávní úřad nepoužije emisní limity stanovené minimální účinností čištění podle tabulky 1b přílohy č. 1 k tomuto NV v případě, že by takový způsob neumožňoval vzhledem k výsledné koncentraci znečištění ve vypouštěných odpadních vodách dosažení dobrého stavu vodního útvaru, do něhož je odpadní voda vypouštěna, nebo způsobil zhoršení stavu vodního útvaru (NV. č. 401/2015 Sb.).

V současnosti převažují největší problémy při rozhodování o výstavbě ČOV ve velikostní kategorii do 2000 EO, kde řada obcí řeší problém chybějícího odkanalizování a čištění odpadních vod v obci. Financování výstavby kanalizace a ČOV z obecních rozpočtů a dotačních titulů za finanční pomoci krajských příspěvků bývá pro některé malé obce nereálné. Jestliže obec musí cca 30-35 % nákladů dofinancovat ze svého rozpočtu, rozhodnutí o výstavbě kanalizace a čistírny odpadních vod je mnohdy zavrženo již na začátku. Celá řada obcí tento stav musí akceptovat, a to někdy i s pokutami za neřešení situace odkanalizování v obci.

2 CÍLE HABILITAČNÍ PRÁCE

Za situace současného stavu dlouhodobého sucha a nedostatku vody v České republice vyplývá potřeba úpravy návrhových parametrů čistíren odpadních vod, která by stanovila jasná pravidla pro navrhování a posuzování těchto objektů. Nová pravidla pro návrh a posouzení ČOV vychází ze získaných znalostí současného stavu v oboru kanalizace a čištění odpadních vod. **Cílem habilitační práce je modifikace návrhových (normových) parametrů pro výpočet čistíren odpadních vod do kategorie 2000 ekvivalentních obyvatel, poukázat na jednotlivé kroky vedoucí k modifikaci návrhových parametrů pro různé typy kanalizačních systémů. Navazující částí práce je posouzení důsledků nových návrhových parametrů ČOV na její provozování a technologii.** Návrhové parametry uvedené v tuzemské legislativě jsou hodnotami doporučujícími a jejich návrhové hodnoty jsou stejné pro všechny kategorie čistíren odpadních vod.

První částí práce je rešerše zahraničních přístupů pro navrhování a posuzování čistíren odpadních vod zpracovaná v kapitole **3. Rešerše problematiky**, kde je popsán současný stav dané problematiky.

Normové hodnoty pro výpočet a posuzování čistíren odpadních vod používané v České republice jsou rozděleny na ukazatele produkce znečištění odpadní vody, hydraulické a látkové zatížení, ekvivalentní obyvatele a balastní vody. Definice normových ukazatelů je popsána v kapitole **4. Normové hodnoty pro návrh ČOV**.

V kapitole **5. Vliv typu odkanalizování na kvalitu odpadní vody** jsou srovnání ukazatelé kvality odpadní vody pro systémy odkanalizování na gravitační jednotné kanalizaci, gravitační oddílné splaškové kanalizaci, oddílné tlakové a podtlakové kanalizaci. Srovnání ukazatelů kvality odpadní vody je zpracováno z objemů více než 10000 dat provedených rozborů na vybraných čistírnách odpadních vod.

Srovnání normových ukazatelů kvality vody a reálných hodnot zpracovaných ukazatelů kvality vody z vybraných čistíren odpadních vod je popsáno v kapitole **6. Modifikace normových hodnot pro návrh ČOV**. Modifikace normových hodnot je podložena o zpracovaná data a provedena pro všechny systémy odkanalizování.

Doporučení k návrhu technologické linky čistírny odpadních vod pro rozdílné typy kanalizačních soustav je zpracováno v kapitole **7. Doporučení při návrhu technologie ČOV**. Kapitola je podložena praktickými zkušenostmi zpracovatele, které nejsou uvedeny v tuzemských normách.

Implementace modifikovaných návrhových hodnot pro výpočet čistíren odpadních vod je provedena pro vybrané velikostní řady ČOV v kapitole **8. Implementace a důsledky modifikace parametrů** pro různé systémy odkanalizování (gravitační oddílná splašková kanalizace, oddílná tlaková a podtlaková kanalizace).

V závěrečné kapitole habilitační práce kapitola **9. Závěr** jsou diskutovány přínosy práce, rozvoj problematiky z akademického hlediska i z hlediska praxe.

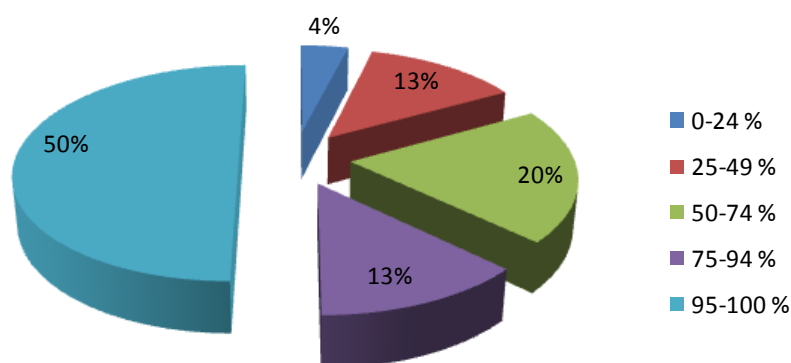
2.1 VYBRANÁ KATEGORIE ČOV

Vybraná kategorie čistíren odpadních vod do 2000 EO je volena z několika důvodů:

- stejně volená kategorie při zpracování vlastní dizertační práce na téma: „Metodika hodnocení technického stavu čistíren odpadních vod do 2000 ekvivalentních obyvatel“,
- procentuální zastoupení je 88,9 % obcí v České republice v této kategorii,
- splnění podmínek implementačního plánu směrnice Rady 91/271/EHS o přiměřeném čištění odpadních vod v ČR ze sběrných systémů k roku 2010 v aglomeracích s populačním ekvivalentem menším než 2000 obyvatel,
- časté konzultace a technická výpomoc zpracovatele pro malé obce při řešení problémů odkanalizování a likvidace odpadních vod v dané kategorii ČOV,
- u malých obcí nedochází často i za podpory dotačních titulů EU a krajských prostředků k výstavbě ČOV z důvodu vynaložení vysokých obecních investičních prostředků na dofinancování stavby.

Do velikostní kategorie do 2000 obyvatel spadá celkem 5634 obcí, tj. cca 90 % obcí a žije v ní 1,61 % obyvatelstva (Velikostní struktura obcí, ČSSÚ, 2016). V kategorii do 2000 EO neustále přetrvávají problémy s napojením počtu obyvatel na kanalizaci Obr. 1. Přehled typů čistíren odpadních vod ve velikostní kategorii 500-2000 je celkem 304 ČOV. Podrobnější rozdělení čistíren odpadních vod je následující (ČSSÚ, Vodovody, kanalizace a vodní toky, 2017):

- 266 typů mechanicko-biologické aktivační ČOV,
- 19 typů mechanicko-biologické ČOV s biofiltrem,
- 5 typů mechanicko-biologické ČOV biodiskem,
- 4 kořenové ČOV,
- 10 jiných ČOV (stabilizační nádrž, mechanická).



Obr. 1 Podíl napojených obyvatel na ČOV v kategorii do 2000 EO (ČSSÚ, 2016)

V současné době neexistuje přesná statistika o počtu ČOV do kategorie do 2000 EO, do které spadají i malé domovní čistírny odpadních vod do 50 EO.

2.2 TECHNOLOGIE VYBRANÝCH ČOV

Podle NV č. 401/2015 Sb., Tab. 1a jsou v kategorii ČOV do 2000 EO dvě velikostní kategorie ČOV a to: do 500 EO a 500-2000 EO. Pro modifikaci návrhových parametrů čistíren odpadních vod byly v kategorii do 2000 EO voleny čistírny odpadních vod vždy jako mechanicko-biologické.

Na gravitační kanalizaci bylo mechanické předčištění tvořeno obvykle objekty čerpací stanice, hrubých a jemných česlí, lapákem písku (pokud se vyskytoval na splaškové kanalizaci). V případě alternativních systémů byla na čistírnách odpadních vod přitékající odpadní voda zaústěna před jemné česle nebo přímo do aktivační nádrže, zcela byl deficitní lapák písku v rámci technologické linky čistírny odpadních vod.

Biologický stupeň zastupoval vždy systém s biomasou ve vlnosu, tj. aktivační nádrže v různých formách modifikací a dosazovací nádrže. Proces na čistírně odpadních vod byl nízkozatěžovaný s aerobní stabilizací kalu.

Kalové hospodářství bylo tvořeno uskladňovací nádrží přebytečného kalu s odvozem stabilizovaného kalu na svozovou čistírnu. V případě některých čistíren byl zařazen terciární stupeň pro chemické srážení fosforu.

Do vybraných čistíren odpadních vod nebyly zahrnuty technologie systémů s biomasou přisedlou, domovních čistíren odpadních vod, vegetačních čistíren, zemních filtrů, vertikálních filtrů a membránových procesů.

Všechny vybrané čistírny odpadních vod mají technologii garantující účinnost čištění odpadních vod přes 90 % pro ukazatele BSK₅, CHSK_{Cr}, NL a NH₄. V případě sledovaných ukazatelů N_c a P_c dosahovaly minimální účinnosti od 70-95 %. Všechny posuzované čistírny odpadních vod plnily koncentrační i účinnostní limity pro vypouštění odpadních vod do vod povrchových (příloha č. 5, NV č. 401/2015 Sb.) nebo limity stanovené v dokumentu nakládání s vodami. Přípustný počet vzorků nesplňujících v jednotlivých ukazatelích znečištění ve vypouštěných odpadních vodách během kalendářního roku byl vyhovující.

U posuzovaných čistíren odpadních vod byla dodržena minimální četnost odběru vzorků vypouštěných odpadních vod. Pro velikostní kategorii do 2000 EO se jedná o vzorek typu A, tj. dvouhodinový směsný vzorek získaný sléváním 8 dílčích vzorků stejného objemu v intervalu 15 minut. U čistíren odpadních vod do 500 EO s četností odběru 4x za rok a u čistíren odpadních vod v kategorii 500-2000 EO s četností 12x za rok. Odběry vzorku byly rozloženy rovnoměrně v průběhu roku a nebyly prováděny za neobvyklých situací (déšť, povodně). Všechny čistírny odpadních vod měly kontinuální přítok i odtok.

Vybrané čistírny odpadních vod byly provozovány jednak vodárenskými společnostmi, ale i samotnými obcemi. Cílem výběru čistíren odpadních vod bylo rovnoměrné pokrytí obyvatel v dané velikostní kategorii, různé stáří stokových sítí a rozdílný stavebně-technický stav stokové sítě a další ukazatelé. Snahou bylo komplexní a objektivní srovnání a posouzení ukazatelů kvality odpadní vody. Všechny posuzované čistírny odpadních vod byly osobně navštívené.

2.3 SBĚR DAT

Bilanční data rozborů kvality vody a průtokového množství poskytly provozující vodárenské společnosti v České republice z Jihomoravského, Jihočeského, Olomouckého, Severomoravského, Pardubického, Královéhradeckého, Zlínského a Středočeského kraje v rámci dlouhodobé spolupráce při řešení společných grantů a projektů. Rozbory odpadní vody byly vždy provedeny akreditovanou laboratoří a odebrány certifikovaným vzorkačem, odběry odpadní vody byly provedeny na přítoku v čerpací jímce a na odtoku v měrném objektu.

Z důvodu ochrany poskytnutých dat rozborů kvality odpadní vody za jednotlivá období jsou obce pojmenovány náhodně písmeny abecedy A až J – gravitační jednotná kanalizace, A až J – gravitační oddílná splašková kanalizace, A až H – oddílná tlaková kanalizace a A až H – oddílná podtlaková kanalizace. Vybrané obce jsou seřazeny podle velikosti projektované čistírny odpadních vod.

Probíhající i ukončené výzkumné granty a záměry byly s vodárenskými společnostmi řešeny na Vysokém učení technickém v Brně, Fakultě stavební v letech 2011-2018:

- TAČR TA01020311, název: "Využití šedé a dešťové vody v budovách",
- TAČR TA02020676, název: "Energetická náročnost ČOV a stokových sítí",
- specifický výzkum FAST-S-18-5545 s názvem: „Testování sorpčních náplní pro odstranění zápachu“,
- specifický výzkum FAST-S-17-4394 s názvem: „Eliminace zápachu ze stokové sítě“,
- specifický výzkum FAST-S-14-2507 s názvem: „Provozování tlakové a podtlakové kanalizace“,
- specifický výzkum FAST-S-13-2093 s názvem: „Sledování vybraných parametrů odpadní vod pro CFD modelování“.

Některá data o rozbořech ukazatelů kvality odpadní vody byla získána v rámci zpracování znaleckých posudků na Vysokém učení technickém v Brně, Fakultě stavební, Ústavu vodního hospodářství obcí, jehož jsem byl řešitelem nebo spoluřešitelem.

Další skupinou získaných dat z vybraných obcí jsou data, která byla poskytnuta v rámci zpracování vysokoškolských prací za období let 2001-2018 a data získaná při absolvování předmětu BP001 - Výuka v terénu, který je vyučován na Vysokém učení technickém v Brně, Fakultě stavební ve studijním programu Stavební inženýrství, obor Vodní hospodářství a vodní stavby ve třetím ročníku, jehož jsem garantem.

Modifikace návrhových parametrů ČOV mohla být provedena na základě poskytnutých dat od provozovatelů kanalizace a ČOV. Data byly zpracovány jako průměrné hodnoty (doporučeno podle norem ČSN 75 6401 a ČSN 75 6402) jednotlivých ukazatelů kvality vody a dále použity pro stanovení modifikovaných návrhových parametrů ČOV.

3 REŠERŠE PROBLEMATIKY

Tato kapitola popisuje návrhové parametry pro výpočet čistíren odpadních vod v zahraničí. Návrhovými parametry jsou produkce odpadní vody, produkce znečištění, produkce znečištění od občanské vybavenosti obce, počet napojených obyvatel a stanovení přepočtu EO pro občanskou a průmyslovou vybavenost obce.

Provedená rešerše byla zpracována pro státy EU i mimoevropské státy z důvodu celkového srovnání. Návrhové parametry pro výpočet ČOV jsou obvykle zakotveny v normách a legislativních dokumentech jednotlivých států. Některé tyto dokumenty jsou placené a návrhové hodnoty v nich nebylo možné vždy dohledat, proto byly použity vědecké i odborné články pro jejich dohledání.

3.1 SPECIFICKÁ PRODUKCE ODPADNÍ VODY VE SVĚTĚ

Státy určují produkci odpadní vody na základě doporučených norem, legislativních dokumentů, předpisů, výzkumů a odborných studií. Návrhová produkce odpadní vody je většinou stejná jako specifická spotřeba odpadní vody. Hodnoty průměrné produkce odpadní vody vybraných států EU a ve světě jsou uvedeny v Tab. 3 a 4.

Tab. 3 Hodnoty produkce odpadní vody vybraných členských států EU v l.os⁻¹.den⁻¹

Stát	Produkce odpadní vody	Zdroj
Anglie	180	Gray, 2004
Belgie	130	International comparisons of per capita consumption, 2008
Francie	250	Public Water and Wastewater Services in France, 2015
Irsko	225	Gray, 2004; Irish Examiner 2018
Finsko	130	Laitenen, 2015
Lucembursko	220	Barnett, Ormiston, 2007
Maďarsko	100	Zsabokorsky, 2013
Německo	150	Roth, Ejhed, Oberg, Hansoon, Sweden, Dorgeloh, 2017
Norsko	160	Sola, Bjerkholt, Lindholm, Ratnaweera, 2018
Polsko	150	Mucha, Mikosz, 2018
Portugalsko	125	Diario de Noticias, 2018
Rakousko	130	Water and Wastewater Services in Austria, 2015
Řecko	150-250	Karagiannidis, Samaras, Kasampalis, Themistoklis, 2011
Skotsko	230	Gray, 2004
Slovensko	150	STN 75 6401
Španělsko	136	UNEP, 2011
Švédsko	130	Heinonen-Tanski, Matikka, 2017
Velká Británie	150	Water Technology Engineering Ltd, 2018

Návrhová hodnota průměrné produkce odpadní vody v $\text{l.os}^{-1}.\text{den}^{-1}$ je uvažována pro návrh ČOV bez rozdílu způsobu odkanalizování. Produkce odpadních vod je různá pro všechny státy a obvykle neodpovídá průměrným hodnotám specifické produkci odpadní vody. Návrhová hodnota produkce odpadní vody není volena shodně ani pro regiony a dílčí oblasti jednotlivých států. Každý provozovatel doporučuje návrhovou hodnotu produkce odpadní vody pro výpočet kanalizace a ČOV.

Produkce odpadních vod z občansko-technické vybavenosti obce je určována na základě empiricky ověřených hodnot pro jednotlivou vybavenost a při výpočtu ČOV je uvažována a rovna spotřebě vody pro danou jednotku (Tab. 8).

Tab. 4 Hodnoty produkce odpadní vody vybraných států na světě v $\text{l.os}^{-1}.\text{den}^{-1}$

Stát	Produkce odpadní vody	Zdroj
Austrálie	170	South Australian Community Wastewater Management System (CWMS) Design Criteria, 2015
Canada	450	Water Security Agency, Sewage Works Design Standard
Filípiny	200	Magtibay, 2006
Hong Kong	300-460	Guidelines for the design of small sewage treatment plants, 2017
Indie	135	Ranganathan, 2017
Irák	200	Al-Saati, 2006
Japonsko	200	Inamori, Xu, Inoue, 2012
Káhira	310	Newsletter and Technical Publications, 2000
Keňa	115	Newsletter and Technical Publications, 2000
Kuba	100	Conceptual Design of a Wastewater Treatment Plant for the Municipality of Cotorro, Province of Havana, 2005
Malajsie	225	The Study on Improvement of Planning Capability in Sewerage Sector in Malaysia, 2015
Rusko	250	Shunova, 2016
Teherán	215	Mesdaghinia, Nasser, Mahvi, 2015
Turecko	155	Karagozöglu, Bunyamin, Altin, Ahmet, 2003
USA	370	Water Technology Engineering Ltd, 2018

Většina států má stanovenou průměrnou produkci odpadní vody v závislosti na specifické spotřebě vody pro jednotlivé státy (USA), dílčí oblasti či regiony (př. Keňa s produkcí odpadní vody pro nízkou hustotu obyvatelstva $260 \text{ l.os}^{-1}.\text{den}^{-1}$, pro střední hustotu obyvatelstva $77 \text{ l.os}^{-1}.\text{den}^{-1}$ a nízkou hustotu obyvatelstva $54 \text{ l.os}^{-1}.\text{den}^{-1}$).

3.2 AKTUÁLNÍ STAV ODKANALIZOVÁNÍ V EVROPĚ

V současné době více než 3,5 miliardy lidí nemá k dispozici bezpečné zdroje pitné vody. Daleko horší stav je v oblasti čištění odpadních vod. V současné době je více než 80 % odpadních vod ve světě vypouštěno do životního prostředí bez jakéhokoli odstraňování znečištění (<http://www.ovodarenstvi.cz>, 2013).

3.2.1 Napojení obyvatel na ČOV

Procentuální podíl napojených obyvatel na čistírny odpadních vod se sekundárním čištěním odpadní vody je v jednotlivých členských státech EU v letech 2004-2013 následující (Eurostat Statistics Explained, 2015):

- do 30 %: Kypr,
- do 40 %: Rumunsko, Chorvatsko,
- do 50 %: Bulharsko,
- do 60 %: Slovinsko, Itálie, Portugalsko,
- do 70 %: Irsko, Litva, Lotyšsko, Slovensko,
- do 80 %: Maďarsko, Polsko, Finsko,
- do 90 %: Česká republika, Estonsko, Francie, Švédsko,
- nad 90 %: Velká Británie, Německo, Řecko, Španělsko, Lucembursko, Malta, Rakousko, Nizozemí, Belgie a Dánsko.

Obecně lze konstatovat, že státy západní a střední Evropy dosahují vysokého podílu napojení obyvatelstva na ČOV mezi 80-99 % (kromě Irska).

Státy severní Evropy se pohybují s napojením obyvatel mezi 80-90 %. Pro srovnání je v Norsku přibližně 20 % odpadních vod pouze primárně ošetřeno a na Islandu je většina městských odpadních vod odváděna bez primárního předčištění do moře.

Státy jižní Evropy mají počet obyvatel napojených mezi 30-90 %, kde hospodářsky vyspělejší státy dosahují přes 90 %. Terciární stupeň čištění odpadních vod je mezi 60-70 %, k výraznému zlepšení došlo v letech 2005-2010. V Chorvatsku převažuje primární čištění s přímým vypouštěním do moře.

Státy východní Evropy mají celkový podíl obyvatel napojených na ČOV mezi 70-90 % s výjimkou Slovenska, které Slovensko uvedlo, že 65 % obyvatelstva bylo v roce 2015 napojeno na systémy kanalizace a čištění městských odpadních vod.

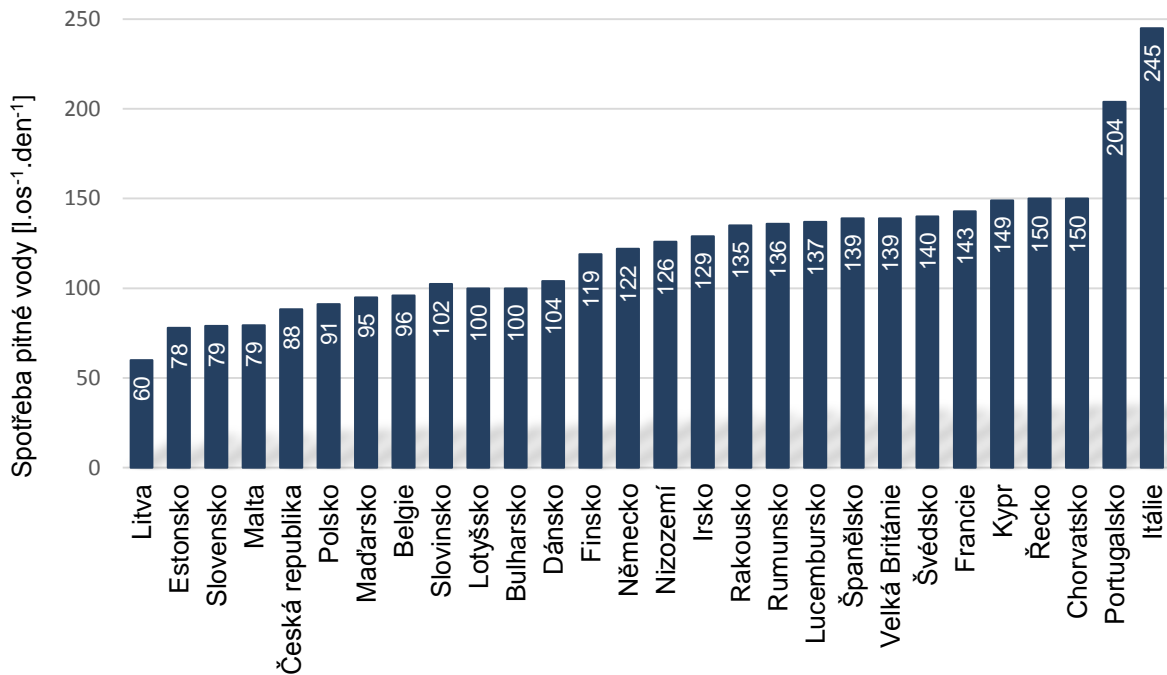
Jihovýchodní Evropa má procento připojených obyvatel k čistírnám městských odpadních vod mezi 48 a 87 %. V Bulharsku a Rumunsku má polovina čistíren odpadních vod terciární čištění.

3.2.2 Specifická spotřeba vody v EU

Průměrná spotřeba pitné vody v České republice má čtvrtou nejnižší spotřebu pitné vody na osobu a den z celkového počtu 28 porovnávaných států EU. Nejvíce vody se využívá v zemědělství a to téměř 40 %. Průměrná spotřeba vody v domácnostech ve členských státech EU je $123 \text{ l.os}^{-1}.\text{den}^{-1}$ (Wanner, 2018; Wareg, 2018), v Evropě pak $144 \text{ l.os}^{-1}.\text{den}^{-1}$ (Evropská agentura pro životní prostředí, 2018).

Zajímavá je i skutečnost, že v řadě zemí jižní Evropy, které jsou ohroženy suchem v daleko vyšší míře než Česká republika, je spotřeba pitné vody na osobu mnohem vyšší, příkladem je Španělsko, Portugalsko či Itálie.

Průměrná spotřeba vody z veřejného zásobování pro jednotlivé státy EU je uvedena na Obr. 2.



Obr. 2 Průměrná spotřeba vody ve členských státech EU

Při návrhu čistírny odpadních vod se obvykle uvažuje, že specifická spotřeba vody je rovna hodnotě produkce odpadní vody nebo je vyšší v případě započítání občansko-technické vybavenosti. Produkci odpadní vody z občansko-technické vybavenosti obce lze stanovit podle spotřeby vody na jednotku (Tab. 8) nebo odborně navýšit specifickou spotřebu vody.

3.3 PROGNOZA POČTU OBYVATELSTVA

Prognóza počtu obyvatelstva musí být zohledněna pro výpočet celkového počtu obyvatel, kteří budou výhledově napojeni na ČOV. Prognózu nárůstu obyvatelstva lze určit na základě odborného nepřímého odhadu nebo pomocí statistických hodnot (matematických vztahů).

3.3.1 Nepřímý odhad

Odborná prognóza nárůstu obyvatelstva v obci lze určit na základě územního plánu obce, plánu rozvoje vodovodu a kanalizací obce a informací od zastupitelů obce. Je možné pro návrh budoucí ČOV uvažovat s aglomerací více obcí, která je plánována zastupiteli obce. Z tohoto důvodu je zapotřebí množství napojených obyvatel na budoucí ČOV a kanalizaci vždy konzultovat se zastupiteli obce v kombinaci s ÚP obce a PRVKÚK dané obce.

Grafické porovnání

Metoda zahrnuje grafickou úpravu obyvatelstva posuzovaného v minulosti. Údaje o počtu obyvatelstva lze určit z podobných, ale větších obcí z důvodu porovnání křivek s aktuální hodnotou obyvatelstva. Tyto křivky se využívají při prognóze zkoumané obce.

Poměr a korelace

Předpokládá se, že populace obcí následuje trend regionu, do kterého spadá. Podle záznamů o sčítání lidu se poměr obecní populace a regionální populace určí a plánuje pro další roky. Populace obyvatelstva se získá z prognózy obyvatelstva pro region (vytvořené jiným subjektem na plánovací úrovni) a z určeného poměru.

Prognóza zaměstnanosti a veřejných služeb

Počet obyvatel se určí podle odhadu pracovních míst, které vytváří jiný subjekt. Podle údajů o obyvatelstvu z minulosti a počtu zaměstnaných lidí se spočítá poměr mezi pracovním místem a obyvatelstvem pro budoucí roky. Populace obyvatelstva se získá z prognózy počtu pracovních míst v obci.

3.3.2 Matematická analýza

Některé evropské státy zohledňují při návrhu produkce odpadní vody na ČOV tzv. index pokrytí (coverage index), který udává poměr mezi napojeným obyvatelstvem na kanalizaci a celkovou populací. Při návrhu specifické produkce odpadních vod je tento index pokrytí zohledněn a tomu přizpůsobena návrhová hodnota produkce vody pro danou lokalitu (Sperling, 2007).

Tento index je možné stanovit podle aktuálních podmínek nebo odhadnout pro budoucí podmínky, pro účely výpočtu návrhového přítoku na ČOV. Index musí pokrýt následující aspekty:

- fyzické, geografické a topografické podmínky území: spočívají v napojení všech domácností na kanalizační systém,
- index adheze (adhesion index): jde o poměr mezi obyvatelstvem, které je napojené na kanalizaci a lidmi, kteří by se mohli potenciálně napojit na kanalizaci,
- etapy zavedení kanalizačního systému: při počátečním provozu ČOV nebyly na ČOV napojeny všechny kanalizační řady.

Prognózu počtu obyvatelstva v obci do 2000 EO je možné stanovit matematicky pomocí lineárního růstu nebo naopak podle klesajícího tempa růstu obyvatelstva. Ostatní metody (geometrický a logaritmický růst) jsou pro malé obce nevhodné. Jejich použití je především pro krátkodobé prognózy vývoje populace a pro odhad populace obyvatelstva při extrémním nárůstu obyvatelstva, tj. naplnění hodnoty „saturation population“ (Sperling, 2007).

Lineární růst obyvatel

Nárůst obyvatel má konstantní tempo, metoda je určená na krátkodobou prognózu. Vzorec prognózy a koeficientu růstu v případě, že nebude použita regresní analýza (Sperling, 2007):

$$P_t = P_0 + K_a \cdot (t - t_0) \quad [\text{obyv}] \quad (\text{R.1})$$

$$K_a = \frac{P_2 - P_0}{t_2 - t_0} \quad (\text{R.2})$$

kde:

- P_t - odhadovaný počet obyvatel za rok t ,
- P_0 - počet obyvatel v počátečním roce,
- K_a - koeficient získaný regresní analýzou,
- t - odhadovaný počet obyvatel pro daný rok,
- t_0 - počet obyvatel v počátečním roce,
- P_2 - počet obyvatel v n -tém roce,
- t_2 - odhadovaný počet obyvatel v n -tém roce.

Klesající tempo růstu obyvatel

Použití při předpokladu, že bude výhledově spíše klesat tempo růstu obyvatelstva. Populace asymptoticky inklinuje spíše k „zalidnění“ obce. Vzorec prognózy a koeficientu růstu v případě, že nebude použita regresní analýza (Sperling, 2007):

$$P_t = P_0 + (P_s - P_0) \cdot [1 - e^{-K_d \cdot (t - t_0)}] \quad [\text{obyv}] \quad (\text{R.3})$$

$$P_s = \frac{2 \cdot P_0 \cdot P_1 \cdot P_2 - P_1^2 \cdot (P_0 + P_2)}{P_0 \cdot P_2 - P_1^2} \quad (\text{R.4})$$

$$K_d = \frac{-\ln[(P_s - P_2)/(P_s - P_0)]}{t_2 - t_0} \quad (\text{R.5})$$

kde:

- K_d - koeficient získaný regresní analýzou,
- P_s - hodnota zalidnění (value saturation),
- P_1 - počet obyvatel v n -tém roce.

Matematická prognóza musí být založená vždy na paralelních informacích, které jsou neměřitelné, př. sociální, ekonomické a geografické aspekty. Výběr prognózy musí být proveden na zdravém úsudku analytika, který vyžaduje obezřetnost a vnímavost.

3.4 URČENÍ BALASTNÍCH VOD

Množství balastních odpadních vod zaleží vždy na stavebně-technickém stavu kanalizace a velikosti posuzované lokality. Zjištění hodnoty balastních vod lze určit exaktně nebo nepřímo pomocí odborného odhadu.

Přímé zjištění množství balastních vod ve stokové síti lze provést pomocí:

- provedeního monitoringu průtoků ve stokové síti,
- optických kabelů ve stokové síti,
- pitné fakturované vody.

V případě, že není známá hodnota množství balastních vod ve stokové síti, je možné balastní vody stanovit nepřímým (orientačně) podle:

- kamerových prohlídek stokové sítě,
- profesionálního odhadu na základě stáří stokové sítě,
- monitoringu kanalizace a vyhodnocení technického stavu v okolních obcích,
- koeficientu infiltrace (metoda používaná agenturou US EPA),
- délky stokové sítě (metoda používaná agenturou US EPA),
- hustoty obyvatelstva (metoda používaná agenturou US EPA).

Balastní vody se stanovují buď jako podíl k průměrnému bezdeštnému dennímu průtoku vyjádřeného v procentech nebo jako specifický přítok na jednotku délky (obvykle km) stokové sítě nebo na plochu odvodňovaného území v hektarech.

3.4.1 Přímé stanovení množství balastních vod

V Evropě většina provozovatelů stanovuje hodnotu procentuálního množství balastních vod na základě aktuálního stavebně-technického stavu kanalizace.

Stanovení pomocí monitoringu

Balastní vody se vyhodnocují v bezdeštném období, kdy není žádný přítok dešťových vod do stokové sítě. Druhou podmínkou je zvolit období, kdy je vysoká hladina podzemní vody s maximální infiltrací. Monitoring se provádí v nočních hodinách (3-6 hodina ranní) za předpokladu, že ve stokové síti protéká minimální průtok. Metoda je vhodná pro malé obce, kanalizace se kontroluje po jednotlivých úsecích.

Stanovení pomocí optických kabelů

Zjištění nátok balastních vod do stokové sítě lze určit pomocí optických nebo metalických kabelů. Jedná se o moderní etapové či kontinuální řešení, které vyhodnocuje teploty po celé délce optického kabelu ve stokové síti.

Optický (metalický) kabel je vhodný pro získání přesnější prostorové informace o rozložení průsaků balastních vod z jednotlivých částí stokové sítě. Etapové měření umožňuje porovnávat vzájemné rozdíly mezi jednotlivými etapami. Kontinuální měření umožňuje i kontrolovat stokovou síť (př. sledování mechanických deformací) v čase a provozovatel na ně může reagovat na něj vhodnými nápravnými opatřeními. Kontrola se provádí měřením a vyhodnocováním umístěného v zájmovém prostoru.

Stanovení podle fakturované vody

Další metodou, která je ovšem pouze orientační, je metoda bilanční, při které je zpravidla delší období (6-12 měsíců) porovnáván objem pitné vody fakturovaný zákazníkům v povodí s objemem vody protečené stokovou sítí v uzávěrném profilu povodí (Metodická příručka MŽP, 2009).

3.4.2 Nepřímé stanovení množství balastních vod

Odborného odhadu pro stanovení množství balastních vod se využívá jako alternativního řešení v případě nižších finančních prostředků či časových důvodů.

Stanovení pomocí kamerového průzkumu

Kamerový průzkum stokové sítě lze provést na celé stokové síti či na vybraných úsecích, metoda vhodná pro lokalizaci menších úseků a upřesnění nátok balastních vod. Přítok balastních vod lze odhalit kanalizačním robotem, který má teplotní senzor pro zjištění nátok balastních vod (balastní vody mají nižší teplotu než odpadní vody ve stokové síti). Infiltrace odpadní vody v kanalizaci může nastat v různých místech, které závisí na různých faktorech (typ kanalizační sítě, průměr potrubí, materiál, typ a třída zeminy, výška hladiny podzemní vody, hustota obyvatel a další). Určení množství balastních vod ve stokové síti je pak profesionálním odhadem technologa, odborníka či provozující společnosti.

Stanovení odhadem na základě stáří stokové sítě

Jedná se o profesionální odhad odborníka (technologa, pracovníka provozovatele), který je seznámen se stavebně-technickým stavem stokové sítě v obci.

Stanovení hodnoty podle okolních obcí

Stanovení orientační hodnoty množství balastních vod lze určit podle výsledků vyhodnocení monitoringu stavebně-technického stavu stokové sítě v okolních obcích za předpokladu stejné doby výstavby, hydrogeologických a geologických podmínek, materiálu, provozovatelské společnosti, stejných nákladů na obnovu a velikosti obce.

Stanovení pomocí infiltrace

Pokud provozovatel nezná přesná data o průtocích v kanalizaci, je možné určit odhad infiltrace balastních vod pomocí zvoleného typu a průměru potrubí uvedené v Tab. 5 (systém používaný agenturou US EPA).

Tab. 5 Orientační hodnoty míry infiltrace v kanalizaci (Crespo, 1997)

Průměr potrubí	Druh spojů	Hladina podzemní vody	Propustnost vody	Koeficient infiltrace	
				$\text{l.s}^{-1}.\text{km}^{-1}$	$\text{m}^3.\text{d}^{-1}.\text{km}^{-1}$
< 400 mm	poddajné polotuhé	pod potrubím	nízká	0,05	4,0
			vysoká	0,10	9,0
		nad potrubím	nízká	0,15	13,0
			vysoká	0,30	26,0
	tuhé	pod potrubím	nízká	0,05	4,0
			vysoká	0,50	43,0
		nad potrubím	nízká	0,50	43,0
			vysoká	1,00	86,0
> 400 mm	-	-	-	1,00	86,0

Stanovení podle délky stokové sítě

Někteří provozovatelé stanovují koeficient infiltrace (infiltration coefficient) balastních vod v závislosti na průměru potrubí v rozmezí $0,01-1,0 \text{ m}^3.\text{d}^{-1}.\text{km}^{-1}$. Tento systém stanovení vychází ze statisticky zpracovaných hodnot pro různé velikosti obcí, metodu používá agentura US EPA (Metcalf, 1991).

V případě odhadu množství balastních vod v kanalizaci, pokud není známa celková délka kanalizace (př. budoucí napojení obyvatelstva) využívají hodnoty:

- 2,5-3,5 m kanalizační sítě na obyvatele pro malé obce,
- 2,0-3,0 m kanalizační sítě na obyvatele pro střední velikost obcí,
- 1,0-2,0 m kanalizační sítě na obyvatele pro velké obce (města).

Stanovení podle hustoty obyvatelstva

Na základě orientačních hodnot délky kanalizace je možné stanovit infiltraci balastních vod do kanalizační sítě, jednotkou stanovení je množství odpadní vody podle hustoty obyvatel. Metodu používá agentura US EPA (Qasim, 1985):

- 8-150 l.os⁻¹.den⁻¹ s malou hustotou obyvatel na hektar,
- 25-125 l.os⁻¹.ha⁻¹ běžnou hustotou na hektar,
- 20-2000 m³.d⁻¹. km⁻² s vysokou hustotou obyvatelstva na hektar.

Malá hustota obyvatelstva pro malé obce je řádově 5000 obyvatel na km². Projektant musí vždy analyzovat stavebně-technický stav kanalizační sítě, použití vhodného materiálu, intervalu údržby a obnovy stokové sítě.

Při stanovení konečného výpočtu balastních vod se průměrné hodnoty infiltrace používají k výpočtu návrhových přítoků balastních vod. Při podmínkách minimálních přítoků v kanalizaci se většinou přítok balastních vod vylučuje, důvodem je právě stanovení minimálního nejnižšího průtoku na ČOV.

3.5 NÁVRHOVÁ PRODUKCE ZNEČIŠTĚNÍ

Hodnoty návrhové produkce znečištění záleží na sociálních, ekonomických a environmentálních podmínkách daného státu. Návrhová produkce znečištění je pro ukazatele kvality odpadní vody BSK₅, CHSK_{Cr}, NL, N_c a P_c různá pro každý stát, hodnoty oscilují kolem standardních hodnot používaných v členských státech EU. Jednotlivé státy Evropské unie mají svými legislativními dokumenty zakotvenou návrhovou produkci znečištění udávanou v g.os⁻¹.den⁻¹. Tyto hodnoty jsou hodnotami doporučujícími a při návrhu ČOV jsou obvykle rozdílné. Odlišnost návrhových hodnot je dána několika faktory, které výrazně ovlivňují výpočet ČOV. Faktory závisí vždy na počtu obyvatel, vybavenosti obce, druhu spádové oblasti, vodohospodářském průzkumu, hydraulických poměrech stokové sítě a inženýrsko-geologickém průzkumu lokality. Provozovatel ČOV obvykle v daném regionu (oblasti, státu) doporučuje návrhové hodnoty produkce odpadní vody.

Hodnotou produkce odpadní vody je ukazatel BSK₅, který je hlavní návrhovou hodnotou při výpočtu ČOV. Hodnota ukazatele se pohybuje pro evropské země v intervalu 50-60 g.os⁻¹.den⁻¹, pro státy mimo EU jsou hodnoty přibližně stejné. Výjimkou jsou země třetího světa, kde jsou hodnoty návrhové produkce poloviční.

Ukazatel CHSK_{Cr} je obvykle při výpočtu uvažován jako 2-2,5x BSK₅.

Asi největší rozdílnou hodnotou produkce znečištění je ukazatel nerozpuštěných látek NL, které se pohybují pro vybrané státy v rozmezí 40-95 g.os⁻¹.den⁻¹.

Hodnoty průměrné návrhové produkce znečištění pro vybrané státy EU a světa jsou uvedeny v Tab. 6. Hodnoty produkce znečištění jsou uvedeny v rozmezí, ve kterém byly dohledány, a ne vždy se podařilo dohledat kompletní informace k hodnotám návrhového znečištění. Pro členské státy EU jsou uvedeny obvyklé návrhové hodnoty produkce znečištění, které jsou dány směrnicí Rady 91/271/EHS.

Tab. 6 Návrhové hodnoty produkce znečištění v gramech na osobu za den

Stát	BSK ₅	CHSK _{Cr}	NL	N _c	P _c	Zdroj
Členské státy EU	50-60	110-120	55-75	11-12	2-3	ČSN EN 12255, legislativa států EU
US EPA	35-65	115-150	35-75	6-17	1-2	OWT US EPA, 2004
Brazílie	55-70	110-140	55-70	8-14	0,6-1	Henze, Comeau, 2008
Egypt	27-40	55-80	40-70	8-14	0,4-0,6	
Turecko	27-40	55-80	40-70	8-14	0,4-2	
Dánsko	55-68	160-190	82-96	14-19	1,5-2,0	Henze, Harremoes, Jansen, Arvin, 2001
Německo	55-68	160-190	82-96	11-16	1,2-1,6	
Indie	27-40	-	-	-	-	Mesdaghinia, Nasser, Mahvi, Tashauoei, 2015
Itálie	49-60	120	55-82	8-14	0,6-1,0	
Švédsko	68-82	140-160	82-96	11-16	0,8-1,2	
Uganda	55-68	110-140	41-55	8-14	0,4-0,6	
Teherán	31-34	60-70	35-40	6,2-7,3	1,8-2	
Jižní Afrika	50	100	-	10	2,5	Newsletter and Technical Publications, 2001
Keňa	23-36	60	-	9	-	
Zambie	23	50	-	-	-	
Japonsko	40	80	-	10	1	Inamori, Xu, 2012
Vietnam	45-60	82-102	-	8-13	0,8-4,5	Long, Chuong, Vinh, Chinh, 2016
Bangladéš	30	250	-	-	-	Revised EIA Report, 2015

Hodnoty pro celkový dusík dosahují vyšších hodnot rozmezí pro státy EU na rozdíl od států mimo EU. Návrhové hodnoty celkového fosforu jsou ve světě spíše nižší.

Průměrné poměry jednotlivých ukazatelů produkce odpadní vody ve světě a EU jsou srovnatelné s poměry ukazatelů v ČR:

- $CHCK_{Cr}/BSK_5 = 2-2,5$,
- $CHCK_{Cr}/N_c = 8-12$,
- $CHCK_{Cr}/P_c = 35-45$,
- $BSK_5/N_c = 4-6$,
- $BSK_5/P_c = 15-20$.

Poměry ukazatelů pro země třetího světa neodpovídají průměrným hodnotám.

3.6 STANOVENÍ EKVIVALENTNÍHO OBYVATELE

Ve směrnici Rady 91/271/EHS ve článku 2, odst. 6 „1 EO (počet ekvivalentních obyvatel) zatížení vyjádřené jako produkce organického biologicky odbouratelného znečištění, která odpovídá pětidenní biochemické spotřebě kyslíku (BSK₅) 60 g O₂.den⁻¹“. Dále ve článku 4, odst. 3 je zakotveno, že „Zatížení vyjádřené v EO se vypočte z maximálního průměrného týdenního zatížení na vstupu do čistírny odpadních vod během roku s vyloučením neobvyklých situací, jako jsou například situace vyvolané silnými dešti“.

V Tab. 7 jsou uvedeny a sjednoceny hodnoty přepočtu pro občansko-technickou vybavenost obce do 2000 EO dohledané převážně ze zdrojů Wastewater Treatment Manuals, US EPA, 1999; Lin, 2007; Sperling, 2007; DWA-A 131, 2016.

Tab. 7 Přepočet občansko-technické vybavenosti obce na EO

Vybavenost obce	Ekvivalentní obyvatel
Obytný dům	5 EO
Komerční budovy (kanceláře, nákupní komplexy, zábavní střediska, rekreační střediska, restaurace, kavárny a divadla)	3 EO na 100 m ² velikosti plochy
Školy, vzdělávací instituce: - denní školy, instituce, - pouze pro rezidenty studenty, - pro mimo rezidentní studenty.	0,2 EO na studenta 1 EO na studenta 0,2 EO na 1 EO
Nemocnice	4 EO na lůžko
Hotel s jídlem a vařením	4 EO na pokoj
Podniky bez procesních vod	0,3 EO na zaměstnance
Obchod (s produkcí vody)	3 EO na obchod
Obchod (bez produkce vody)	1 EO na obchod
Čerpací stanice	15 EO na záchod
Autobusové nádraží	4 EO na autobus
Taxi	4 EO na taxi
Mešita, kostel, chrám	0,2 EO na osobu
Stadion	0,2 EO na osobu
Sportovní komplex	0,5 EO na osobu
Veřejné záchody	15 EO na záchod
Prádelna	10 EO na pračku
Vězení	1 EO na osobu
Golf	20 EO na jamku

Z provedené rešerše je stanovení kapacity ČOV prováděno přes ukazatel BSK₅. Přepočet občanské vybavenosti na ekvivalentního obyvatele se provádí pomocí převodních tabulek, které jsou většinou zakotveny v legislativních dokumentech

jednotlivých států. Tabulkové hodnoty přepočtu EO vychází z dlouhodobých měření a jsou shodné pro většinu států.

Určení EO přes ukazatel BSK₅ může být dána rozdílnou dobou stanovení tohoto parametru, která je uvedena v legislativě daného státu. Většina států určuje biochemickou spotřebu kyslíku jako pětidenní, ale tuto hodnotu je možné stanovit po jednotlivých dnech a z těchto hodnot sestavit křivku průběhu BSK_t (v čase t) a odhadnout její limitní hodnotu, tj. úplnou biochemickou spotřebu kyslíku BSK_u.

Hodnotu BSK_u lze stanovit:

$$BSK_t = BSK_u \cdot (1 - e^{-k_1 t}) = BSK_u (1 - 10^{-k_1 t}) \quad [\text{mg.l}^{-1}] \quad (\text{R.6})$$

kde:

- BSK_t - hodnota BSK v čase „t“ v mg.l⁻¹,
- BSK_u - limitní hodnota BSK v mg.l⁻¹,
- t - čas v dnech,
- k₁ - rychlostní konstanta pro splaškové vody.

V běžné praxi se používá pro splaškové vody rychlostní konstanta 0,1 d⁻¹, to znamená, že každý den oxiduje 20,6 % zbývajících látek vyjádřených jako BSK. Rozklad je ukončen za 20 dní a platí:

$$BSK_{20} = BSK_u = 1,46 \cdot BSK_5 \quad [\text{mg.l}^{-1}] \quad (\text{R.7})$$

Metoda stanovení BSK je mezinárodně uznávaná podle ČSN EN 1899, s navrhovanou dobou inkubace 5 až 7 dní (BSK₅, BSK₇). Poměr mezi těmito hodnotami pro různé typy odpadních vod se pohybuje mezi 1,05-1,3 (Pitter, 2009).

3.7 STANOVENÍ PRODUKCE ZNEČIŠTĚNÍ PRO VYBAVENOST OBCE

Stanovení produkce znečištění pro občansko-technickou vybavenost obce je ve většině států EU definováno v gramech na osobu za den. Hodnota je stanovena pouze pro ukazatel BSK₅, přes který se určuje počet EO na ČOV. Dohledatelné hodnoty specifické produkce znečištění vybavenosti obce nejsou obvykle započteny celé, ale redukované, což je základní rozdíl při návrhu látkového zatížení ČOV v ČR.

V Tab. 8 je produkce znečištění doplněna o informaci spotřeby vody pro danou jednotku u obcí do 2000 EO (Sperling, 2007; Lin 2007, WSAA, 2014).

Tab. 8 Hodnoty produkce odpadní vody a znečištění pro vybranou vybavenost obce

Občansko-technická vybavenost obce	Jednotka	Spotřeba vody [l.den ⁻¹]	BSK ₅ [g.os ⁻¹ .den ⁻¹]	Zdroj
Škola s jídelnou, tělocvičnou a sprchami	student	50-100	-	Sperling, 2007
Škola bez jídelny a tělocvičny	student	20-60	-	
Škola s jídelnou	student	40-80	30	

Škola pouze pro rezidenty	student	180	60	Sperling, 2007
Škola mimo rezidenty	student	40	20	
Škola mimo rezidenty s jídelnou	student	60	30	
Čerpací stanice	zaměstnanec	25-50	-	
Ubytování, penzion	host	80-150	-	
Bufet	zákazník	4-20	-	
Obchod	zaměstnanec	30-50	-	
Kanceláře	zaměstnanec	30-70	-	
Vězení	vězeň	200-500	-	
	zaměstnanec	20-60	-	
Golf	hráč	20	10	Lin, 2007; Wastewater Treatment Manuals, 1999
Squash	hráč	25	15	
Fotbalový klub	hráč	30	20	
Restaurace pro rezidenty	zákazník	200	60	
Restaurace	zaměstnanec	60	30	
Bar s jídlem a pitím	host	10	10	
Hotel s jídlem	host	250	75	
Hotel bez jídla	host	180	45	
Hotel s jídlem	zaměstnanec rezident	180	60	
Hotel s jídlem, konference	host	40	20	
Domov důchodců	obyvatel	200-450	60	
	zaměstnanec	20-60	30	

3.8 CELKOVÉ SHRNTÍ

Členské státy EU ani ostatní státy světa nerozlišují při návrhu ČOV produkci znečištění pro odpadní vody ze splaškové, tlakové nebo podtlakové kanalizace. Návrhové hodnoty produkce znečištění jednotlivých ukazatelů pro výpočet ČOV jsou uvedeny vždy v doporučeném rozmezí.

Pro stanovení produkce odpadní vody od občansko-technické vybavenosti se používá hodnot v Tab. 6, které doporučují hodnotu spotřeby vody pro vybavenost obce. Stanovení počtu EO pro občansko-technickou vybavenost obce je řešeno pomocí doporučujících převodních hodnot uvedených v Tab. 7. Postup při stanovení produkce odpadní vody a počtu EO od občanské vybavenosti je podobný jako v ČR.

Pro stanovení produkce znečištění od občansko-technické vybavenosti obce jsou používány hodnoty produkce znečištění (přes ukazatel BSK₅) v Tab. 8. V České republice je způsob stanovení produkce znečištění od občansko-technické vybavenosti obce jiný, stanovuje se pro plné hodnoty specifické produkce znečištění odpadní vody uvedené v Tab. 9.

4 NORMOVÉ HODNOTY PRO NÁVRH ČOV

Složení odpadních vod včetně jejich množství je kolísající v průběhu dne, týdne i roku. Především u splaškových vod dochází během jejich transportu v kanalizaci k chemickým a dalším změnám. V závislosti na jejich znečištění je pak složení odpadní vody rozdílné (Hlavínek, Mičín, Prax, Hlušík, Mifek, 2006).

Ukazatele kvality odpadní vody a jejich normové návrhové hodnoty používané v České republice jsou popsány v následujících kapitolách.

4.1 MNOŽSTVÍ ODPADNÍ VODY

Norma ČSN 75 6401 a ČSN 75 6402 uvádí v kapitole „5 Podklady pro návrh čistírny“, odst. 5.2, že je zapotřebí zohlednit, pro samotný návrh skladby jednotlivých objektů a technologického vybavení ČOV, informaci o druhu, stavu a hydraulických poměrech stokové sítě. Stoková síť a čistírna odpadních vod tvoří komplexní vazbu, která by měla být zohledněna při návrhu technologie čištění odpadních vod.

Hydraulické zatížení čistírny odpadních vod vychází z počtu trvale žijících obyvatel v obci, rekreatantů, občansko-technické vybavenosti obce, podnikatelské činnosti v obci a množství balastních odpadních vod. Hlavní návrhový parametr ČOV je specifická produkce odpadní vody vyjádřená na osobu za den, která za poslední roky neustále klesá.

Výpočet průměrného denního bezdeštného průtoku Q_{24} :

$$Q_{24} = Q_{24,m} + Q_B = EO \cdot q_{sp} + Q_B \quad [\text{m}^3 \cdot \text{den}^{-1}] \quad (\text{R.8})$$

kde:

- Q_{24} - průměrný bezdeštný přítok v $\text{m}^3 \cdot \text{den}^{-1}$,
- $Q_{24,m}$ - průměrný denní průtok od obyvatelstva v $\text{m}^3 \cdot \text{den}^{-1}$,
- EO - ekvivalentní obyvatel,
- q_{sp} - specifická spotřeba vody v $\text{l} \cdot \text{os}^{-1} \cdot \text{den}^{-1}$,
- Q_B - balastní vody v %.

Normové hodnoty

Při návrhu čistíren odpadních vod byla v ČSN 75 6402 (1998) dlouhodobě zakotvena hodnota $150 \text{ l} \cdot \text{os}^{-1} \cdot \text{den}^{-1}$, kterou někteří projektanti používají ještě dnes. Tato hodnota je již dnes nadhodnocena a pro návrh čistíren odpadních vod se obvykle používá průměrná produkce odpadních vod $120\text{-}130 \text{ l} \cdot \text{os}^{-1} \cdot \text{den}^{-1}$ (podle kategorie ČOV), která tak obsahuje velké rezervy při návrhu hlavních objemů nádrží na ČOV.

Norma ČSN EN 752 uvádí v „Příloze E Hydraulické výpočty“, kapitole „E.5 Výpočet odtoku znečištěných vod pro stokové systémy“ hodnotu produkce odpadní vody pro ČR 100 až $150 \text{ l} \cdot \text{os}^{-1} \cdot \text{den}^{-1}$. Norma ČSN 75 6401 neudává hodnotu specifické produkce odpadních vod, v ČSN 75 6402 (2017) je v kapitole „5 Podklady pro návrh čistírny“, odst. 5.4 uvedena doporučující hodnota $90\text{-}120 \text{ l} \cdot \text{os}^{-1} \cdot \text{den}^{-1}$ s přihlédnutím k budoucímu vývoji odpadních vod a posouzením opatření ovlivňující spotřebu vody.

4.1.1 Balastní vody

Balastní vody jsou v ČSN 75 0161 definovány jako nežádoucí přítok vody do stokového systému a kanalizačních přípojek (ČSN 75 6401, 2006).

V normě ČSN 75 6401, kde je v kapitole „4 Všeobecně“, odst. 4.6 napsáno, že přítok balastních vod má být co nejmenší a přítok balastních vod větší než 15 % průměrného bezdeštného přítoku je nežádoucí. V ČSN 75 6402 kapitola „4 Obecně“, odst. 4.5 je napsáno, že přítok balastních vod je nežádoucí a v případě přítoku balastních vod se doporučuje provést opatření na kanalizaci, které sníží jejich množství na minimum.

Výpočet množství balastních vod:

$$Q_B = X \cdot (Q_{24,m} + Q_{24,p}) \quad [\text{m}^3 \cdot \text{den}^{-1}] \quad (\text{R.9})$$

kde:

- Q_B - množství balastních vod v $\text{m}^3 \cdot \text{den}^{-1}$,
- X - množství balastních vod v %,
- $Q_{24,m}$ - průměrný denní průtok od obyvatelstva v $\text{m}^3 \cdot \text{den}^{-1}$,
- $Q_{24,p}$ - průměrný denní průtok od průmyslu $\text{m}^3 \cdot \text{den}^{-1}$.

Zpravidla mají balastní vody dvě významné složky, a to vody infiltrované netěsnostmi stokové sítě z okolního půdního prostředí a povrchové vody, které jsou bodově zaústěny do kanalizace, př. drobné vodoteče, drenáže, přepady z rybníků, nátok srážkových vod ventilačními otvory poklopů vstupních šachet či černá napojení srážkových vod z nemovitostí (Metodická příručka MŽP, 2009).

Normové hodnoty

Stanovení návrhového množství balastních vod není zakotveno v normě. Určuje se na základě zkušeností projektanta nebo podle dohody s provozovatelem. Balastní vody se stanovují vyhodnocením přes minimální noční průtoky na základě monitoringu, odborným odhadem stavebně-technického stavu stokové sítě pomocí kamerových zkoušek nebo orientační průměrnou hodnotou $3 \text{ dcl} \cdot \text{hod}^{-1}$ na metr stokové sítě. V našich podmínkách uvažujeme balastní vody 10-15 % z celkového průměrného denního množství. Při návrhu nové splaškové kanalizace se doporučuje použít hodnoty 5 %, při posuzování stávající kanalizace záleží na jejím technickém stavu. Na tlakové a podtlakové stokové síti se balastní vody zanedbávají. Při určení odhadu hodnoty balastních vod je vhodné zohlednit plnění plánu obnovy stokové sítě a objektů provozovatelem, který má přímý vliv na stavebně-technický stav.

4.1.2 Směrná čísla roční potřeby vody

Podle zákona č. 274/2001 Sb. o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích), Hlava IV, § 19, odst. „5 Měření odváděných odpadních vod“ se uvádí: „*Pokud není množství vypouštěných odpadních vod měřeno, předpokládá se, že odběratel, který odebírá*

vodu z vodovodu, vypouští do kanalizace takové množství vody, které odpovídá zjištění na vodoměru nebo směrným číslům roční potřeby vody, pokud nejsou instalovány vodoměry“. Specifická potřeba vody na obyvatele za den je shodná s množstvím vypouštěných odpadních vod do kanalizace a údaje o potřebě vody jsou převzaty z oblasti vodárenství.

Směrná čísla roční potřeby vody (vyhláška č. 120/2011 Sb., Příloha č. 12) určují potřebu pitné vody a zpravidla i množství vypouštěné odpadní vody. Směrná čísla roční potřeby vody se použijí jako pomůcka pro rozúčtování, když nedojde k dohodě alespoň s polovinou spotřebitelů vody v domě s měřením v patě domu. Specifické množství vody závisí na vybavenosti bytů a rodinných domů. Směrná čísla roční potřeby vody slouží jako ukazatel produkce odpadní vody, který se používá spíše pro výpočet množství odpadní vody z občanské vybavenosti obce.

Normové hodnoty

Vybrané hodnoty ročních směrných čísel pro bytový fond a občansko-technickou vybavenost stanovující druh spotřeby vody (vyhláška č. 120/2011 Sb.):

- na 1 obyvatele bytu s tekoucí studenou vodou $15 \text{ m}^3 \cdot \text{rok}^{-1}$,
- na 1 obyvatele bytu bez tekoucí teplé vody na kohoutku $25 \text{ m}^3 \cdot \text{rok}^{-1}$,
- na 1 obyvatele bytu s tekoucí teplou vodou na kohoutku $35 \text{ m}^3 \cdot \text{rok}^{-1}$,
- kancelář na 1 osobu s WC a umyvadlem $4 \text{ m}^3 \cdot \text{rok}^{-1}$,
- kancelář na 1 osobu s WC a umyvadlem a teplovou vodou $14 \text{ m}^3 \cdot \text{rok}^{-1}$,
- školy bez stravy na 1 osobu s WC a umyvadlem $3 \text{ m}^3 \cdot \text{rok}^{-1}$,
- školy bez stravy s WC, umyvadlem, teplovou vodou a sprchami $16 \text{ m}^3 \cdot \text{rok}^{-1}$,
- hotely a penziony na 1 lůžko s WC, koupelnou a teplou vodou $45 \text{ m}^3 \cdot \text{rok}^{-1}$.

Pro rodinné domy se připočítává 1 m^3 na spotřebu spojenou s očištěním okolí rodinného domu i s očištěním osob při aktivitách na zahradě apod. Kropení zahrady a provoz bazénů je samostatnou položkou a nespadá pod bytový fond (vyhláška č. 120/2011 Sb.).

4.2 SLOŽENÍ ODPADNÍCH VOD

Jednotná stoková síť odvádí splaškové a srážkové odpadní vody na ČOV, před čistírnou odpadních vod jsou srážkové vody a část splaškových vod odlehčeny do recipientu. Oddílná stoková síť je již doménou obcí, které mají vybudovanou novou ČOV (společný stavební záměr při využití dotačních titulů).

V malých obcích do 2000 EO lze převážně očekávat výskyt komunálních odpadních vod, tj. splaškových odpadních vod od obyvatelstva. Výskyt průmyslových odpadních vod v malých obcích je spíše výjimečný (Hlavínek, Hlušík, 2010).

Stejně jako kolísá množství, tak i složení odpadních vod během dne i týdne. Maximum průtoku je téměř shodné s maximem znečištění a závisí na režimu dne obyvatelstva. Kromě uvedeného kolísání složení splaškových odpadních vod je nutné počítat také se změnami ve složení během toku v kanalizaci.

Z fyzikálního hlediska může docházet k dispergaci, nebo naopak ke koagulaci některých složek, popř. k adsorpci některých složek kovů (spíše u průmyslových odpadních vod) na tuhé fáze či k jejich desorpci z ní. Chemické změny spočívají v hydrolýze (např. polyfosforečnanů a peroxoboritanů z pracích prostředků, pokud již nebyly rozloženy během pracovního procesu), oxidaci, redukci, srážení či komplekci (kovů, fosforečnanů). Největší změny ve složení způsobují vlivy biologické. Vzhledem k bohatému biologickému osídlení splaškových vod a přítomnosti většinou snadno biologicky rozložitelných látek, dochází již v kanalizaci k biochemickým transformacím organických látek. Podle kyslíkových poměrů mohou probíhat aerobní, anoxické i anaerobní pochody. Anaerobní pochody jsou ve splaškových vodách nežádoucí, protože vedou k tvorbě sulfidické síry, sulfanové korozi zdiva stok s cementovým pojivem a k pachovým problémům (Malý, Malá, 2009).

4.2.1 Složení splaškových odpadních vod

Orientační hodnoty specifické produkce znečištění (parametr „s_o“) splaškových odpadních vod v gramech na obyvatele za den jsou uvedeny v Tab. 9 (jedná se o tzv. populační ekvivalent a normové hodnoty pro výpočet ČOV). S ohledem na probíhající biologické procesy je žádoucí co nejrychlejší transport těchto vod na čistírnu odpadních vod.

Tab. 9 Specifická produkce znečištění „s_o“ odpadních vod v g.obyv⁻¹.den⁻¹ (ČSN 75 6401, 75 6402)

Látka	Anorganické	Organické	Celkové	BSK ₅	CHSK _{Cr}	N _c	P _c
Nerozpuštěné neusaditelné	10	30	40	20	40	1	2
Rozpuštěné usaditelné	5	10	15	10	20	-	-
Rozpuštěné	75	50	125	30	60	10	2,3
Celkem	90	90	180	60	120	11	2,5

4.2.2 Složení srážkových odpadních vod

Kvalita srážkových vod je velice proměnlivá a závisí na mnoha okolnostech. Nečistoty z povrchu vozovek jsou splachovány srážkovou vodou především s jejím prvním splachem, který může být silně znečištěn, zvláště po delším bezdeštném období. Koncentrace prvního splachu vozovek je obdobná jako organické znečištění splaškových odpadních vod, což je důvod zachycení této první vlny v nádržích na stokové síti nebo ČOV. Srážkové vody nařezují splaškové odpadní vody, na čistírnu odpadních vod jsou ve velkém množství nežádoucí. Proto pro čistírnu odpadních vod je dešťová událost výjimečný stav. Srážkové odpadní vody se snažíme v malých obcích před čistírnu odpadních vod mechanicky předčistit a odlehčit do recipientu (u větších ČOV akumulovat v dešťových zdržích). V současnosti některé malé obce provozují vlivem špatného technologického návrhu nevyužité dešťové nádrže na

ČOV. Z těchto nádrží lze při minimálních průtocích v nočních hodinách čerpat zpět na ČOV z důvodu jejich čištění (Hlavínek, Hlušík, Šulcová, 2003).

4.3 UKAZATELE KVALITY ODPADNÍ VODY

V následující kapitole jsou definovány ukazatelé kvality vody hlídané Nařízením vlády č. 401/2015 Sb., pro tyto ukazatele jsou uvedeny normové hodnoty pro návrh čistíren odpadních vod. Jedná se o ukazatele kvality vody: BSK₅, CHSK_{Cr}, NL, N_c a P_c.

4.3.1 Biochemická spotřeba kyslíku

Biochemická spotřeba kyslíku BSK₅ probíhá pomocí aerobních bakterií oxidujících organické látky molekulárním (vzdušným) kyslíkem. Za standardních podmínek se předpokládá, že spotřeba kyslíku ve vzorku je ukazatelem obsahu organických (částečně i některých anorganických), biologicky rozložitelných látek, na rozdíl od CHSK_{Cr}, kde dochází i k oxidaci látek biologicky nerozložitelných (Malý, Malá, 2009).

Normové hodnoty

Hodnoty BSK₅ ve splaškových vodách se pohybují okolo 300-400 mg.l⁻¹. Pro výpočet čistíren odpadních vod je návrhová hodnota 60 g BSK₅.obyv⁻¹.den⁻¹, což je považováno za specifickou produkci organického znečištění. Hodnoty v tisících mg.l⁻¹ ukazatele BSK₅ se objevují u některých průmyslových odpadních vod (především z potravinářských průmyslů). U pitných, užitkových a podzemních vod bývají hodnoty řádově nižší než 1 mg.l⁻¹, a proto se u nich BSK₅ nestanovuje. Povrchové vody běžného znečištění mají BSK₅ obvykle v jednotkách až desítkách mg.l⁻¹ (Pitter, 2009).

4.3.2 Chemická spotřeba kyslíku

Chemická spotřeba kyslíku CHSK_{Cr} probíhá pomocí aerobních bakterií oxidujících organické látky molekulárním (vzdušným) kyslíkem. Za standardních podmínek se předpokládá, že spotřeba kyslíku ve vzorku je ukazatelem obsahu organických (částečně i některých anorganických), biologicky rozložitelných látek, na rozdíl od CHSK_{Cr}, kde dochází i k oxidaci látek biologicky nerozložitelných. (Malý, Malá, 2009).

Normové hodnoty

Odpadní vody mají hodnotu CHSK_{Cr} značně proměnnou. U splaškových vod se jedná vždy o stovky mg.l⁻¹, řádově 700-900 mg.l⁻¹. Pro výpočet čistíren odpadních vod je návrhová hodnota 120 g CHSK_{Cr}.obyv⁻¹.den⁻¹. Hodnoty v tisících mg.l⁻¹ se pak objevují u vod z potravinářských průmyslů. U pitných vod z povrchových zdrojů se průměrné hodnoty CHSK_{Mn} pohybují v rozmezí 1,8-3,6 mg.l⁻¹, u podzemních zdrojů pak od 0,75-1,62 mg.l⁻¹, přičemž CHSK_{Cr} jsou asi čtyřnásobně větší (Pitter, 2009).

4.3.3 Nerozpuštěné látky

Nerozpuštěné látky NL se dále dělí na usaditelné, neusaditelné a vzplývavé. U nerozpuštěných látek je snaha alespoň o přibližný odhad obsahu organických

a anorganických látek, což vychází ze ztráty žiháním sušiny. Je však třeba brát ohled na chemické složení NL, protože obsah organických látek nemusí být vždy úměrný ztrátě žiháním (Malý, Malá, 2009).

Normové hodnoty

Návrhovou hodnotou průměrné produkce pro výpočet nerozpuštěných látek na čistírně odpadních vod je $55 \text{ g NL} \cdot \text{obyv}^{-1} \cdot \text{den}^{-1}$. Ve splaškové odpadní vodě se jedná o jednotky stovek $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$, z toho nerozpuštěné látky jsou v jednotkách $200\text{-}300 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$, u průmyslových odpadních vod pak $400\text{-}800 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ (Pitter, 2009).

Na čistírnách odpadních vod do 2000 EO se pouze vyskytuje přebytečný kal, tj. kal z dosazovacích nádrží. Usazovací nádrže s produkcí primárního kalu nebývají v této velikosti ČOV realizovány.

4.3.4 Celkový dusík

Součet organicky a anorganicky vázaného dusíku představuje dusík celkový N_c , který je podstatný pro základní charakteristiku vod. Amoniakální dusík, dusitany a dusičnany jsou anorganicky vázané formy dusíku a mají důležitou roli ukazatelů znečištění odpadních vod. Celková koncentrace organického a anorganického amoniakálního dusíku je pak označována jako Kjehldalův dusík. (Malý, Malá, 2009).

Normové hodnoty

Pro výpočet čistíren odpadních vod je návrhová hodnota specifické produkce celkového dusíku $11\text{-}12 \text{ g} \cdot \text{obyv}^{-1} \cdot \text{den}^{-1}$, anorganický dusík NH_4^+ tvoří $8 \text{ g} \cdot \text{obyv}^{-1} \cdot \text{den}^{-1}$ a organický $3 \text{ g} \cdot \text{obyv}^{-1} \cdot \text{den}^{-1}$. Koncentrace amoniakálního dusíku se pohybuje ve splaškových odpadních vodách v desítkách $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$. U průmyslových a zemědělských odpadních vod se koncentrace pohybují ve stovkách až tisících $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$. Podzemní vody za běžných podmínek nejsou na amoniakální dusík bohaté. Průměrné hodnoty se pohybují okolo $0,09 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$. U vod pitných obvykle nedochází k překročení $1 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ a průměr odpovídá $0,12 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ (Pitter, 2009).

4.3.5 Celkový fosfor

Rozpuštěný a nerozpuštěný fosfor představuje celkový fosfor P_c v odpadních vodách. Organicky a anorganicky vázané jsou obě formy. Orthofosforečnany (soli kyseliny fosforečné) a polyfosforečnany (soli polyfosforečných kyselin) dále patří pod skupinu anorganický rozpuštěného fosforu (Malý, Malá, 2009).

Normové hodnoty

Návrhovou hodnotou průměrné produkce pro výpočet celkového fosforu je $2\text{-}3 \text{ g}$ na obyvatele za den, přičemž $1,5 \text{ g}$ z toho je vyloučeno člověkem. Obvykle se ale jedná o jednotky $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$, přičemž průměrná celková hodnota je $4,5\text{-}5 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$. Podniky využívající velké množství pracích prostředků mají hodnoty v desítkách $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ (Pitter, 2009). Vlivem používání bezfosfátových pracích prostředků a saponátů dochází ke snižování produkce fosforu v odpadních vodách.

4.3.6 Vzájemný podíl ukazatelů vody

Dalším důležitým kritériem při posuzování ČOV je kvalita odpadní vody přitékající na čistírnu odpadních vod, kterou lze vyjádřit pomocí orientačních podílů jednotlivých ukazatelů kvality vody. Jednotlivé poměry ukazatelů kvality odpadní vody jsou následující:

- $BSK_5: CHSK_{Cr} = 0,5-0,75$
Poměr poukazuje na přítomnost organických látek v odpadní vodě a o biologické čistitelnosti odpadních vod. Poměr surových vod dosahuje hodnot 0,5-0,75, u biologicky vyčištěných vod 0,1-0,2. Poměr $BSK_5:CHSK_{Cr} > 0,3$ poukazuje na zvýšenou přítomnost biologicky obtížně rozložitelných organických látek.
- $BSK_5: N_c:P_c = 100:5:1$
Poměr poukazuje na syntézu biomasy aktivovaného kalu, potřebnou nutriční vyváženost a růst biomasy. Poměr v městských vodách bývá 100:10:1 až 100:20:5.
- $BSK_5:N_c = 100:25$
Poměr poukazuje na účinnost denitrifikačního stupně. Při poměru nižším než 100:40 se účinnost denitrifikace snižuje a v odtoku na ČOV roste koncentrace dusičnanů.
- $CHSK_{Cr}:P_c = 20-30:1$
Poměr poukazuje při hodnotách nad 30:1 zavést chemické srážení fosforu.
- $NH_4^+:N_c = 0,6-0,8$
Poměr poukazuje na deamonifikaci amoniakálního dusíku v odpadní vodě. V posuzované kategorii čistíren odpadních vod do 2000 EO není tento poměr určován. Důvodem je využití tzv. systému anammox na větších ČOV s anaerobní fermentací kalu, průmyslových a svozových čistírnách s kalovým hospodářstvím.

4.4 LÁTKOVÉ ZATÍŽENÍ

Látkové zatížení je definováno vybranými ukazateli kvality odpadní vody, které mají vliv na návrh objemového zatížení čistírny odpadních vod a návrh velikostní kategorie čistírny odpadních vod. Hodnoty látkového zatížení ČOV u obcí do 2000 EO přes den značně kolísají a mají značný vliv na zatížení ČOV.

Specifická produkce znečištění vztažená na obyvatele za den (Tab. 9) tvoří podstatnou složku pro výpočet množství znečištění od obyvatelstva:

$$S_{dpo} = PO \cdot s_0 \quad [\text{kg} \cdot \text{den}^{-1}] \quad (\text{R.10})$$

kde:

- S_{dpo} - látkové zatížení od obyvatelstva v $\text{kg} \cdot \text{den}^{-1}$,
- PO - počet obyvatel,
- s_0 - specifická produkce znečištění v $\text{g} \cdot \text{obyv}^{-1} \cdot \text{den}^{-1}$.

Látkové zatížení od průmyslových a zemědělských podniků se zjišťuje na základě rozborů produkovaných konkrétních odpadních vod. Pro výpočet látkového zatížení odpadní vody od průmyslových producentů existují orientační převodní tabulky průmyslového znečištění Tab. 10, které lze použít v případě nedostatečného množství dat. V této tabulce jsou uvedeni vybraní průmysloví producenti vyskytující se převážně v malých obcích.

Tab. 10 Orientační hodnoty znečištění průmyslových vod

Průmyslový producent	Spotřeba vody na jednotku	Koncentrace BSK ₅ [mg.l ⁻¹]
Jatka	1-20 m ³ .kus ⁻¹	1500-3000
Drůbežárny	30-35 m ³ na 1000 kuřat	100-2400
Malé pivovary	4-10 l na litr piva	500-1300
Mlékárny	1-13 m ³ .m ⁻³	1000-2000
Zpracování ovoce	4-70 m ³ .t ⁻¹	500-2500
Výroba kvasnic	90-150 m ³ .t ⁻¹	500-4000

Vypouštění odpadních vod od průmyslových producentů musí být v souladu s kanalizačním řádem, který „kontroluje a nařizuje“ vypouštěné objemové množství a požadované koncentrace odpadní vody.

Celkový součet látkového zatížení ΣS_{dp} od obyvatelstva a průmyslových producentů je výslednou hodnotou, která slouží pro výpočet koncentrace jednotlivých znečišťujících látek v odpadní vodě.

$$\Sigma S_{dp} = S_{dpo} + S_{dpp} \quad [\text{kg} \cdot \text{den}^{-1}] \quad (\text{R.11})$$

kde:

- ΣS_{do} - látkové zatížení od obyvatelstva v $\text{kg} \cdot \text{den}^{-1}$,
- S_{dpp} - látkové zatížení od průmyslových producentů v $\text{kg} \cdot \text{den}^{-1}$.

Stanovení průměrné koncentrace odpadní vody pro jednotlivé ukazatele kvality vody vyjadřuje vztah mezi celkovým látkovým zatížením a průměrným denním přítokem.

$$c_0 = \frac{\Sigma S_{dp}}{Q_{24}} \quad [\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}; \text{mg} \cdot \text{l}^{-1}] \quad (\text{R.12})$$

kde:

- c_0 - průměrná koncentrace odpadní vody v $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$,
- ΣS_{dp} - celkové látkové zatížení v $\text{kg} \cdot \text{den}^{-1}$ vyjádřené rovnicí R.11,
- Q_{24} - průměrný denní přítok na ČOV v $\text{m}^3 \cdot \text{den}^{-1}$.

V ČSN 75 6401 je v kapitole „5. Podklady pro návrh čistírny“, odst. 5.10 uvedeno, že orientační hodnoty specifického znečištění jsou dosahovanými u sídel s vyšší vybaveností. Proto je v odůvodněných případech (zejména u ČOV do 5000 EO) vhodné tyto hodnoty snížit, nejvýše však o 30 %. V kapitole „6. Pokyny“ pro

navrhování, odst. 6.17 je uvedeno, že při dovážení odpadních vod a kalů (obsahů žump a septiků) nesmí jejich přidávaný objem překročit 10 % skutečného denního přítoku Q_{24} a má být přihlédnuto k nárůstu látkového zatížení.

V ČSN 75 6402 je v kapitole „5 Podklady pro návrh čistírny“, odst. 5.8 uvedeno, že orientační hodnoty specifického znečištění jsou dosahovanými u sídel s vyšší vybaveností. Proto lze v odůvodněných případech tyto hodnoty snížit, nejvýše však o 50 %.

Normové hodnoty

Hodnoty jednotlivých ukazatelů kvality odpadní vody pro obyvatele, tzv. specifická produkce znečištění jsou uvedené v Tab. 9.

Hodnoty množství odpadních vod od drobných průmyslových producentů lze odvodit ze směrných čísel roční potřeby vody (vyhláška č. 120/2011 Sb.) nebo orientačních hodnot koncentrací průmyslové odpadní vody z Tab. 10.

V současné legislativě neexistuje přesný postup procentuálního snížení specifického znečištění. Záleží na zkušenostech projektanta či posuzovatele zda uplatní pro danou velikostní kategorii procentuální snížení látkového zatížení při návrhu vstupních parametrů ČOV. Pro obce do 500 EO se jedná až o poloviční hodnoty, které je možné při návrhu snížit. Zkušenosti při posuzování čistíren odpadních vod jsou takové, že většina projektantů při návrhu ČOV v kategorii do 2000 EO minimálně uplatňuje na hodnoty specifické produkce znečištění jejich redukci.

4.5 EKVIVALENTNÍ OBYVATEL

Specifické množství znečištění na obyvatele za den je rozhodující při projektování ČOV. Pro zahrnutí průmyslových a zemědělských vod byl zaveden ekvivalentní obyvatel. Množství EO se obvykle stanovuje v závislosti na typu obydlí a občanské vybavenosti obce. V České republice dlouho neexistovala přesná definice pro určení EO, počty ekvivalentních obyvatel se odvozovaly z hodnot pro výpočet spotřeby vody. Nově používaný postup byl zakotven v normě ČSN 75 6401 z 07/2006 s názvem „Čistírny odpadních vod pro více než 500 ekvivalentních obyvatel“ (ČSN 75 6401, 2006). V této již aktualizované normě v kapitole „5 Podklady pro návrh“, odst. 5.10 byl výpočet ekvivalentních obyvatel stanoven pouze podle ČSN EN 1085 – rovnice č. R.13 (ČSN EN 1085, 1998).

$$EO = P + PE \quad [-] \quad (R.13)$$

kde:

- P - počet obyvatel,
- PE - populační ekvivalent průmyslových vod vztažený na $60 \text{ g.obyv}^{-1}.\text{den}^{-1}$.

Podle ČSN EN 1085 byl PE ukazatel odvozený ze srovnání průmyslových odpadních vod se splaškovými (domovními) odpadními vodami, vztažený zpravidla na hodnotu specifického znečištění $BSK_5 \text{ } 60 \text{ g obyv}^{-1}.\text{den}^{-1}$ (ČSN EN 1085, 1998).

Normové hodnoty

Podle normy ČSN 75 6402 je stanovení ekvivalentního obyvatele uvedeno v kapitole „5 Podklady pro návrh čistírny“, odst. 5.7. Znečištění odpadních vod přitékajících na ČOV je možné orientačně stanovit podle počtu ekvivalentních obyvatel a specifických produkcí znečištění na jednoho obyvatele. Počet ekvivalentních obyvatel se určuje podle hodnot BSK₅ na přítoku do čistírny odpadních vod a vyčíslí se jako podíl celkového znečištění od obyvatelstva, průmyslu a zemědělství k specifickému znečištění na 1 EO (s_0 - specifická produkce znečištění 60 g.obyv⁻¹.den⁻¹).

Pro výpočet EO podle ČSN 75 6401 (rovnice R.14) je definován ukazatel EO-BSK, který přepočítává celkovou produkci znečištění na 60 g BSK₅ za den (ČSN 75 6401, 2014). V normě ČSN 75 6401 je definováno stanovení EO rovnicí:

$$EO = \frac{BSK}{60} \quad [-] \quad (R.14)$$

kde:

- EO - ekvivalentní obyvateľ,
- BSK - celková produkce znečištění od obyvatelstva a průmyslových producentů pro ukazatel BSK₅ – hodnota $\sum S_{dp}$ v kg·den⁻¹,
- 60 - specifická produkce znečištění s_0 v g.obyv⁻¹.den⁻¹.

Novelizací norem ČSN 75 6401 a ČSN 75 6402 došlo k úpravě výpočtu EO. Problematictější je stále stanovení počtu EO ve vyjádření množství produkovaného znečištění od občansko-technické vybavenosti obce a průmyslových producentů.

V Tab. 11 jsou sjednoceny orientační hodnoty přepočtu občansko-technické vybavenosti na počet EO z dostupných podkladů v České republice. Stanovení počtu ekvivalentních obyvatel je v ČR zakotveno v různých legislativních dokumentech, metodických pokynech, odborných periodikách a předpisech. V normě ČSN 75 6402 je uveden přepočet občanské vybavenosti, ale pouze vybraných objektů.

Nařízení vlády č. 401/2015 Sb. definuje ekvivalentního obyvatele jako produkci znečištění 60 g BSK₅ na obyv⁻¹.den⁻¹. Kategorie čistírny odpadních vod je vyjádřena v počtu ekvivalentních obyvatel. Počet ekvivalentních obyvatel se pro účel zařazení čistírny odpadních vod do velikostní kategorie vypočítává z maximálního průměrného týdenního zatížení na přítoku do čistírny odpadních vod během roku s výjimkou neobvyklých situací, přívalových dešťů a povodní. Pro určení velikosti aglomerace se použije stejný postup pro všechny odpadní vody odváděné kanalizací pro veřejnou potřebu. Pro účely stanovení emisních standardů znečištění se použije vyšší z obou hodnot (NV č. 401/2015 Sb.).

U kategorií ČOV pod 2000 EO lze použít pro účel zařazení čistírny do velikostní kategorie (v tabulce 1a nebo 1b v příloze č. 1 a v tabulce 1 v příloze č. 4 k tomuto nařízení) výpočet z bilance v ukazateli BSK₅ v kg za kalendářní rok na přítoku do čistírny vydělený koeficientem 18,7 (NV č. 401/2015 Sb.).

Tab. 11 Přepoččet občansko-technické vybavenosti obce na počet EO (orientační hodnoty)

Objekt	Citovaný dokument	Jednotka	Vztah jednotka – počet EO
Rodinný dům	ČSN 75 6402, 2017	1 osoba	1 osoba = 1 EO
Plocha bytu do 50 m ²		-	2 EO
Plocha bytu 50-75 m ²		-	3 EO
Plocha bytu nad 75 m ²		-	4 EO
Ubytovací zařízení		1 lůžko	1-3 EO
Pohostinství s obrátkou na židli 1x denně		na 3 místa	1 EO
2x až 3x denně		na 1 místo	1 EO
4x až 6x denně		na 1 místo	2 EO
Místa v zahrádkách		na 10 míst	1 EO
Kanceláře, živnosti		2-3 zaměstnanci	1 EO
Kempink, dětské tábory		1 návštěvník	1 návštěvník = 0,5 EO
Ubytovny jednoduché	Metodická příručka MŽP, 2009	1 postel	1 postel = 1 EO
Ubytovny vybavené (s praním)		1 postel	1 postel = 2 EO
Hostinec bez kuchyně		1 místo u stolu	3 místa = 1 EO
Hostinec se studenou kuchyní		1 místo u stolu	2 místa = 1 EO
Hostinec s trojnásobným využitím místa u stolu		1 místo u stolu	1 místo = 1 EO
Divadlo, kino		1 místo	15 míst = 1 EO
Sportovní zařízení - návštěvníci		1 návštěvník	50 návštěvníků = 1 EO
Sportovní zařízení - sportovci		1 uživatel	5 uživatelů = 1 EO
Školy		1 žák	3 žáci = 1 EO
Školky		1 žák	5 žáků = 1 EO
Koupaliště, bazén	Reinberk, TZB info	1 návštěvník	5 návštěvníků = 5 EO
Firma, zaměstnanci ve výrobě		1 zaměstnanec	0,5 EO
Firma administrativa		3 zaměstnanci	1 EO
Kempink (stanoviště do 70 m ²)		1 stanoviště	1 EO
Přístav		kotviště	2 EO

U nových ČOV se pro zařazení do velikostní kategorie v prvním roce po výstavbě (zkušební provoz) použije návrhový parametr v zatížení BSK₅. Po prvotním provedení kategorizace je v případě změny zatížení další kategorizace prováděna až s ukončením platnosti povolení k vypouštění odpadních vod (NV č. 401/2015 Sb.).

Metodická příručka Ministerstva Životního prostředí České republiky s názvem „Zneškodňování odpadních vod v obcích do 2000 EO“ zpracovaná ve spolupráci s VUT Fakultou stavební, Ústavem vodního hospodářství obcí (Metodická příručka MŽP, 2009). V metodické příručce jsou uvedeny orientační hodnoty přepočtu jednotek občanského vybavení obcí na ekvivalentní obyvatele. Jedná se o dokument, který dlouhodobě jako jediný sloužil pro orientační stanovení počtu EO.

Hodnoty přepočtu podnikatelské činnosti v obci (průmyslových producentů) na EO nejsou definovány v žádném legislativním dokumentu či metodice. Přepočet na EO se provádí na základě orientačních hodnot použitých průmyslových technologických procesů nebo podle skutečného zatížení.

Ve směrnici Rady 91/271/EHS ve článku 2, odst. 6 „1 EO (počet ekvivalentních obyvatel)“ zatížení vyjádřené jako produkce organického biologicky odbouratelného znečištění, která odpovídá $BSK_5 = 60 \text{ g O}_2 \cdot \text{den}^{-1}$ “. Dále ve článku 4, odst. 3 je zakotveno, že „Zatížení vyjádřené v EO se vypočte z maximálního průměrného týdenního zatížení na vstupu do čistírny odpadních vod během roku s vyloučením neobvyklých situací, jako jsou například situace vyvolané silnými dešti“.

V Tab. 12 jsou uvedeny orientační hodnoty přepočtu průmyslového znečištění pro obvyklou vybavenost obce do 2000 EO v České republice. Hodnoty průmyslového znečištění se prioritně stanovují výpočtem na základě poskytnutých dat od producenta odpadních vod podle rovnice R.11 a R.12. V případě, že nejsou k dispozici hodnoty látkového zatížení lze je orientačně určit podle Tab. 12.

Tab. 12 Přepočet průmyslového znečištění obce na počet EO (orientační hodnoty)

Objekt	Citovaný dokument	Jednotka	Vztah jednotka – počet EO
Výkrm vepřů	Reinberk, TZB info	1 kus	3 EO
Ustájení krav		1 kus	5-10 EO
Mlékárny		m ³ mléka	40-230 EO
Malé pivovary		m ³ piva	150-350 EO
Zpracování ovoce		tuna ovoce	3000 EO
Výroba kvasnic		tuna kvasnic	5000 EO

V zahraničí jsou předpisy, na základě kterých je možno stanovit počet EO podobným způsobem, př. německá norma DWA-A 131, 2016.

4.6 PARAMETR PH

Eliminace problémů spojených s pH závisí na tom, zda kyselost nebo zásaditost je způsobená anorganickými nebo organickými sloučeninami. V případě organických sloučenin, které jsou biologicky rozložitelné, se neutralizace může dostavit i při biologickém rozkladu (např. nižší mastné kyseliny jsou lehce rozložitelné a mohou způsobit snížení pH až pod 5,0). Také při vysokých hodnotách pH na vstupu do aktivace je potřeba počítat s tím, že při biologickém rozkladu intenzivně vzniká CO₂, takže dochází k okamžité neutralizaci a k samovolnému poklesu pH do neutrální oblasti. V případě anorganických sloučenin způsobujících kyselou nebo zásaditou pH je neutralizace nevyhnutelná.

Normová hodnota

Optimální pH pro většinu bakterií leží v rozmezí od 6,0 do 8,0. Odpadní voda by měla mít na přítoku na ČOV hodnotu pH v rozmezí 6-9.

4.7 CELKOVÉ SHRnutí

Návrhový parametr specifické produkce odpadní vody je uveden v ČSN EN 752 a ČSN 75 6402, norma ČSN 75 06401 specifickou produkci neudává. Dlouhodobě byl parametr specifické produkce odpadní vody v normě nadhodnocen hodnotou $150 \text{ l.os}^{-1}.\text{den}^{-1}$, některými projektanty je konzervativně používán i v současnosti. Reálné hodnoty produkce odpadní vody jsou dnes již pod hranicí $100 \text{ l.os}^{-1}.\text{den}^{-1}$ a to i ve větších městech.

Je potřeba vzít na vědomí, že v mnoha případech byly v devadesátých letech minulého století rekonstruované ČOV navrhovány na větší průtok a i větší látkové znečištění než je současný stav. Důvodem byl očekávaný vyšší demografický rozvoj, nepočítalo se s útlumem průmyslové výroby (ani s rekonstrukcí průmyslových výrobních spojů s úsporou spotřeby vody), a s výrazným poklesem spotřeby vody obyvateli způsobeným důsledným měřením spotřeby vody a zdražením ceny vody. Proto jsou v dnešní době ČOV mnohdy provozovány s omezením plánovaného výkonu, v některých případech existuje rezervní technologické zařízení (popř. celá část technologické linky), která je trvale mimo provoz.

Podle údajů Českého statistického úřadu průměrná roční spotřeba vody v domácnostech v roce 2016 činila $32,3 \text{ m}^3$ na osobu a rok, tj. $88,5 \text{ l.os}^{-1}.\text{den}^{-1}$ (ČSSÚ, 2017). Porovnáním hodnoty směrných čísel roční potřeby pro bytový fond a skutečnou roční spotřebou vody v domácnosti dojdeme k závěru, že hodnota směrného čísla je pouze o 7,7 % vyšší, než je skutečná průměrná roční spotřeba vody. Směrná čísla roční potřeby vody tak lze považovat za více než vyhovující stávajícím potřebám účtování odebrané pitné vody, která nebyla změřena vodoměrem.

Produkce znečištění odpadních vod je stanovena hodnotami uvedenými v normě ČSN 75 6401 a ČSN 75 6402. Tyto návrhové hodnoty je umožněno redukovat na nižší, záleží na zkušenostech projektanta, který výpočet provádí a zda využije této možnosti redukce. Redukce je popsána procentuálním snížením v nabízeném rozmezí podle velikosti obce, a to pro všechny ukazatele stejně. Způsob dopravy odpadní vody pro návrh ČOV není v normě zohledněn, nejsou zohledněny návrhové hodnoty ukazatelů specifické produkce znečištění.

Stanovení počtu ekvivalentních obyvatel v obci je zakotveno ve více legislativních dokumentech. Tyto dokumenty pomocí převodních tabulek určují návrhový počet EO v obci pro obyvatelstvo, občansko-technickou vybavenost a drobné průmyslové znečišťovatele.

Určení kapacity stávající ČOV na skutečné látkové a hydraulické zatížení se stanovuje většinou pomocí ukazatele EO-BSK, někteří provozovatelé jej stanovují pro ukazatel CHSK_{Cr} z důvodu rychlejšího chemického určení.

5 VLIV TYPU ODKANALIZOVÁNÍ NA KVALITU ODPADNÍ VODY

V rámci řešených projektů Technologické agentury České republiky, specifického výzkumu na Vysokém učení technickém v Brně, Fakultě stavební, zpracovávání vysokoškolských prací a vzájemné spolupráce s vodárenskými společnostmi byla pro vybrané čistírny odpadních vod poskytnuta roční provozní data. Získaná data obsahují informace o množství přiváděných odpadních vod na ČOV, bilanční hodnoty provedených rozborů kvality odpadní vody na odtoku z čistíren odpadních vod z gravitačních, tlakových a podtlakových kanalizačních systémů. Koncentrační hodnoty jednotlivých ukazatelů kvality odpadní vody v mg.l^{-1} a průtokového objemového množství v $\text{m}^3 \cdot \text{měsíc}^{-1}$ (rok^{-1}) byly zpracovány jako průměrné hodnoty.

V posuzovaných obcích do 2000 EO se vyskytuje převážně gravitační jednotná kanalizace vybudovaná v minulém století v akci „Z“. Obcí s vybudovanou gravitační splaškovou kanalizací v dané velikostní kategorii je málo, obce s alternativním systémem odkanalizování (tlaková a podtlaková kanalizace) jsou spíše výjimečné. Výběr obcí byl proveden tak, aby byly zastoupeny rovnoměrně všechny ukazatele: velikost obce, stáří kanalizace, materiál, množství balastních vod a čerpání výtaku.

Základní informace o kanalizaci a ČOV poskytl provozovatel, jedná se o údaje: stáří kanalizace, množství balastních vod, kapacita ČOV (EO), skutečný průtok ČOV a rozborů jednotlivých ukazatelů odpadní vody. Z projektových dokumentací jsou informace o délce stokové sítě, materiálu, čerpání, návrhovém průtoku ČOV. Stáří kanalizace a množství balastních vod bylo někdy provozovatelem odhadováno, požadované informace nebyly vždy exaktně podloženy. V obcích se vyskytovaly převážně vody splaškové komunální od obyvatelstva bez významných producentů průmyslových vod, všechny obce byly se standardní občanskou vybaveností.

Cílem kapitoly je poukázat na rozdílnost kvality odpadní vody z různých kanalizačních systémů, tj. gravitační jednotné stokové sítě, gravitační oddílné splaškové stokové sítě, oddílné tlakové a podtlakové stokové sítě. Navštívené lokality jsou z Jihomoravského, Olomouckého, Severomoravského, Pardubického, Královéhradeckého, Zlínského, Jihočeského a Středočeského kraje. Jednotlivé obce jsou náhodně označeny písmeny abecedy „A-J“ pro všechny typy odkanalizování.

5.1 KVALITA VODY NA GRAVITAČNÍ KANALIZACI

Gravitační odkanalizování je nejčastější způsob dopravy odpadní vody na ČOV, pro celkové srovnání kvality odpadní vody bylo navštíveno 10 obcí s gravitační jednotnou kanalizací a 10 obcí s gravitační splaškovou kanalizací. V Jihomoravském kraji byly navštíveny čistírny odpadních vod v okrese Blansko, Břeclav, Brno-venkov a Hodonín. V Jihočeském kraji v okrese Písek a Veselí nad Lužnicí, v Olomouckém kraji v okrese Uničov a v Pardubickém kraji v okrese Svitavy a Ústí nad Orlicí.

Obce jsou rozděleny podle typu stokové sítě na oddílnou splaškovou a jednotnou kanalizaci a velikostně srovnány podle návrhového parametru EO.

5.1.1 Gravitační jednotná kanalizace

V tabulce č. Tab. 13 jsou uvedeny základní informace o gravitační jednotné stokové síti v obci, tj. materiál, délka, případný výskyt výtlačného řadu a jeho délka, stáří kanalizace a množství balastních vod. Obce jsou popsány písmeny „A až J“ s popisem „jednotná“ kanalizace. Výskyt čerpacích stanic (ČS) byl vždy pro malé místní lokality pouze pro čerpání splaškových vod. Informace poskytl vždy provozovatel kanalizace a vychází z kanalizačního řádu a projektové dokumentace.

Tab. 13 Návrhové ukazatelé obcí s gravitační jednotnou kanalizací

Označení obce – typ kanalizace	Kanalizace gravitační jednotná				Balastní vody [%]
	stáří [let]	materiál	délka [km]	čerpání - délka výtlačku [km]	
A - jednotná	30	BET	3,4	–	15
B - jednotná	35	BET, PP, PVC	8,4	1x ČS - 0,16	18
C - jednotná	45	BET, PVC	7,6	–	20
D - jednotná	40-55	BET, PVC, KAM	5,5	5x ČS - 0,1	25
E - jednotná	20-30	BET	5,4	–	12
F - jednotná	50	BET	4,5	–	25
G - jednotná	60	BET, PP, PVC	3,2	1x ČS - 0,6	30
H - jednotná	40-50	BET, PE	6,3	1x ČS - 0,25	25
I - jednotná	15-45	BET, PVC	9,9	3x ČS - 0,9	15
J - jednotná	45	BET	7,6	–	20

Vyhodnocení provedených rozborů akreditovanou laboratoří v Tab. 14 poskytl provozovatel stokové sítě. Obce na E a H na jednotné kanalizaci provozuje sama obec (odhad stáří kanalizace a balastních vod), ostatní obce vodárenské společnosti.

Tab. 14 Rozbory kvality odpadní vody v obcích s gravitační jednotnou kanalizací

Označení obce – typ kanalizace	BSK ₅ [mg.l ⁻¹]	CHSK _{Cr} [mg.l ⁻¹]	NL [mg.l ⁻¹]	N _c [mg.l ⁻¹]	NH ₄ ⁺ [mg.l ⁻¹]	P _c [mg.l ⁻¹]	pH [-]
A - jednotná	99,9	298,7	208,2	23,9	10,7	5,1	7,8
B - jednotná	244,6	655,4	304,4	41,7	22,7	5,9	7,7
C - jednotná	171,2	432,0	197,6	80,5	38,1	6,0	7,5
D - jednotná	183,2	502,2	257,0	65,7	42,7	6,8	7,7
E - jednotná	233,8	473,5	198,4	85,3	68,2	8,9	7,6
F - jednotná	339,5	839,1	456,0	75,9	55,6	9,6	7,8
G - jednotná	337,4	879,7	576,1	82,1	69,4	7,6	7,5
H - jednotná	215,9	469,3	309,1	55,6	38,9	9,9	7,9
I - jednotná	108,6	305,2	141,8	65,0	36,5	5,3	7,5
J - jednotná	108,9	305,6	167,8	26,3	9,5	2,0	7,6

Informace k čistírnám odpadních vod v posuzovaných obcích jsou uvedeny v Tab. 15, jedná se o projektovanou kapacitu ČOV (EO), skutečný počet obyvatel v obci k datu návštěvy, návrhový, skutečný průtok na ČOV a rok poskytnutí dat pro určení průměrných hodnot ukazatelů kvality vody.

Tab. 15 Projektované informace o ČOV na gravitační jednotné kanalizaci

Označení obce – typ kanalizace	Počet EO	Počet obyvatel	Mechanicko-biologická ČOV		Rozbory ukazatelů [rok/y]
			návrhový průtok [m ³ .rok ⁻¹]	skutečný průtok [m ³ .rok ⁻¹]	
A - jednotná	600	504	80.000	29.485	2006-2016
B - jednotná	600	614	60.000	41.825	2006-2016
C - jednotná	605	580	50.000	31.096	2006-2016
D - jednotná	850	790	80.000	44.126	2006-2016
E - jednotná	1136	817	50.000	29.658	2014
F - jednotná	1210	1200	75.000	46.212	2006-2016
G - jednotná	1345	1236	210.000	56.453	2006-2016
H - jednotná	1500	932	65.700	40.052	2014
I - jednotná	1550	750	150.000	50.494	2006-2016
J - jednotná	1815	1760	100.000	63.068	2006-2016

5.1.2 Gravitační splašková kanalizace

V tabulce č. Tab. 16 jsou uvedeny základní informace o gravitační oddílné splaškové stokové síti v obci, tj. materiál, délka, případný výskyt výtlačného řadu a jeho délka, stáří kanalizace a množství balastních vod. Obce jsou popsány písmeny „A až J“ s popisem splašková kanalizace.

Tab. 16 Návrhové ukazatele obcí s gravitační oddílnou splaškovou kanalizací

Označení obce – typ kanalizace	Kanalizace gravitační oddílná splašková				Balastní vody [%]
	stáří [let]	materiál	délka [km]	čerpání - délka výtlačku [km]	
A - splašková	38	BET, PVC, PE	5,99	3x ČS - 0,51	20
B - splašková	4	PE	3,48	-	5
C - splašková	9	PE	4,17	-	8-10
D - splašková	3	PE	4,72	2x ČS - 2,20	do 5
E - splašková	15-21	BET, PE	3,96	-	15
F - splašková	11	PP	5,43	1x ČS - 0,16	18-20
G - splašková	4	PE, PVC	5,63	-	5
H - splašková	10-12	BET, KAM, PP	7,31	1x ČS - 0,27	20
I - splašková	3	KAM, PE, PVC	7,22	-	do 5
J - splašková	3-5	PE	10,21	2x ČS - 1,53	do 5

Výskyt čerpacích stanic byl v místních lokalitách pouze pro čerpání splaškových odpadních vod. Podle informací od provozovatelů je napojení srážkových vod do splaškové kanalizace minimální a neovlivňuje kvalitu odpadních vod. Vyhodnocení provedených rozborů akreditovanou laboratoří v Tab. 17 poskytli provozovatelé stokové sítě a ČOV.

Tab. 17 Rozbory kvality odpadní vody v obcích s gravitační oddílnou splaškovou kanalizací

Označení obce – typ kanalizace	BSK ₅ [mg.l ⁻¹]	CHSK _{Cr} [mg.l ⁻¹]	NL [mg.l ⁻¹]	N _c [mg.l ⁻¹]	NH ₄ ⁺ [mg.l ⁻¹]	P _c [mg.l ⁻¹]	pH [-]
A - splašková	216,4	459,8	202,1	65,2	44,2	10,8	8,0
B - splašková	522,5	1076,5	566,0	112,1	91,6	12,3	7,8
C - splašková	519,0	1106,3	550,6	- *	95,3	18,5	8,7
D - splašková	605,0	1281,2	412,2	147,9	122,2	16,1	8,3
E - splašková	327,4	676,6	310,8	85,9	67,4	5,5	7,6
F - splašková	383,3	920,3	354,0	152,3	120,1	9,6	7,8
G - splašková	530,0	1109,2	480,3	145,1	114,3	19,5	7,8
H - splašková	351,2	768,0	316,7	73,5	58,8	13,7	7,6
I - splašková	567,9	956,6	589,7	91,8	81,8	15,7	7,6
J - splašková	604,3	1181,5	494,1	188,3	150,4	12,2	7,7

* Data N_c nebyla akreditovanou laboratoří určena, provozovatel si je nevyžádal.

Informace k čistírnám odpadních vod v posuzovaných obcích jsou uvedeny v Tab. 18. Obce A, F a I si provozují kanalizaci sami (odhad stáří stokové sítě a balastních vod), ostatní obce ostatní obce vodárenské společnosti.

Tab. 18 Projektované informace o ČOV na gravitační oddílné splaškové kanalizaci

Označení obce – typ kanalizace	Počet EO	Počet obyvatel	Mechanicko-biologická ČOV		Rozbory ukazatelů [rok/y]
			návrhový průtok [m ³ .rok ⁻¹]	skutečný průtok [m ³ .rok ⁻¹]	
A - splašková	305	286	30.000	14.027	2009-2011
B - splašková	400	373	23.000	14.491	2014-2015
C - splašková	492	420	28.600	19.960	2016-2017
D - splašková	550	491	35.000	15.222	2016-2017
E - splašková	500	303	30.000	14.269	2017
F - splašková	600	550	42.000	21.080	2007-2010
G - splašková	950	865	60.000	32.568	2015-2017
H - splašková	1250	1200	49.000	38.810	2005-2009
I - splašková	1800	1783	105.000	56.625	2016-2018
J - splašková	2012	1166	65.000	38.033	2016-2018

5.2 KVALITA VODY NA TLAKOVÉ KANALIZACI

Tlaková kanalizace je alternativní možností odkanalizování obcí s minimálními spádovými poměry. Pro srovnání bylo navštíveno celkem osm obcí, jedna obec má projektovanou kapacitu ČOV nad 2000 EO, i když počtem obyvatel a přepočtem EO přes látkové zatížení spadají do uvedené kategorie.

V Olomouckém kraji byly čistírny odpadních vod v okrese města Olomouc a Šumperk, v Pardubickém kraji v okrese města Svitavy, v Jihomoravském kraji v okrese města Blansko a ve Zlínském kraji v okrese města Kroměříž.

V Tab. 19 jsou uvedeny základní informace o oddílné tlakové stokové síti v obci. Obce jsou popsány písmeny „A až H“ s popisem tlaková kanalizace. Obce D a E si provozují kanalizaci sami, ostatní obce vodárenské společnosti.

Tab. 19 Návrhové ukazatele obcí s oddílnou tlakovou kanalizací

Označení obce – typ kanalizace	Kanalizace oddílná tlaková			
	stáří [let]	materiál	délka [km]	Počet ČS [ks]
A - tlaková	19	PE	3,11	28
B - tlaková	12	PE	3,45	17
C - tlaková	4	PE	17,08	245
D - tlaková	7	PE	6,04	35
E - tlaková	10	PE	7,16	105
F - tlaková	14	PE	9,70	263
G - tlaková	2	PE	4,2	150
H - tlaková	6	PE	12,51	13

Rozbory kvality odpadní vody vyhodnocené jako průměrné hodnoty jednotlivých ukazatelů jsou uvedeny v Tab. 20. Výskyt balastních vod v tlakové kanalizaci je minimální (zanedbatelný) a provozovatelé je většinou neměří a nevyhodnocují.

Tab. 20 Rozbory kvality odpadní vody v obcích s oddílnou tlakovou kanalizací

Označení obce – typ kanalizace	BSK ₅ [mg.l ⁻¹]	CHSK _{Cr} [mg.l ⁻¹]	NL [mg.l ⁻¹]	N _c [mg.l ⁻¹]	NH ₄ ⁺ [mg.l ⁻¹]	P _c [mg.l ⁻¹]	pH [-]
A - tlaková	663,6	1350,1	752,2	130,9	101,5	22,4	8,3
B - tlaková	956,0	2063,5	1120,0	264,9	207,2	18,5	8,2
C - tlaková	781,8	1622,5	887,1	131,2	108,8	14,1	8,2
D - tlaková	702,8	1512,4	836,3	161,2	121,9	17,8	8,1
E - tlaková	883,6	1766,3	890,7	195,2	171,1	18,7	8,3
F - tlaková	793,1	1561,1	895,6	221,1	194,2	17,2	8,2
G - tlaková	742,4	1561,7	795,6	89,5	78,7	17,9	7,9
H - tlaková	857,2	1758,4	799,9	186,2	145,5	18,5	8,0

Informace k čistírnám odpadních vod v posuzovaných obcích jsou uvedeny v Tab. 21. Tlakové řady z ČS na stokové síti nebyly provzdušňované u žádné obce, provozovatelé řeší provzdušňování výtlaků obvykle při vyústění do předávacích stanic z důvodu zápachu v okolí šachty.

Tab. 21 Projektované informace o ČOV na oddílné tlakové kanalizaci

Označení obce – typ kanalizace	Počet EO	Počet obyvatel	Mechanicko-biologická ČOV		Rozbory ukazatelů [rok/y]
			návrhový průtok [m ³ .rok ⁻¹]	skutečný průtok [m ³ .rok ⁻¹]	
A - tlaková	250	224	10.950	6.629	2012-2013
B - tlaková	400	320	24.500	9.552	2010-2014
C - tlaková	500	478	38.500	13.352	2015-2017
D - tlaková	750	718	42.500	22.359	2005-2007
E - tlaková	1050	820	52.600	25.356	2008-2009
F - tlaková	1584	810	62.050	26.106	2016
G - tlaková	2000	1925	60.814	64.165	2016
H - tlaková	2228	1652	96.725	52.577	2013-2016

5.3 KVALITA VODY NA PODTLAKOVÉ KANALIZACI

V Olomouckém kraji byly navštíveny čistírny odpadních vod v okrese města Šumperk a Přerov, v Moravskoslezském kraji v okrese v města Bruntál, ve Středočeském kraji v okrese města Náchod, v Královéhradeckém kraji v okrese města Hradec Králové a v Jihomoravském kraji v okrese města Blansko.

V tabulce č. Tab. 22 jsou uvedeny základní informace o podtlakové stokové síti v obci. Výskyt a množství balastních vod v podtlakové kanalizaci je minimální (zanedbatelný) a provozovatelé je většinou neměří a nevyhodnocují. Obce jsou popsány písmeny „A až H“ s popisem podtlaková kanalizace.

Tab. 22 Návrhové ukazatelé obcí s oddílnou podtlakovou kanalizací

Označení obce – typ kanalizace	Kanalizace oddílná podtlaková			Poznámka
	stáří [let]	materiál	délka [km]	
A - podtlaková	6	PVC	6,8	-
B - podtlaková	2	PE, PVC	9,8	balastní vody
C - podtlaková	2	PE, PVC	3,4	-
D - podtlaková	9	PE, PVC	6,7	-
E - podtlaková	14	PVC	8,0	-
F - podtlaková	2	PE, PVC	8,6	-
G - podtlaková	13	PE, PVC	4,0	-
H - podtlaková	18	PE, PVC	2,4	-

U obce D provozovatel konstatuje výskyt balastních vod na kanalizaci, orientačně do hodnoty 5 %. Kanalizace při podtlaku nasává minerální částice z horninového podloží, dochází k většímu obrusu potrubí a na čistírně odpadních vod se objevuje více písku a minerálních částic.

Pro tyto obce byly poskytnuty zpětně za poslední tři roky rozborů kvality odpadní vody, které byly pro tyto roky vyhodnoceny jako průměrné hodnoty jednotlivých ukazatelů. Obce D a G si provozují kanalizaci sami, ostatní obce vodárenské společnosti. Vyhodnocení provedených rozborů akreditovanou laboratoří v Tab. 23 poskytl provozovatel stokové sítě a ČOV.

Tab. 23 Rozborů kvality odpadní vody v obcích s oddílnou podtlakovou kanalizací

Označení obce – typ kanalizace	BSK ₅ [mg.l ⁻¹]	CHSK _{Cr} [mg.l ⁻¹]	NL [mg.l ⁻¹]	N _c [mg.l ⁻¹]	NH ₄ ⁺ [mg.l ⁻¹]	P _c [mg.l ⁻¹]	pH [-]
A - podtlaková	790,2	1639,2	826,4	153,7	132,1	16,5	8,2
B - podtlaková	566,3	1272,1	665,0	125,3	100,3	16,2	8,3
C - podtlaková	605,6	1281,4	846,3	174,6	125,9	18,4	7,5
D - podtlaková	645,1	1301,9	661,6	116,3	92,5	17,4	8,2
E - podtlaková	673,2	1410,6	860,4	175,4	123,3	15,6	8,0
F - podtlaková	597,0	1236,2	656,3	168,7	93,8	14,3	7,8
G - podtlaková	761,2	1499,2	831,8	130,1	105,6	19,2	8,0
H - podtlaková	694,7	1426,3	893,5	119,6	91,3	15,4	7,9

Informace k čistírnám odpadních vod v posuzovaných obcích jsou uvedeny v Tab. 24, jedná se o projektovanou kapacitu ČOV (EO), skutečný počet obyvatel v obci k datu návštěvy, návrhový a skutečný průtok na ČOV. Podle informací od provozovatele u obce D – podtlaková kanalizace jsou odpadní vody naředěny srážkovými vodami, které jsou zaústěny do čerpacích jímek.

Tab. 24 Projektované informace o ČOV na oddílné podtlakové kanalizaci

Označení obce – typ kanalizace	Počet EO	Počet obyvatel	Mechanicko-biologická ČOV		Rozborů ukazatelů [rok/y]
			návrhový průtok [m ³ .rok ⁻¹]	skutečný průtok [m ³ .rok ⁻¹]	
A - podtlaková	250	240	12.000	7.366	2013-2016
B - podtlaková	480	471	32.600	15.550	2017-2018
C - podtlaková	500	450	23.500	15.798	2017
D - podtlaková	680	625	37.000	20.369	2012-2013
E - podtlaková	800	755	50.000	23.896	2011
F - podtlaková	1000	900	58.000	31.257	2017-2018
G - podtlaková	1300	1222	60.000	38.417	2015
H - podtlaková	2500	1853	70.000	52.559	2008-2011

5.4 SROVNÁNÍ SYSTÉMŮ ODKANALIZOVÁNÍ

Cílem celkového srovnání je poukázat na rozdílnou kvalitu přitékající odpadní vody na ČOV v kategorii do 2000 EO, která je matematicky vyjádřena jako průměr, medián a percentily C_{90} a C_{95} . Pro srovnání je uvedena průměrná hodnota kvality odpadní vody jednotlivých ukazatelů uváděna v odborných literaturách.

5.4.1 Koncentrační limity ukazatelů kvality vody

Zpracované hodnoty ukazatelů kvality vody na gravitační jednotné kanalizaci, na gravitační oddílné splaškové, oddílné tlakové a podtlakové kanalizaci jsou uvedeny v Tab. 25. Navržené technologie čištění odpadních vod v jednotlivých obcích nejsou vzájemně srovnány. Srovnávacím a společným ukazatelem kvality vody je plnění emisních standardů kvality vody nařízené rozhodnutím vodoprávního úřadu posuzovaných ČOV. Účinnost všech posuzovaných čistíren byla vyhovující, účinnost pro všechny ukazatele kvality vody nepřesáhla maximální koncentrace a vyhověla na přípustné koncentrace odpadní vody dané dokumentem nakládání s vodami.

Tab. 25 Celkové srovnání ukazatelů kvality vody rozdílných kanalizačních systémů

Systém odkanalizování	BSK ₅ [mg.l ⁻¹]	CHSK _{Cr} [mg.l ⁻¹]	NL [mg.l ⁻¹]	N _c [mg.l ⁻¹]	NH ₄ ⁺ [mg.l ⁻¹]	P _c [mg.l ⁻¹]	pH [-]
Průměr							
Jednotná kanalizace	206,8	508,3	281,6	60,2	39,2	7,3	7,7
Splašková kanalizace	465,7	963,6	427,7	118,0	94,6	13,4	7,9
Tlaková kanalizace	797,6	1649,5	871,6	180,6	140,5	18,5	8,2
Podtlaková kanalizace	666,7	1402,1	780,2	145,5	108,1	16,6	8,0
Průměrná koncentrace	350,0	750,0	400,0	60,0	35,0	20,0	7,0
Medián							
Jednotná kanalizace	199,6	471,4	232,6	65,4	38,5	7,1	7,7
Splašková kanalizace	524,5	1031,5	446,3	112,1	93,5	13,0	7,8
Tlaková kanalizace	787,5	1592,1	863,5	188,7	133,7	18,5	8,2
Podtlaková kanalizace	659,2	1398,4	829,1	141,9	103,0	16,4	8,0
Percentil C ₉₀							
Jednotná kanalizace	337,6	843,2	468,0	82,4	68,3	9,6	7,8
Splašková kanalizace	604,4	1191,5	568,4	159,5	125,0	18,6	8,3
Tlaková kanalizace	905,4	1855,5	960,5	234,2	198,1	20,8	8,3
Podtlaková kanalizace	769,9	1541,2	870,3	174,8	127,8	18,6	8,2
Percentil C ₉₅							
Jednotná kanalizace	338,7	863,5	528,1	84,0	68,9	9,8	7,9
Splašková kanalizace	604,7	1236,3	579,0	173,9	137,7	19,1	8,5
Tlaková kanalizace	930,9	1959,5	1036,3	249,6	202,7	21,6	8,3
Podtlaková kanalizace	780,1	1590,2	881,9	175,1	129,9	18,9	8,3

Dalším srovnáním je porovnání průměrných ukazatelů kvality vody s množstvím balastních vod s obvyklou návrhovou hodnotou 5 %. Proto byla hodnota balastních vod vyhodnocena u gravitační splaškové kanalizace do 5 %, tj. návrhová hodnota balastních vod v podmínkách ČR pro výpočet kanalizace a ČOV s těmito výsledky: $BSK_5 = 571,9 \text{ mg.l}^{-1}$, $CHSK_{Cr} = 1141,0 \text{ mg.l}^{-1}$, $NL = 508,5 \text{ mg.l}^{-1}$, $N_c = 137,0 \text{ mg.l}^{-1}$, $NH_4^+ = 112,1 \text{ mg.l}^{-1}$ a $P_c = 7,8 \text{ mg.l}^{-1}$. Lze konstatovat, že s narůstajícím stářím stokové sítě se zhoršuje jeho stavebně-technický stav, a množství balastních vod v kanalizaci postupně narůstá a naředuje odpadní vodu.

Na gravitační jednotné kanalizaci se nenachází žádná obec, která by splnila podmínku balastních vod do 5 %. Návrh jednotné kanalizace v celé obci je minulostí, tyto obce provádí výstavbu nových uličních splaškových řadů a provozují celý systém odkanalizování jako kombinovaný. V malých obcích dochází při výstavbě ČOV se stávající jednotnou kanalizací pouze k sanaci jednotné stokové sítě lokálních úseků.

Při vyhodnocení rozborů kvality odpadní vody bývá někdy pro chemický rozbor zohledněna odchylka přesnosti výsledných rozborů kvality ukazatelů odpadní vody. Tato odchylka nepřesnosti je uváděna pro jednotlivé ukazatele a někteří provozovatelé ji zohledňují při posuzování hlavních stavebních a technologických objektů. Korekce ukazatelů kvality odpadní vody pro chemický rozbor nabývá hodnot pro ukazatele BSK_5 , $NL = 20 \%$ a $CHSK_{Cr}$, N_c , NH_4^+ , $P_c = 15 \%$. Pro další vyhodnocení není korekce pro jednotlivé ukazatele kvality odpadní vody zahrnuta.

Dalším častým vyhodnocením provozovatelů je určení percentilů c_{95} a c_{90} . Důvodem je přepočet emisních standardů na roční průměry (podíl přípustná koncentrace 95 % a průměrné koncentrace) a stanovení imisních standardů ukazatelů přípustného znečištění povrchových vod hodnotou c_{90} .

Z celkového srovnání kvality odpadní vody jednotlivých ukazatelů z gravitační jednotné, gravitační splaškové, tlakové a podtlakové kanalizace lze konstatovat, že nejvyšší koncentrace organického zatížení mají alternativní systémy odkanalizování, tj. tlaková a podtlaková kanalizace. Odpadní voda z tlakové i podtlakové kanalizace vlivem dlouhé doby zdržení při transportu na ČOV má vysoké koncentrace znečištění. Jedná se na rozdíl od jednotné a oddílné kanalizace o bezkyslíkaté prostředí, ve kterém probíhají anoxické až anaerobní procesy. Na biologických procesech se významně podílí celková délka kanalizace, počet čerpacích stanic a přepouštěcích šachet. Množství vyskytujících se balastních vod je v tlakové a podtlakové kanalizaci minimální (Hlušík, Raclavský, 2015).

Hodnoty ukazatelů kvality vody na jednotné gravitační kanalizaci mají nejmenší organické znečištění pro ukazatele BSK_5 a $CHSK_{Cr}$, ale i pro celkový dusík a celkový fosfor. Je to způsobeno vyšším stářím stokové sítě, delší dobou jejich provozování, technickým stavem a výskytem srážkových a balastních vod v kanalizaci. Balastní vody naředují splaškové odpadní vody a způsobují nižší zatížení (nárazové či stabilní) systému kanalizace a ČOV. Řešením je kontrola a sanace nebo rekonstrukce havarijních míst na kanalizaci a snížení podílu množství balastních vod.

Většina obcí prováděla výstavby stokové sítě v 70-tých letech minulého století svépomocí, čemuž odpovídá i stavebně-technický stav stokové sítě. Zkušeností a pravdou je, že pokud si obec provozuje kanalizaci sama, investuje minimum financí do obnovy stokového systému. Tomu pak odpovídá její stavebně-technický stav. Pokud je provozovatelem jiný právnický subjekt (př. vodárenské společnosti), který provádí již pravidelnou kontrolu stokové sítě, obvykle pak vlastník kanalizace investuje plánované finance na rekonstrukce a sanace problémových úseků.

U srážkových vod je důležitá jejich intenzita, periodicita a délka srážkového úhrnu. Podle NV č. 401/2015 Sb. se nesmí provádět odběry vzorků při mimořádných událostech, mezi které dešťová událost patří. Srážkové odpadní vody v kanalizaci nařezují splaškové vody a při dešťové události zvyšují znečištění v recipientu.

Kvalita odpadní vody z oddílné splaškové kanalizace by se měla svým složením co nejvíce podobat hodnotám populačnímu ekvivalentu (viz Tab. 9). Stavebně-technický stav, tj. množství balastních vod významně ovlivňuje výsledné složení odpadních vod. Za předpokladu výskytu pouze komunálních vod bez průmyslového znečištění s množstvím balastních vod (do 5 %), lze konstatovat, že svým průměrným složením jednotlivých ukazatelů kvality vody odpovídají výpočtovým koncentračním hodnotám standardně navrhované ČOV v současnosti.

Kvalita odpadních vod je mnohdy ovlivněna stavebně-technickým stavem kanalizace, který především ovlivňuje:

- dodržení standardních technických předpisů při výstavbě stokové sítě,
- množství balastních vod, které je závislé na stáří stokové sítě a prováděných sanacích stokového systému,
- nedostatečné spády stokové sítě, které nezaručují kontinuální transport znečištění na ČOV a způsobují lokální sedimentaci kalu v kanalizaci,
- pravidelná kontrola a údržba kanalizace.

Hlavní provozní ukazatele, kteří mají vliv na kvalitu odpadní vody, musí provozovatel stokové sítě pravidelně kontrolovat. Mezi tyto ukazatele patří:

- pravidelné proplachy stokové sítě,
- pravidelná kontrola stavebně-technického stavu stokové sítě kamerovými prohlídkami kanalizace,
- úprava provozu čerpacích stanic spočívající v nastavení spínací hladiny pomocí plováků pro čerpání odpadních vod z důvodu dlouhé doby zdržení v čerpacích stanicích (dlouhá doba zdržení odpadní vody v čerpací stanici způsobuje vznik anaerobních podmínek a problémy se zápachem sirovodíku v okolí čerpací stanice), na stokové síti a ČOV,
- kontrola kvality odpadní vody z výtlačných řadů,
- kontrola přepadových hran u odlehčovacích komor.

Významný vliv na vniknutí balastních a srážkových vod (obecně se nerozlišuje) má i typ kanalizačního poklopu, více informací kapitola 7.1.3 Omezení vniknutí srážkových vod.

5.4.2 Poměry ukazatelů kvality vody

Srovnání kvality odpadní vody bylo provedeno pro jednotlivé poměry průměrných ukazatelů kvality vody, které mohou poukazovat na předpokládanou účinnost čištění odpadních vod. Srovnání a vyhodnocení jednotlivých poměrů průměrných hodnot kvality odpadní vody je uvedeno v Tab. 26.

Tab. 26 Celkové srovnání poměrů kvality vody rozdílných kanalizačních systémů

Systém odkanalizování	$BSK_5:CHSK_{Cr}$	$BSK_5: N_c:P_c$	$CHSK_{Cr}:P_c$
Gravitační jednotná kanalizace	0,407	100:29,1:3,5	70,1:1
Gravitační oddílná splašková kanalizace	0,483	100:25,3:2,9	72,0:1
Tlaková oddílná kanalizace	0,484	100:22,6:2,3	89,2:1
Podtlaková oddílná kanalizace	0,475	100:21,8:2,5	84,3:1

Ukazatelé znečištění BSK_5 a $CHSK_{Cr}$ jsou ovlivněni oxidačně-redukčními procesy v kanalizaci, výše koncentrace těchto ukazatelů je tedy značně ovlivněna typem prostředí (aerobní, anoxické, anaerobní), v jakém je odpadní voda dopravována. V gravitační splaškové kanalizaci za přítomnosti vzduchu dochází oxidačními procesy k odstranění organického znečištění, tj. dochází k poklesu hodnot BSK_5 a $CHSK_{Cr}$. Částečná redukce snadno biologicky odbouratelného substrátu a produkce biomasy nastává již částečně na mechanickém stupni čištění ČOV.

Vyhodnocení poměrů ukazatelů kvality odpadní vody neodpovídá doporučeným hodnotám, zvláště poměr $CHSK_{Cr}: P_c$ je zcela mimo doporučený interval 20-30:1. I když poměry ukazatelů nejsou přesně dodrženy, všechny posuzované ČOV plnily emisní standardy při vypouštění vyčištěných odpadních vod z ČOV do recipientu.

Naopak v bezkyslíkatém prostředí, tj. v tlakové kanalizaci, ale i v gravitační splaškové kanalizaci s čerpáním na síti (ve výtlačných řadech), probíhají při dlouhých dobách zdržení spíše anaerobní procesy. Při těchto procesech je spotřeba lehce odbouratelného substrátu mikroorganismy obvykle menší než produkce fermentovatelných substrátů anaerobní hydrolýzou, dochází k růstu a zvyšování poměru hodnot BSK_5 a $CHSK_{Cr}$. V celkové bilanci může tedy za anaerobních podmínek docházet k přebytkům lehce odbouratelného substrátu ve stokové síti, což se pozitivně projeví při následném biologickém odstraňování dusíku a fosforu na ČOV (Pitter, 2009).

5.5 CELKOVÉ SHRUTÍ

Pro výběr navrhované investiční varianty je důležité znát informace k provozování kanalizace, které mnohdy rozhodují při výběru porovnávaných variant. Při volbě navržených variant odkanalizování je důležitá ekonomická analýza investičních a provozních nákladů. Měly by se vzít v potaz informace o spolehlivosti systému vyplývající z počtu a typu strojního vybavení na stokové síti. U gravitační kanalizace

s přečerpáváním jde o menší počet strojních jednotek než u tlakové kanalizace, ovšem s větší vahou při vyhodnocení provozní spolehlivosti systému. Poruchou je totiž ovlivněn větší počet klientů než u tlakové kanalizace, kde jde většinou o uživatele příslušející k jediné domovní čerpací stanici (DČS). U podtlakové kanalizace je na energii závislý pouze jeden bod sítě, kterým je podtlaková stanice. Ta sice ovlivňuje všechny napojené obyvatele, avšak lze u ní snadněji řešit záskok. Podtlaková síť navíc vykazuje funkční setrvačnost a při výpadku elektrického proudu je schopna pracovat někdy až dalších 6 hodin (Metodická příručka MŽP, 2009).

V následujících kapitolách jsou srovnány výhody a nevýhody provozování gravitační jednotné, oddílné splaškové kanalizace, oddílné tlakové a podtlakové kanalizace.

5.5.1 Gravitační kanalizace

Mezi výhody jednotné stokové soustavy patří nižší investiční náklady než u oddílné stokové soustavy; pravděpodobně jednodušší řešení majetkoprávních vztahů při inženýrské činnosti v rámci projektování dokumentace pro vydání územního rozhodnutí; většinou nižší nároky na přepojování přilehlých nemovitostí na jednotnou stokovou soustavu. Shrnutí výhod:

- bezporuchový provoz,
- téměř bezúdržbový provoz,
- minimální náklady na provoz stokové sítě (pouze v případě vyskytujících se strojních zařízení jsou nutné náklady na opravu a údržbu; dále na kontrolu a čištění sedimentů v případě malých sklonů na síti),
- téměř nulová energetická náročnost stokového systému (provoz stokové sítě není závislý na elektrické energii s výjimkou, pokud se nachází na síti strojní zařízení),
- možnost odvodu splaškových i srážkových vod,
- využití morfologie území: samostatný gravitační odvod odpadních vod,
- jednoduché napojení gravitačních přípojek na kmenovou gravitační stoku,
- snadné aplikace kamerových systémů pro monitoring kanalizace.

Mezi nevýhody jednotné stokové soustavy patří vyšší environmentální dopady na recipient. U jednotné stokové soustavy je potřeba uvažovat s postupnými finančními nároky na postupnou sanaci stokového systému. Shrnutí nevýhod:

- vyšší investiční náklady (zemní práce: větší hloubky uložení a profily potrubí),
- pravidelná kontrola sedimentů v kanalizaci a v případě nutnosti jejich čištění,
- založení při nepříznivých hydrogeologických podmínkách zhoršuje zakládání stok (nutnost odčerpání spodní vody),
- větší množství kanalizačních objektů na síti, které vyžaduje platná ČSN.

5.5.2 Tlaková kanalizace

Tlakový systém se používá jako alternativa při odkanalizování nemovitostí místo klasické gravitační kanalizace. Navrhuje se v případech, kdy by bylo nutné při

nedostatečném spádu terénu za neúměrných nákladů extrémně zahloubit gravitační kanalizaci. Tlakový systém kanalizace je určen pouze pro splašky, nemohou jím být odváděny srážkové vody. Shrnutí výhod:

- nižší investiční náklady (zemní práce: menší hloubky uložení a profily potrubí),
- pružnější navrhování tlakové kanalizace v kombinaci s gravitační kanalizací,
- možnost překonání větších protispádů v území,
- na tlakovém potrubí lze snadno nalézt netěsná místa,
- absence srážkových a zejména spodních (drenážních) vod v kanalizaci,
- využití kanalizace pro rozptýlenou zástavbu s několika samostatnými povodími,
- využití pro oblasti s nepříznivými podmínkami pro zakládání stok.

Shrnutí nevýhod:

- vysoká energetická náročnost systému dána množstvím čerpacích stanic,
- při napojení více nemovitostí a obyvatel na jednu ČS bývají časté dohady při vyšší platbě za elektřinu a poruch (při špatném užívání),
- napojení uživatelé hradí většinou kromě stočného i energii spotřebovanou čerpadlem,
- vlastníci někdy nelegálně napojují srážkové vody do čerpacích jímek,
- špatná přístupnost šachet, pokud se vyskytují na soukromých pozemcích,
- v noci jsou dosahovány minimální rychlosti proudění v potrubí, které způsobují sedimentaci v potrubí,
- delší sedimentace v potrubí následně způsobuje fermentační procesy v odpadní vodě, tyto vody se stávají anaerobní (bez přítomnosti kyslíku),
- odpadní voda, která je dopravována v anaerobních podmínkách intenzivně zapáchá,
- větší a dlouhodobý přítok anaerobních vod má vliv na technologii čistírny,
- při delší sedimentaci se musí proplachovat potrubí tlakovým vzduchem a vodou,
- vyšší četnost provozních poruch, převážně čerpadel v DČS, která je dána neopatrností napojených obyvatel na ČS při vypouštění vod (př. hadry, ubrousky, dětské pleny),
- omezená životnost čerpadel v čerpací jímce (cca 10 let),
- čerpadla se doporučují použít s řezacími noži (macerátory), aby rozsekaly drobné nečistoty - vyšší investice,
- při absenci sekčních ventilů musí provozovatel v případě poruchy řadu obejít a ručně vypnout všechny ventily,
- absence dlouhodobých zkušeností s provozováním kanalizace,
- provozní náročnost systému dána nutností kvalifikace obsluhy,
- nutná osvěta obyvatelstva před uvedením kanalizace do provozu,
- absence doporučených pravidelných kontrol kanalizace (řady, ČS).

5.5.3 Podtlaková kanalizace

Používá se především v místech, kde jsou zvýšené požadavky na ochranu podzemních vod a dále v rovinách, kde by se jinak musela budovat tlaková nebo gravitační kanalizace s velkým množstvím přečerpávacích stanic. Shrnutí výhod:

- nižší investiční náklady na výstavbu kanalizace (menší hloubky uložení potrubí a menší profily),
- podtlakové ventily ve sběrných šachtách nepotřebují elektrickou přípojku, profil ventilu je plně průtočný - bez poškození nasaje díky své konstrukci i tvrdé předměty a vzhledem k rychlosti nasávání i elastické předměty (hadry, pleny, apod.),
- provzdušňování odpadní vody při transportu, nehrozí vznik anaerobních podmínek,
- delší životnost podtlakového ventilu oproti domovním čerpadlům tlakové kanalizace,
- na podtlakovém potrubí lze snadno nalézt netěsná místa,
- absence srážkových a zejména spodních (drenážních) vod v kanalizaci,
- podstatně vyšší kapacita podtlakového ventilu ve srovnání s domovními čerpadly tlakové kanalizace,
- vysoká rychlost přepravy splašků zcela vylučuje jejich usazování v potrubí či ucpání kanalizace (až $6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$),
- po otevření sacího ventilu se nasaje odpadní voda a vzduch do potrubního systému.

Shrnutí nevýhod:

- nutná realizace podtlakové stanice,
- navržené podtlakové potrubí je zejména na vedlejších větvích o dimenzi větší než tlakové potrubí,
- při neuzavření ventilu vzroste výrazně energetická náročnost celého systému,
- absence dlouhodobých zkušeností s provozováním kanalizace v podmínkách ČR,
- provozní náročnost systému,
- kratší životnost a vyšší četnost provozních poruch,
- systémy nejsou vhodné pro odvádění srážkových odpadních vod.

Orientačně lze říci, že o alternativním systému je vhodné uvažovat tam, kde dojde k souběhu více důvodů pro jeho uplatnění. Je nutné si uvědomit, že provozování těchto systémů se odlišuje od provozování tradiční gravitační kanalizace, a je tedy třeba tento provoz náležitě zabezpečit. Problematické mohou být kombinace alternativní a tradiční sítě. V takových případech je lepší vody tlakového systému na ČOV zavést samostatně a tyto vody, pokud je to ekonomicky únosné, nezaústřovat do tradičních stok (Metodická příručka MŽP, 2009).

6 MODIFIKACE NORMOVÝCH HODNOT PRO NÁVRH ČOV

Cílem kapitoly je poukázat na rozdílnost návrhových normových parametrů dle ČSN 75 6401 a ČSN 75 6402, které se v současné době používají při návrhu hlavních stavebních objektů a technologického zařízení čistíren odpadních vod.

Kapitola je rozdělena do základních pěti podkapitol, které jsou důležitými parametry pro návrh (výpočet) čistírny odpadních vod. Mezi tyto parametry patří:

- specifická spotřeba vody,
- množství balastních vod,
- látkové zatížení ČOV,
- skutečné zatížení ČOV vyjádřené pomocí ekvivalentních obyvatel,
- parametr pH.

Špatná volba normových návrhových parametrů při výpočtu ČOV ovlivňuje především velikost objemů hlavních stavebních objektů, kapacitu strojních zařízení a investiční náklady při samotné realizaci. Takto provozovaná čistírna odpadních vod je kapacitně pod/předimenzována, stavební objekty jsou zatíženy cca mezi 60-70 % a strojně technologická zařízení fungují na polovině svého maximálního výkonu.

Současně je známo, že čistírna odpadních vod by se měla přednostně navrhovat na hodnoty, které jsou ověřeny přímým měřením – viz ČSN 75 6401 kapitola „5. Podklady pro návrh čistírny“, odst. 5.9 *„Znečištění odpadních vod přitékajících do čistírny se určí především na základě vodohospodářského průzkumu s přesně definovanou metodikou odběru vzorků, výsledku chemických rozborů nebo na základě směrných údajů, zejména počtu připojených obyvatel, charakteru a kapacity průmyslové výroby, s přihlédnutím k součiniteli denní nerovnoměrnosti“*.

Z tohoto důvodu byla provedena statistika koncentračních ukazatelů kvality odpadní vody pro jednotlivé druhy kanalizačních systémů. Cílem je poukázat na nevhodně volené návrhové parametry, které způsobují pod/předimenzování hlavních stavebních objektů, strojních zařízení a samotné technologie čistírny odpadních vod. Zpracování koncentračních hodnot jednotlivých ukazatelů (kapitola 5.4 Srovnání systémů odkanalizování) je alternativou založenou na reálných provozních podkladech z dlouhodobého měření. Nerovnoměrnost hydraulického a látkového zatížení ČOV je tedy třeba řešit, a to jednoduchým statistickým přístupem.

Nízké pravidelné hydraulické a látkové zatížení ČOV, které kolísá v průběhu týdne, měsíce a roku je potřeba zohlednit již při návrhu čistírny odpadních vod. Z tohoto důvodu bylo vyhodnoceno u ČOV průměrné hydraulické, látkové zatížení a produkce odpadních vod podložena ročními bilancemi, aby bylo zabráněno nepravidelnostem a výkyvům na přítoku do ČOV (př. vinařské obce, rekreační oblasti). Návrh ČOV musí být proveden s rezervou se zohledněním územního plánu obce a PRVKÚK.

Obecně v čistírenské praxi platí, že nepravidelnostmi má smysl se z praktického hlediska zabývat, pokud dosahují desítek procent, tj. když zatížení klesá na více dnů

pod méně než 30-40 % navržené kapacity. V takovém případě je zapotřebí zvážit dobu trvání takových stavů s ohledem na technologické parametry čistírny.

V následujících dílčích kapitolách je provedeno srovnání normových návrhových hodnot podle ČSN EN 752, ČSN 75 6401 a ČSN 75 6402 a poskytnutých dat od provozovatelů, která jsou přepočtena na reálné hodnoty zatížení ČOV (průměrná produkce odpadní vody a průměrné hodnoty specifické produkce znečištění „s_o“ v g.obyv⁻¹.den⁻¹). Doporučení pro úpravu modifikovaných návrhových parametrů čistírny odpadních vod vychází ze zpracovaných dat od provozovatelů v kapitole 5.

6.1 HYDRAULICKÉ ZATÍŽENÍ

Průměrný Čech denně spotřebuje 88,7 litru vody, jedná se o aktuální data za rok 2017 (O vodárenství, 2018). Největším spotřebitelem vody celosvětově i v České republice je zemědělství, podle údajů UNESCO se zemědělství na celosvětové spotřebě vody podílí až 70 a průmysl 20 procenty (Unesco, 2018).

Množství celkem fakturované vody v Česku mírně vzrostlo proti roku 2016 o půl litru na osobu na den na 131,7 litrů. Objem vody fakturované domácnostem se zvýšil o 0,4 litru na 88,7 litrů na osobu na den, což je nejvíce minimálně od roku 2011 (O vodárenství, 2018). Pro kategorie obcí do 2000 EO tvoří významnou složku pouze především voda fakturovaná domácnostem.

Množství vypouštěné odpadní vody do kanalizace a přitékající na ČOV je rozdílné oproti fakturované vodě a ovlivňuje je celá řada faktorů (šetření s vodou, využívání vody, vlastní zdroje, balastní vody a další).

6.1.1 Vyhodnocení produkce odpadní vody

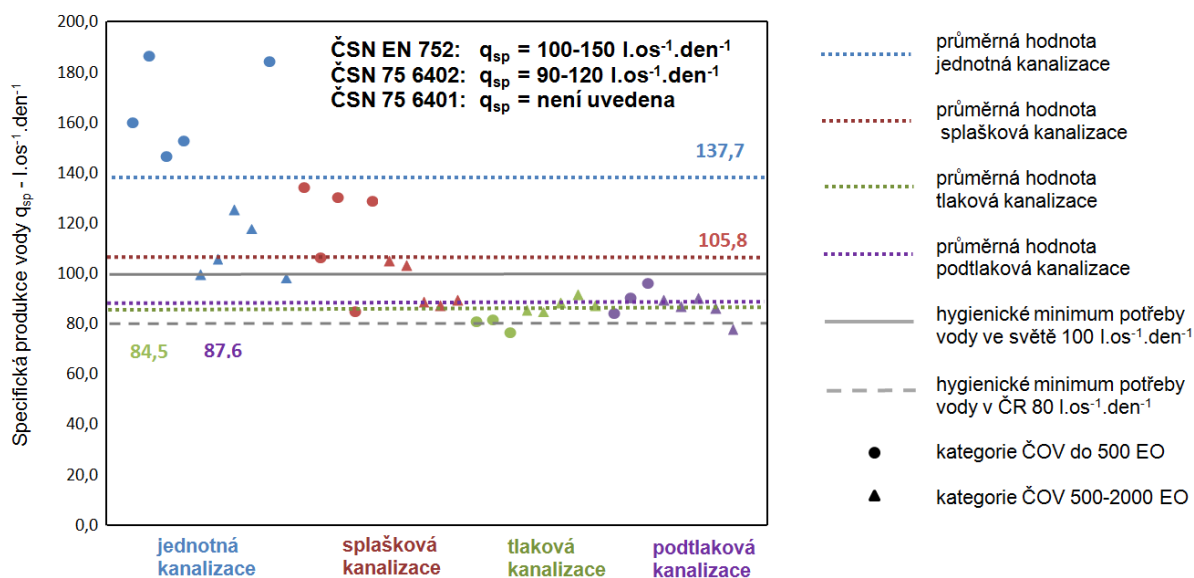
Hydraulické zatížení ČOV včetně přepočtu specifické produkce odpadní vody pro různé kanalizační systémy je zpracováno v Tab. 27.

Většina navržených a posuzovaných obcí byla navržena převážně na hodnoty specifické produkce odpadní vody 120-150 l.os⁻¹.den⁻¹ (informace z poskytnutých projektových dokumentací a od provozovatelů). Hydraulické zatížení všech ČOV je cca na 60 % návrhové kapacity (Tab. 27) pro všechny systémy odkanalizování.

Tab. 27 Srovnání produkce vody a hydraulického zatížení ČOV pro různé systémy odkanalizování

Systém odkanalizování	Specifická produkce vody [l.os ⁻¹ .den ⁻¹]		Hydraulické zatížení ČOV [%]	
	Včetně Q _B	Bez Q _B	Průměr	Medián
Gravitační jednotná kanalizace	137,73	110,20	55,90	60,14
Gravitační splašková kanalizace	105,81	93,89	57,62	55,68
Tlaková kanalizace	84,53	-	54,22	50,41
Podtlaková kanalizace	87,59	-	59,02	58,22

Vyhodnocení průměrné specifické produkce odpadní vody u posuzovaných obcí je na Obr. 3. Grafické vyhodnocení je provedeno pro čistírny odpadních vod v kategorii do 500 EO a kategorii 500-2000 EO.



Obr. 3 Průměrná produkce odpadní vody

V kategorii do 500 EO je produkce odpadní vody větší u gravitačních systémů odkanalizování než v kategorii 500-2000 EO. U alternativních systémů odkanalizování je produkce odpadní vody v obou kategoriích srovnatelná. Průměrná produkce odpadní vody pro jednotnou kanalizaci je $137,7 l.os^{-1}.den^{-1}$, splaškovou $105,8 l.os^{-1}.den^{-1}$, tlakovou $84,5 l.os^{-1}.den^{-1}$ a podtlakovou $87,6 l.os^{-1}.den^{-1}$. U jednotné a splaškové kanalizace je množství odpadní vody ovlivněno převážně výskytem balastních vod, které zkreslují celkovou specifickou produkci odpadních vod z domácností. Reálné výsledky jsou dosaženy u obcí tlakovou a podtlakovou kanalizací, kde se specifická spotřeba vody pohybuje mezi $80-90 l.os^{-1}.den^{-1}$. Alternativní systémy odkanalizování nedosahují hodnoty hygienického minima, které je deklarované Světovou zdravotnickou organizací a činí $100 l.os^{-1}.den^{-1}$ (World Health Organization, 2017).

6.1.2 Návrh modifikace normových hodnot produkce odpadní vody

Z pohledu projektanta čistíren odpadních vod je optimální při výpočtu základních průtoků vycházet z reálných hodnot poskytnutých provozovatelem ČOV, bohužel realita je jiná. Projektant mnohdy přebírá návrhové hodnoty z obcí podobných velikostí kolikrát bez zohlednění občansko-technické vybavenosti posuzované obce.

Reálná čísla produkované odpadní vody mnohdy nedosahují ani požadavků minimálních hygienických limitů, ani doporučených hodnot v ČSN 75 6402. V takovém případě musí být konsensus mezi vlastníkem a provozovatelem kanalizace týkající se návrhové hodnoty produkce odpadní vody. Ze zkušeností se v současné době uvažuje při návrhu ČOV pro obce do 500 EO s hodnotou

100 l.os⁻¹.den⁻¹ a pro obce nad 500 EO s hodnotou 100-120 l.os⁻¹.den⁻¹. Tuto návrhovou hodnotu je dobré mít písemně odsouhlasenou projektantem a provozovatelem. Pro městské odpadní vody velkých aglomerací je návrhová hodnota 120-150 l.os⁻¹.den⁻¹. Provedeným porovnáním specifické produkce odpadní vody lze konstatovat, že výpočtová hodnota ukazatele q_{sp} je (byla) dlouhodobě nadhodnocená. Ekvivalentním doporučením při návrhu ČOV oproti platným normám jsou zpracované reálné hodnoty produkce odpadních vod z obcí do 2000 EO, kde se hydraulické zatížení ČOV pohybuje na ⅓ návrhových parametrů.

Na základě výsledků a s úvahou dostatečné rezervy pro návrhování a provozování stokové sítě a ČOV doporučuji používání upřesněné hodnoty specifické produkce odpadní vody. **Hodnotu ukazatele specifické produkce odpadní vody pro výpočet hlavních objektů a zařízení na ČOV doporučuji použít podle voleného způsobu odkanalizování:**

- **90 l.os⁻¹.den⁻¹ (upřesnění podle ČSN 75 6402, ČSN EN 752) nebo hodnotu podle ročních směrných čísel potřeby vody 35 m³.rok⁻¹ (podle Vyhlášky č. 120/2011 Sb.) pro oddílný systém tlakové a podtlakové kanalizace,**
- **100 l.os⁻¹.den⁻¹ (upřesnění podle ČSN 75 6402, ČSN EN 752) pro oddílný systém splaškové gravitační kanalizace.**

Při výpočtu ČOV na gravitační jednotné, oddílné splaškové, tlakové nebo podtlakové kanalizaci je vždy důležité při volbě hodnoty specifické produkce odpadní vody zohlednit velikost obce a občansko-technickou vybavenost obce stanovující druh spotřeby vody. **Modifikované návrhové hodnoty produkce odpadní vody jsou minimální doporučené hodnoty, které upřesňují použití legislativních hodnot uvedených v normách ČSN 75 6401, 75 6402 a ČSN EN 752.** Tyto hodnoty lze uvažovat i při zohlednění výhledového stavu pro ČOV na dobu 10-15 let, v kombinaci s územním plánem obce a PRVKÚK, od předpokládaného uvedení ČOV do provozu.

Při výpočtu ČOV na gravitační oddílné splaškové kanalizaci doporučuji použít návrhovou hodnotu specifické produkce odpadní vody 100 l.os⁻¹.den⁻¹.

Při výpočtu ČOV na oddílné tlakové a podtlakové kanalizaci, doporučuji použít návrhovou hodnotu specifické produkce odpadní vody 90 l.os⁻¹.den⁻¹. Ekvivalentním návrhem je použití směrných čísel roční potřeby vody 35 m³.rok⁻¹ (96 l.os⁻¹.den⁻¹).

Obyvatelé bydlící v malých obcích dlouhodobě využívají vlastní zdroje vody - studny, srážkovou a vyčištěnou odpadní vodu. Vzhledem k dlouho trvajícím deficitu povrchové i podzemní vody a zvýšení ceny za vodu (vodné a stočné) dochází k úspoře pitné vody používáním úsporných spotřebičů, upravené srážkové vody, recyklované šedé vody atd. Voda srážková nebo vyčištěná odpadní voda (v případě domovních ČOV) je v současné době alternativou pro zalévání, splachování záchodů, umývání, oplachy komunikací a dvorů, popř. na praní. Zaléváním a splachováním toalet znovužitou odpadní nebo srážkovou vodou lze ušetřit kolem 30 % pitné vody, praním prádla necelých 15 % a při alternativní náhradě pro osobní hygienu až dalších 30 % (Raclavský, Hluštík, 2015).

Obzvláště v malých obcích je velká podpora recyklace vody v domácnostech, tj. akumulace a zasakování srážkové vody ze střech, možnosti jejího využití, využití šedé vody a další. Jakkoliv je tato činnost velmi populární, nese s sebou značná hygienická rizika a vyžaduje odborně provedené instalace a také hygienickou osvětu. Rozšíření na větší systémy nebo dokonce napojení na standardní vodovodní síť je vysoce rizikové (Raclavský, Biela, Vrána, Hlušík, Raček, Bartoník, 2013).

V případě zákonné možnosti (zákon č. 274/2001 Sb. § 19 odst. 7) snížení objemového množství odpadní vody pro výpočet stočného, je možné snížit i návrhovou hodnotu specifické produkce odpadní vody. Výpočet je vhodný použít pro územní celky, které dlouhodobě vykazují nižší spotřebu vody. Nárok na snížení množství odpadní vody pro stočné prokazuje odběratel technickým propočtem daným rozdílem odebrané pitné vody změřené vodoměrem a množstvím stanoveného odběru podle směrných čísel pro bytový fond. Pokud je snížení množství pro stočné přiznáno s podmínkou měření vody pro kropení (zvláštním vodoměrem), nebo v případě vlastního zdroje pitné vody (studna) měření (zvláštním vodoměrem) množství pitné vody odebíraného pro bytový fond, je takto stanovené množství pro stočné přiznáno na celou dobu kdy měření probíhá, tedy i v případě, že snížené množství v některém z roků nedosáhne 30 m³ za rok (vyhláška č. 120/2011 Sb.).

Maximální hodinový průtok na čistírně odpadních vod je nejdůležitější průtok, na který se dimenzují hlavní objekty ČOV. V případě stanovení příliš nízké hodnoty maximálního průtoku může docházet, byť jen krátkodobě, k hydraulickému přetížení čistírny odpadních vod. Tento stav zvláště pro malé čistírny odpadních vod závažně zhoršuje kvalitu odpadní vody na odtoku. Vyšší hodnota maximálního průtoku pak zbytečně předimenzuje hlavní stavební objekty, strojní zařízení a čistírna odpadních vod je málo hydraulicky zatížena. Tento důsledek nemá vliv na environmentální dopady na jakosti povrchových vod, ale má vyšší ekonomické dopady pro obec.

Další otázkou kromě stanovení specifické produkce vody je stanovení koeficientů, které určují špičkovou potřebu vody (maximální denní a maximální hodinovou). Kvantifikování proměnlivosti průtoku za určité časové období, tj. koeficienty denní a hodinové nerovnoměrnosti bývají pro malé obce často nadhodnocené a jsou mimo rozsah doporučovaných hodnot. Modifikace a úprava koeficientů denní a hodinové nerovnoměrnosti není cílem habilitační práce, jedná se o samostatnou problematiku.

6.2 BALASTNÍ VODY

Ředěním splaškových vod balastními vodami se zhoršuje proces mechanického a biologického čištění na čistírně odpadních vod a současně se zvyšují energetické náklady na čerpání odpadní vody. Omezování množství balastních vod má tedy smysl nejen ekonomický.

Samotné opravy nátoků balastních vod se řeší buď provedením výkopu a jejich utěsněním, nebo v dnešní době stále používanějšími bezvýkopovými metodami (sanacemi lokálních úseků a kanalizačních objektů).

Pro odhalení přítoků balastních vod, tzv. infiltrací se používají průtokoměry, hladinoměry a srážkoměry (na jednotné kanalizaci). Minimalizaci infiltrovaných vod požaduje i ČSN EN 752, kapitole „6.4.2. Vypracování úplných řešení“.

Kamerové prohlídky kanalizace se provádí nejen z důvodu omezení balastních vod, ale také ke kontrole stavu kanalizačního potrubí, upřesnění tras kanalizací, zjištění napojení kanalizačních přípojek, apod. Stoky jsou většinou umístěny ve vozovkách, které jsou různě zatíženy dopravou. Z toho důvodu probíhají periodicky kamerové prohlídky, které dokážou včas odhalit deformované nebo popraskané potrubí a tím předejít havárii kanalizace. Kamerové prohlídky jsou vhodné pro malé aglomerace a dávají spolehlivé výsledky.

Množství balastních vod je přímo úměrné stavebně-technickému stavu stokové sítě, tj. kanalizačního potrubí a kanalizačních šachet. Cílem každého provozovatele by mělo být snížení nátoků balastních vod do kanalizace.

6.2.1 Vyhodnocení balastních vod

Množství balastních vod je při výpočtu přítoku na projektovanou ČOV většinou odborně odhadováno. Pro nově navrhovaná kanalizační potrubí lze uvažovat 5 % hodnotu, pro kanalizační potrubí již provozované je zapotřebí znát její stavebně-technický stav. Ze zkušeností jsou známy případy, kde balastní vody tvořily více než 75 % přítoku na ČOV. Takový stav je nepřijatelný, odpadní voda natékající na ČOV je nařazená s hodnotami organických ukazatelů BSK_5 pod 100 mg.l^{-1} a $CHSK_{Cr}$ pod 200 mg.l^{-1} a teplota odpadní vody klesá k hranici 5° C . Jediným pozitivním ukazatelem je pH, které může upravit přítékající zásadité odpadní vody, protože pH podzemních mineralizovaných vod lze určit mezi hodnotami 6,5-7,5.

Nejvíce balastních vod průměrného množství cca 20,0 % bylo zjištěno u jednotné gravitační stokové sítě, jejíž průměrné stáří je přes 40 let. U splaškové gravitační stokové sítě je průměrná hodnota cca 10 % s průměrným stářím 13,5 let.

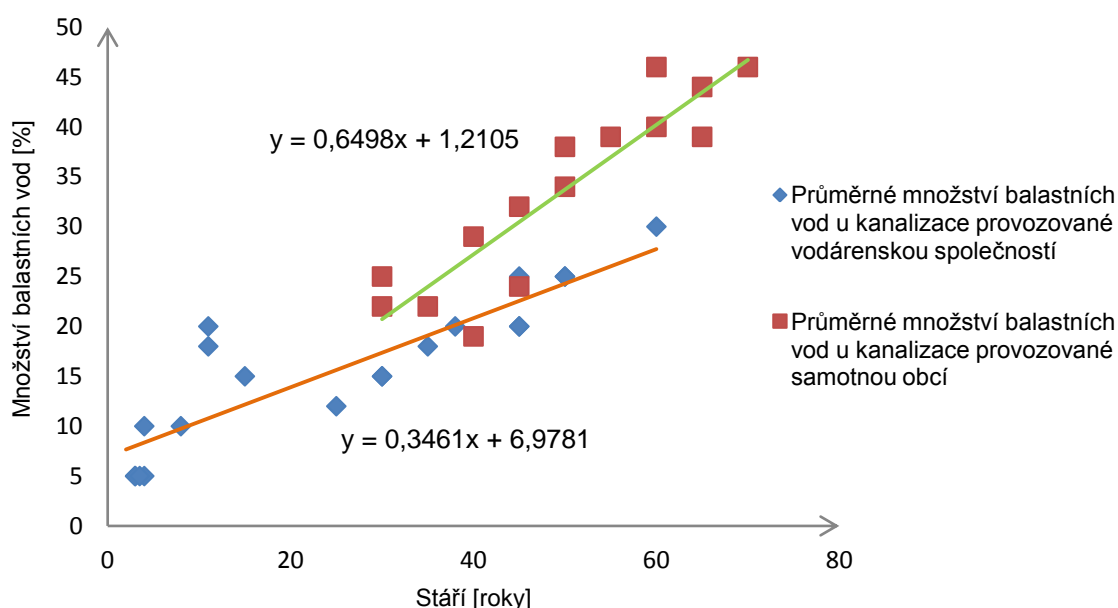
U alternativních způsobů odkanalizování se s množstvím balastních vod při návrhu i posuzování stokového systému neuvažuje. Při infiltraci balastních vod do systému se obvykle zvyšuje energetická účinnost systému a provozovatel většinou velmi rychle na tento stav reaguje opravou problémů na síti. U podtlakové kanalizace je dalším doporučením kontrola chodu vývěv, vývěva se má sepnout 5-6x za hodinu. Pokud dochází k dlouhodobému častějšímu spínání vývěv, lze předpokládat při vyšší hladině podzemních vod, nasávání těchto balastních vod do kanalizace. Vždy je nutné provozovatelem předem vyloučit nárazové vypouštění odpadních vod do kanalizace (př. bazénové vody).

6.2.2 Návrh modifikace normových hodnot produkce balastních vod

Prioritou při posouzení stokové sítě a určení hodnoty množství balastních vod je jejich přímé stanovení. Pro přímé stanovení jsou zapotřebí získat aktuální data od provozovatele (nejčastěji časová řada průtoků), ze kterých lze co nejpřesněji stanovit

množství balastních vod. Dalšími častými podklady jsou aktuální kamerové prohlídky kanalizace s informacemi o stavebně-technickém stavu kanalizace nebo pouhý údaj o stáří kanalizace. Na základě těchto druhotných informací je možné orientačně odhadnout množství balastních vod, zde ale záleží již na zkušenostech projektanta. Množství balastních vod ovlivňuje celá řada dalších ukazatelů a exaktní určení procentuální hodnoty není vlastně možné. Základním předpokladem je při výstavbě kanalizace dodržení technických standardů při uložení kanalizačního potrubí.

Na Obr. 4 je graficky vyhodnoceno množství balastních vod pro obce, které si provozují gravitační kanalizaci sami a obce, kterým kanalizaci provozují vodárenské společnosti, svazky obcí a jiné právnické subjekty.



Obr. 4 Orientační stanovení množství balastních vod

Procentuální odhad množství balastních vod je pouze orientační a má pomoci při nezkušenostech projektanta při určení návrhové hodnoty na gravitační kanalizaci.

Pro výpočet nové ČOV a nové splaškové stokové sítě, doporučuji použít návrhovou hodnotou 5 % balastních vod. Při posuzování stávající čistírny odpadních vod je zapotřebí určit množství balastních vod na již stávající provozované stokové síti. **Orientační stanovení množství balastních vod na již provozované gravitační jednotné a gravitační oddílné splaškové stokové síti lze určit podle empirického vztahu uvedeného v R.15.**

$$Q_{B-OR} = Y \cdot (0,35 \cdot S_t + 7,0) \quad [\%] \quad (R.15)$$

kde:

- Q_{B-OR} - orientační hodnota procentuálního množství balastních vod v %,
- Y - a) koeficient 1,0 pro obce, kde stokovou síť provozuje vodáren. společnost,
b) koeficient v Tab. 28 pro obce, kde stokovou síť provozuje samotná obec,
- S_t - stáří stokové sítě v n-letech.

Tab. 28 Hodnota koeficientu Y pro orientační určení balastních vod

Stáří stokové sítě [roky]	≤ 5	5-15	15-25	25-35	35-45	≥ 45
Koeficient Y	1,0	1,0-1,2	1,2-1,3	1,3-1,35	1,35-1,4	≥ 1,4

Pokud si obec sama provozuje stokovou síť, bývá většinou stavebně-technický stav stokové sítě daleko horší bez pravidelné obnovy a provozovatel mnohdy ani nezná stavebně-technický stav své stokové sítě. V takovém případě doporučuji při posuzování stokové sítě a výpočtu ČOV navýšit orientační hodnotu balastních vod (R.15) o „Y“ násobek celkového množství odpadních vod. Množství balastních vod ve stokové síti je časově proměnné a narůstá se stářím stokové sítě. Balastní vody by neměly překračovat hodnotu 15 % z celkového množství odpadních vod.

Hodnota „Y“ je odvozena z provedeného průzkumu, monitoringu a vyhodnocení stavebně-technického stavu stokové sítě. Průzkum byl prováděn v deseti obcích Jihomoravského kraje a pěti obcích Zlínského kraje České republiky v letech 2010-2015. Obce byly vlastníky a současně provozovateli vodohospodářské infrastruktury od dne výstavby stokové sítě v obci. Podstatná část stokových sítí byla postavena převážně v 70. letech 20 století, jedná se o jednotnou stokovou soustavu tvořenou betonovým, železobetonovým a lokálně kameninovým a plastovým potrubím. Celkem byl proveden monitoring na 110 km celé stokové sítě ve všech obcích. Velikost posuzovaných obcí, stokových systémů, lze zařadit do kategorie do 2000 ekvivalentních obyvatel. Vyhodnocená data z kamerových průzkumů jsou unikátní (Tab. 29 a Obr. 5), v současné době neexistují souhrnné informace o technickém stavu a poruchovosti stokových systémů provozovaných samotnými vlastníky (Hlušík, Zeleňáková, 2019).

Statistické údaje o stokových sítích z vybraných obcí jsou uvedeny v Tab. 29 a jsou srovnány se společností Veolia Česká republika, a.s. Společnost Veolia Česká republika, a.s. je jedním z předních dodavatelů vodohospodářských služeb, zajišťuje výrobu, distribuci pitné vody, odvádění a čištění odpadních vod. Kanalizační služby poskytuje pro více než 3,0 milióny obyvatel (1048 měst a obcí a 25 průmyslových partnerů). Tato společnost zveřejnila statistické informace o průměrné poruchovosti stokových sítí a objektů svých dceřiných společností (Veolia ČR, 2016).

Společnost Veolia Česká republika, a.s. udává průměrný výskyt balastních vod do 15 %. U obcí provozujících si kanalizaci sami je průměrný výskyt v intervalu 25-35 % podle stáří stokové sítě. Množství balastních vod bylo zjištěno z měření časové řady průtoků na ČOV, kterou poskytl provozovatel.

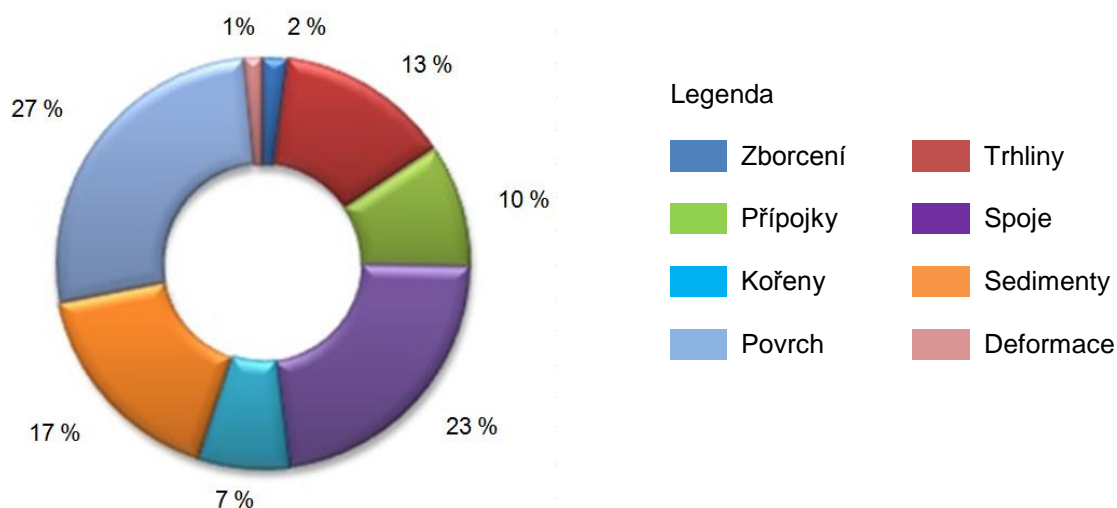
Zpracování poruch bylo provedeno navrženou metodikou pro hodnocení technického stavu kanalizace a technických ukazatelů. Metodika byla zpracována na Vysokém učení technickém v Brně, Fakultě stavební, Ústavem Vodního hospodářství obcí (Hlušík, Kučera, Raclavský, 2008).

Tab. 29 Srovnání počtu poruch na 10 km.rok⁻¹ (Hlušík, Zeleňáková, 2019)

Provozovatel kanalizace	Společnost Veolia Česká republika, a.s.	Obec vlastník i provozovatel
Potrubí	1,21	13,56
Přípojky	1,91	7,32
Objekty	1,17	6,95
Celkem	4,29	27,83

Vyhodnocení poruch v Tab. 29 pro obce provozující si kanalizaci sami je uvedeno pro všechny poruchy na stokové síti. Mezi závažné poruchy, které způsobují vnik balastních vod lze zahrnout především deformace, zborcení, netěsnosti při napojení kanalizačních přípojek a netěsnosti v kanalizačních šachtách.

Zpracování procentuálního zastoupení poruch u stokové sítě je znázorněno na Obr. 5 pro obce provozující si stokové sítě sami. Poruchy způsobující vnik balastních vod tvoří cca 8,5 % z celkových poruch na stokové síti. Tyto poruchy byly zjištěny pomocí kamerových prohlídek.

**Obr. 5** Druhy poruch na stokové síti provozované obcemi – vlastníky

Shrnutí

Množství balastních vod se během provozování zvyšuje u všech typů stokových sítí. Množství balastních vod u dobře fungující tlakové a podtlakové kanalizace je ale zanedbatelné. Při návrhu a posuzování těchto systémů se uvažuje s nulovým množstvím balastních vod. Vyšší nátok balastních vod je již odhalitelný a musí být (většinou je) provozovatelem ihned řešen. Příkladem je upozornění v častějším intervalu spínání čerpadel nebo zvýšení minerálních částic na ČOV způsobující nasávání zeminy při podtlakovém způsobu odkanalizování (Kudrnová, Hlušík, 2013).

Množství prosáklé vody, tzv. exfiltrace bývá také zanedbatelné. Exfiltrací dochází ke kontaminaci jakosti podzemních vod a ovlivnění hladiny podzemní vody. Kontaminace podzemních vod organickým znečištěním a nutrienty je vážný problém, nedochází již k dalšímu rozkladu vstupujících forem dusíku a fosforu, které se

vyskytují v odpadní vodě. Podzemní voda je tak kontaminována a v případě jejího dalšího využívání dochází ke zvýšení finančních prostředků potřebných k její úpravě.

Na základě technického stavu stokové sítě lze jen stěží odborně odhadovat množství prosáklé vody. V současné době existuje korelace mezi koeficientem infiltrace, stářím potrubí a jeho stavem (Karpf, Krebs, 2011). Výpočtové množství exfiltrované vody se ovšem oproti skutečnosti značně liší. Lze konstatovat, že podzemní voda proudí do míst s nejnižším hydraulickým potenciálem ve směru hydraulického gradientu.

6.3 LÁTKOVÉ ZATÍŽENÍ

Látkové zatížení čistírny odpadních vod je jeden ze základních návrhových údajů, hodnoty ukazatelů kvality vody se používají pro výpočet hlavních objektů převážně biologického čištění odpadních vod.

Pro posouzení čistírny odpadních vod se vychází ze skutečného znečištění přítékajícího na ČOV. Doporučením při návrhu ČOV je vycházet z provedených chemických rozborů odpadní vody. Předpokladem pro zpracování posouzení čistírny odpadních vod je dodržení přesně definované metodiky odběru vzorků podle NV č. 401/2015 Sb. pro danou kategorii čistírny. Pro posouzení ČOV se doporučuje bilance minimálně ročního látkového zatížení čistírny, optimálně pak rozborů odpadní vody za poslední tři roky provozování.

6.3.1 Vyhodnocení produkce znečištění

Vyhodnocení skutečné specifické produkce znečištění ukazatelů kvality vody je uvedeno v Tab. 30, jedná se o průměrné hodnoty rozdělené zvlášť pro všechny posuzované způsoby odkanalizování. Procentuální rozdíl je vyjádřen k průměrné návrhové hodnotě daného ukazatele, kladné číslo v % překračuje normovou návrhovou hodnotu a záporné číslo v % je pod hranicí normové návrhové hodnoty.

Tab. 30 Vyhodnocení specifické produkce znečištění ukazatelů kvality vody na ČOV

Specifická produkce znečištění s_o [$\text{g.os}^{-1}.\text{den}^{-1}$]	BSK ₅		CHSK _{Cr}		NL		N _c		NH ₄ ⁺		P _c	
	s_o	%	s_o	%	s_o	%	s_o	%	s_o	%	s_o	%
Normová hodnota	60		120		55		11 ^{*)}		8,5 ^{*)}		2,5	
Gravitační jednotná kanalizace	27,5	-54,2	69,0	-42,5	37,7	-31,4	8,1	-26,0	5,2	-39,2	0,96	-61,8
Gravitační splašková kanalizace s balasty 5 %	53,7	-10,6	107,5	-7,5	48,1	-12,6	12,9	16,9	10,5	23,5	1,43	-42,9
Gravitační splašková kanalizace	47,9	-20,2	99,5	-17,1	44,4	-19,2	11,8	7,7	9,7	14,5	1,39	-44,3
Tlaková kanalizace	67,4	12,3	139,4	16,1	73,6	33,7	15,1	37,6	11,7	38,2	1,57	-37,3
Podtlaková kanalizace	58,2	-3,1	122,5	2,0	68,1	23,9	12,8	16,3	9,6	12,8	1,46	-41,7

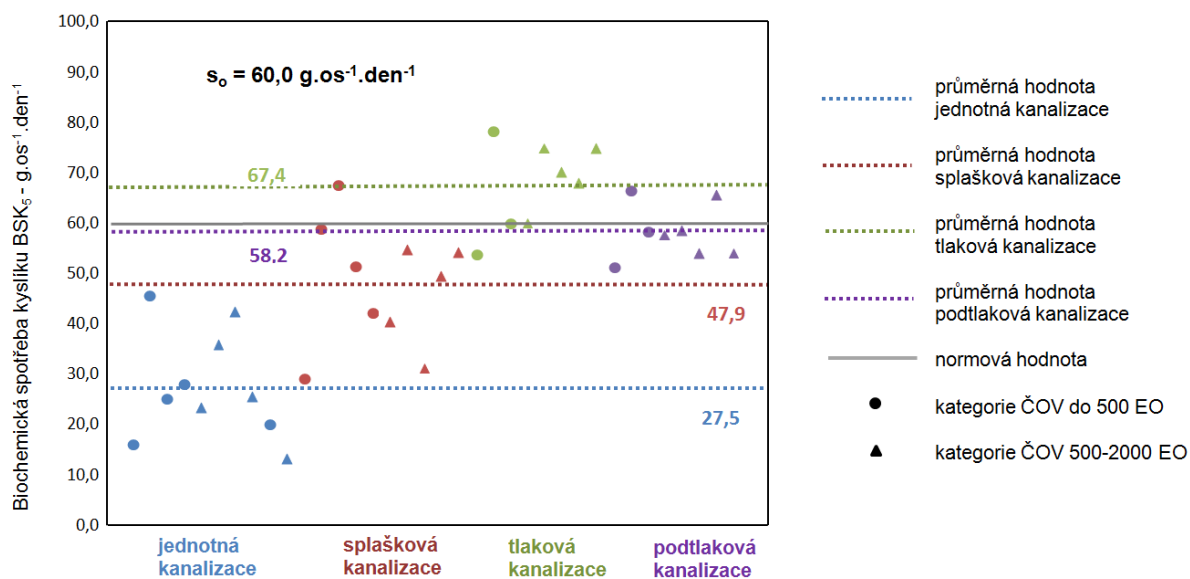
*) Norma ČSN 75 6401 doporučuje orientační návrhovou hodnotu specifického znečištění na obyvatele volit podle Tab. 9 pro $N_c = 11 \text{ g.os}^{-1}.\text{den}^{-1}$ a $P_c = 2,5 \text{ g.os}^{-1}.\text{den}^{-1}$. Alternativně pak produkci fyzického obyvatele lze uvažovat také $N_c = 12 \text{ g.os}^{-1}.\text{den}^{-1}$ a $P_c = 2,34 \text{ g.os}^{-1}.\text{den}^{-1}$.

Celkové srovnání bylo provedeno i pro splaškovou kanalizaci s hodnotou balastních vod do 5 %. Tato hodnota je přidána do celkového vyhodnocení, protože hodnota balastních vod 5 % je návrhovou hodnotou při výpočtu přítoku na čistírnu odpadních vod. Cílem je určit návrhové ukazatele specifické produkce odpadních vod, které mohou být použity při navrhování nových ČOV. Grafické vyhodnocení specifických hodnot je provedeno zvlášť pro kategorii do 500 EO a 500-2000 EO.

Biochemická spotřeba kyslíku

Ukazatel biochemické spotřeby kyslíku patří mezi nejdůležitější návrhové parametry čistíren odpadních vod a je zastoupen především v návrhu stavebního objektu aktivační nádrže. Zpracované hodnoty ukazatele BSK₅ jsou pod hranicí návrhového limitu specifické produkce odpadních vod pro jednotnou, splaškovou a podtlakovou kanalizaci. Návrhovou hodnotou podle platných norem je 60 g.os⁻¹.den⁻¹. Grafické vyhodnocení ukazatele BSK₅ je znázorněno na Obr. 6.

Pro jednotnou kanalizaci je zjištěná průměrná hodnota 27,5 g.os⁻¹.den⁻¹ (-54,2 %). Nízká hodnota ukazatele je způsobena jednak stářím stokové sítě, přítokem balastních a srážkových vod, které způsobují naředění splaškových vod. Pro splaškovou kanalizaci je průměrná hodnota specifické produkce ukazatele 47,9 g.os⁻¹.den⁻¹, tj. na hodnotě -20,2 % z původní návrhové.



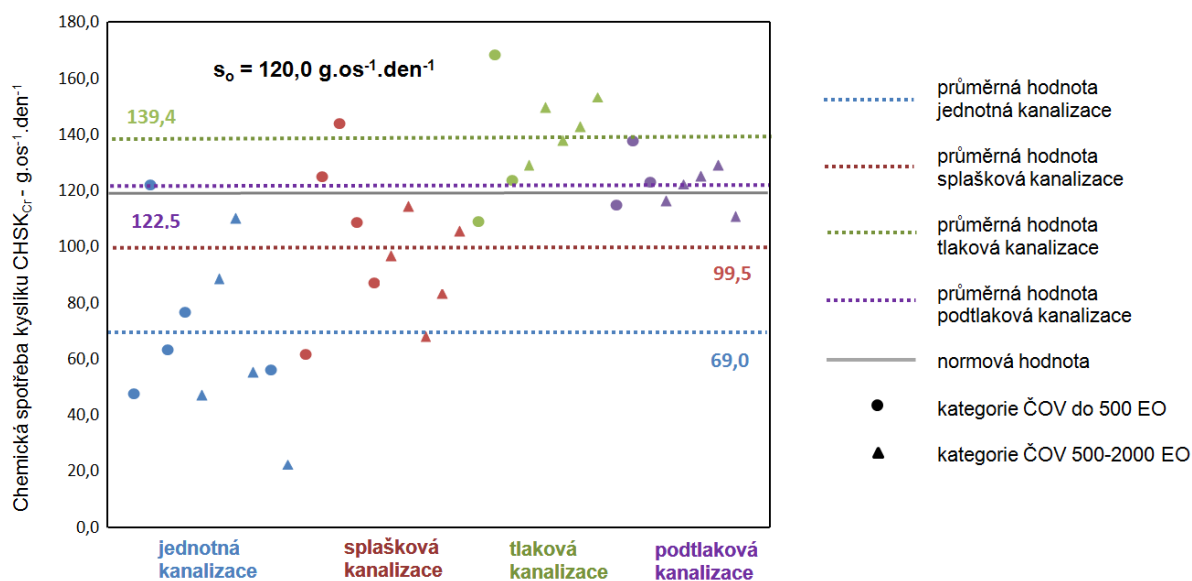
Obr. 6 Průměrná produkce biochemické spotřeby kyslíku BSK₅

Tlaková kanalizace dosahuje průměrné hodnoty 67,4 g.os⁻¹.den⁻¹ a je jako jediná nad hranicí návrhové 60 g BSK₅. U podtlakové kanalizace dosahuje průměrná hodnota 58,2 g.os⁻¹.den⁻¹ a nejvíce odpovídá hodnotě návrhové.

Chemická spotřeba kyslíku

Parametr chemické spotřeby kyslíku je měřítkem redukční kapacity odpadní vody a jeho výsledek informuje o celkové koncentraci organických látek v odpadní vodě.

Parametr $CHSK_{Cr}$ slouží k navrhování stavebních objektů na čistírně odpadních vod, určení množství přebytečného kalu v dosazovací nádrži většinou v kombinaci s parametrem BSK_5 . Návrhovou hodnotou podle platných norem je $120 \text{ g.os}^{-1}.\text{den}^{-1}$. Grafické vyhodnocení ukazatele $CHSK_{Cr}$ je znázorněno na Obr. 7.



Obr. 7 Průměrná produkce chemické spotřeby kyslíku $CHSK_{Cr}$

Zpracované hodnoty ukazatele $CHSK_{Cr}$ jsou pouze pro gravitační systémy odkanalizování pod návrhovým limitem specifické produkce odpadních vod. U gravitační jednotné kanalizace je průměrný ukazatel $CHSK_{Cr}$ na $69,0 \text{ g.os}^{-1}.\text{den}^{-1}$, tj. na -42,5 % z návrhové hodnoty. U splaškové kanalizace je hodnota ukazatele $99,5 \text{ g.os}^{-1}.\text{den}^{-1}$, tj. -17,1 % z návrhové hodnoty.

Alternativní systémy odkanalizování shodně překračují návrhové hodnoty. U tlakové kanalizace je překročení ukazatele $CHSK_{Cr}$ o $19,4 \text{ g.os}^{-1}.\text{den}^{-1}$ (16,1 %), u podtlakové kanalizace odpovídá vypočtený ukazatel $122,5 \text{ g.os}^{-1}.\text{den}^{-1}$ (2,0 %) nejvíce návrhové hodnotě $120 \text{ g.os}^{-1}.\text{den}^{-1}$.

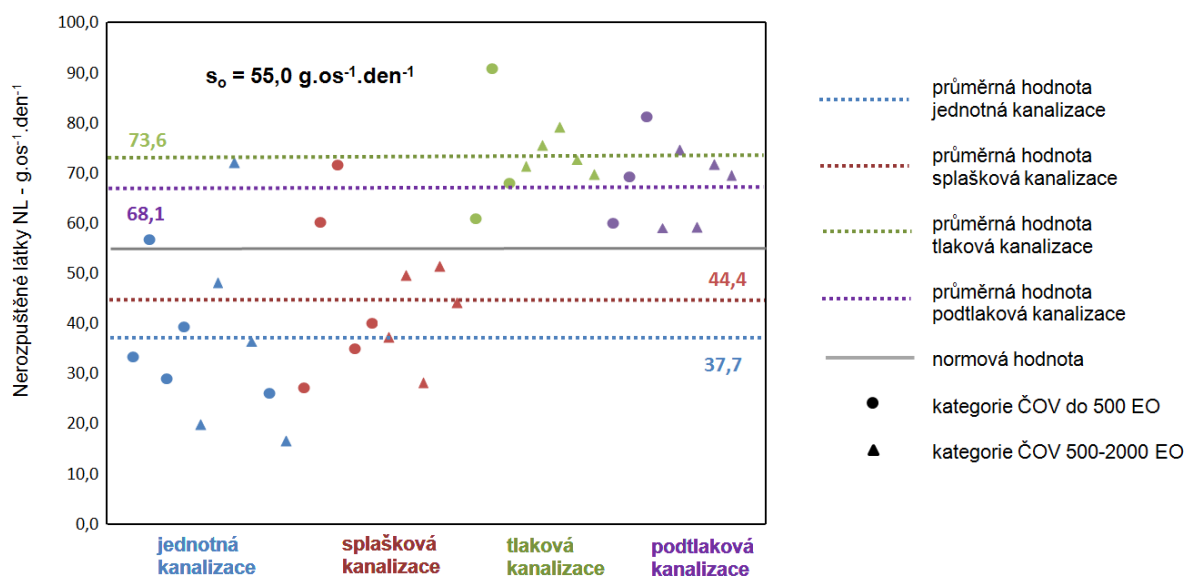
Nerozpuštěné látky

Nerozpuštěné látky, někdy nazývané také suspendované látky, jsou látky volně sedimentující. Sedimentace nerozpuštěných látek nastává na čistírnách odpadních vod do 2000 EO v dosazovací nádrži biologického čištění a v kalové nádrži. Návrhovou hodnotou podle platných norem je $55 \text{ g.os}^{-1}.\text{den}^{-1}$. Grafické vyhodnocení ukazatele NL je znázorněno na Obr. 8.

Hodnota ukazatele nerozpuštěných látek slouží hlavně při navrhování a posuzování stavebního objektu dosazovací nádrže na čistírně odpadních vod, určení množství specifické produkce přebytečného kalu v dosazovací nádrži.

Pro systémy jednotné a splaškové gravitační kanalizace jsou průměrné hodnoty nerozpuštěných látek pod návrhovou hranicí s hodnotami $37,7$ a $44,4 \text{ g.os}^{-1}.\text{den}^{-1}$, které odpovídají procentuálnímu vyjádření -31,4 až -19,2 %.

Na tlakové kanalizace významně překračuje ukazatel NL návrhovou hodnotu. U tlakové kanalizace odpovídá produkce NL hodnotě $73,6 \text{ g.os}^{-1}.\text{den}^{-1}$ (33,7 %) a na podtlakové kanalizaci je hodnota $68,1 \text{ g.os}^{-1}.\text{den}^{-1}$ (23,9 %).



Obr. 8 Průměrná produkce nerozpuštěných látek NL

Překročení ukazatele NL je způsobeno vyššími hodnotami organického znečištění, narůstajícího v systémech domovních čerpacích jímek (předřazených septiků). Zde dochází systémem kalových čerpadel na „rozemletí“ a následně transportu hrubých nečistot a organického znečištění kanalizací na ČOV.

Celkový dusík

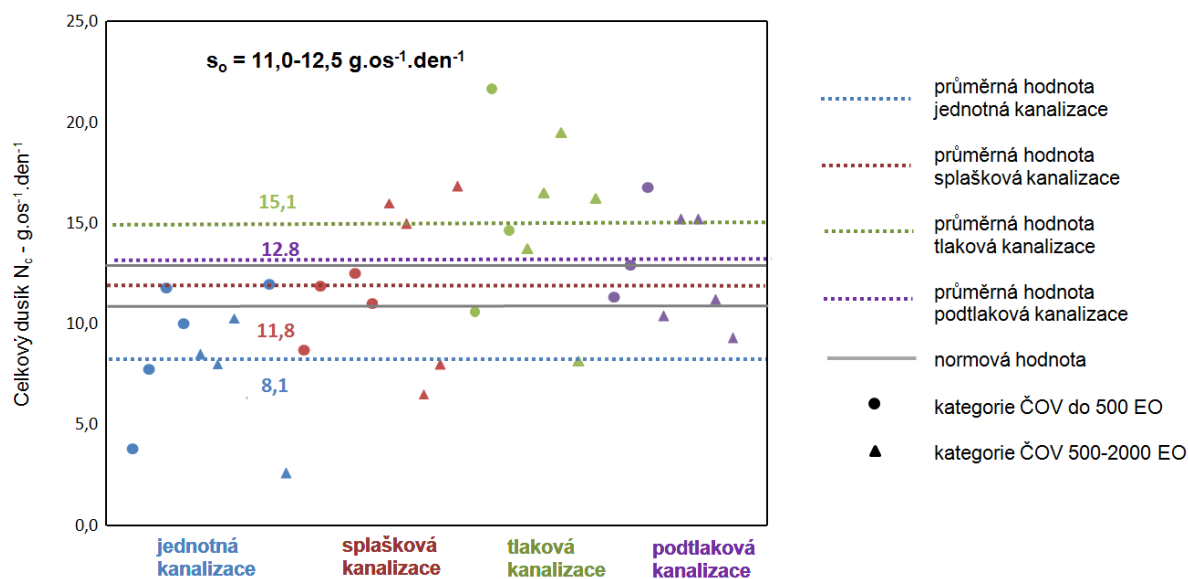
Celkový dusík N_c je součtem organického a anorganického. Dusík se na čistírnách odpadních vod do 2000 EO odstraňuje převážně v aktivační nádrži, do které je dodáván kyslík. Sloučeniny dusíku jsou v odpadních vodách málo stabilní a podléhají, v závislosti na mikrobiálním osídlení, oxidačně redukčním potenciálu (ORP) a hodnotě pH.

Množství dusíku je významný ukazatel pro výpočet oxigenační kapacity aeračního zařízení a následného požadovaného množství vzduchu do aktivační nádrže. Dodaný vzduch je potřebný v aktivační nádrži pro oxidaci organických látek, syntézu buněčného materiálu, autooxidaci buněčného materiálu a proces biologického odstranění dusíku - nitrifikaci.

Návrhovou hodnotou pro výpočet produkce celkového dusíku je $11 \text{ g.os}^{-1}.\text{den}^{-1}$ podle ČSN 75 6402. Norma ČSN 75 6401 umožňuje zvolit hodnotu celkového dusíku pro fyzického obyvatele až na $12,5 \text{ g.os}^{-1}.\text{den}^{-1}$. Grafické vyhodnocení ukazatele N_c je znázorněno na Obr. 9.

Pro systémy gravitační kanalizace jsou průměrné hodnoty celkového dusíku vyhovující normovým hodnotám. Pro jednotnou kanalizaci je hodnota ukazatele N_c nejnižší $8,1 \text{ g.os}^{-1}.\text{den}^{-1}$, pod hranicí $11 \text{ g.os}^{-1}.\text{den}^{-1}$. Pro splaškovou stokovou síť je

hodnota ukazatele celkového dusíku v intervalu normové hranice s hodnotou $11,8 \text{ g.os}^{-1}.\text{den}^{-1}$.



Obr. 9 Průměrná produkce celkového dusíku N_c

Hodnoty průměrné produkce celkového dusíku pro tlakovou a podtlakovou kanalizaci jsou převážně vyšší než normové hodnoty. U tlakové stokové sítě je hodnota $15,1 \text{ g.os}^{-1}.\text{den}^{-1}$ (vyjádřená procenty 37,6 %), u podtlakové kanalizace je hodnota $12,8 \text{ g.os}^{-1}.\text{den}^{-1}$ (16,3 %) oproti návrhové hodnotě.

Vyšší hodnoty celkového dusíku jsou způsobeny dlouhou dobou zdržení odpadní vody v kanalizačním potrubí. Vlivem dlouhé doby zdržení a tím nastavení spíše anoxických podmínek v kanalizačním potrubí (zejména na tlakové kanalizaci) nedochází při transportu odpadní vody na ČOV k částečné nitrifikaci amoniakálního dusíku, což je hlavním důvodem vyšší koncentrace N_c a NH_4 .

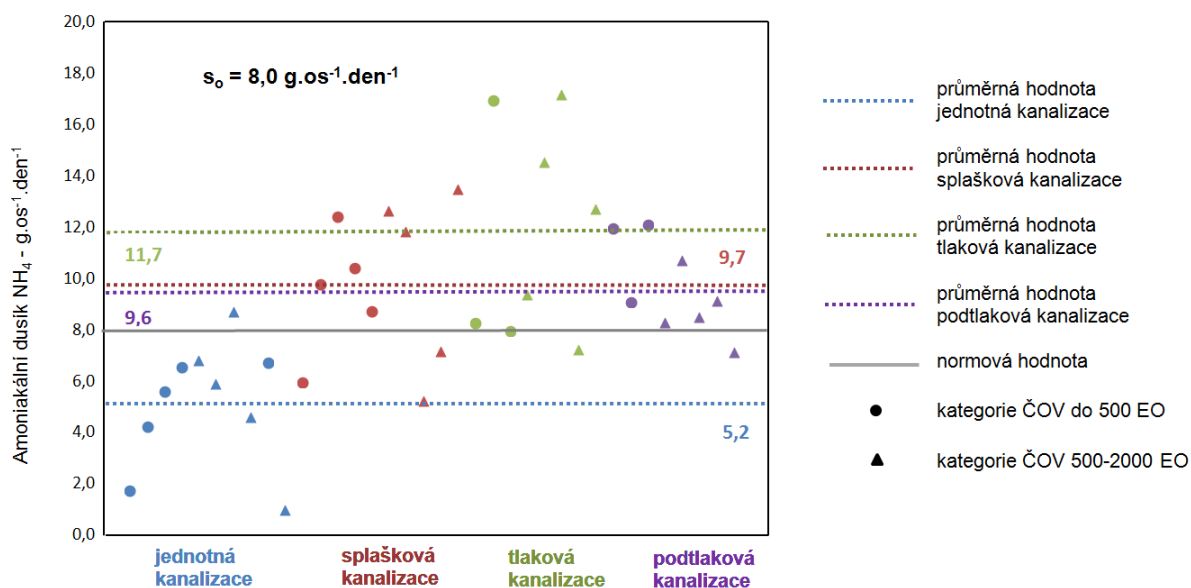
Amoniakální dusík

Amoniakální dusík N_c je součtem dvou forem dusíku NH_3 a NH_4 . V odpadní vodě s obvyklou hodnotou pH 6-8 se vykytuje spíše dusík ve formě NH_4 .

Ukazatel přípustné a maximální koncentrace amoniakálního dusíku v kategorii 500-2000 EO v NV č. 401/2015 Sb. je spíše kontrolní hodnotou. Tato koncentrační hodnota by měla garantovat, že na ČOV proběhl proces nitrifikace.

Množství amoniakálního dusíku na ČOV je důležité pro výpočet množství kyslíku potřebného pro nitrifikaci. Amoniakální dusík je důležitý ukazatel z hygienického hlediska, který jako produkt rozkladu organických dusíkatých látek totiž může indikovat znečištění fekálními odpady.

Návrhová hodnota není v používaných normách zakotvena. Pro výpočet se používá průměrná hodnota $8-8,5 \text{ g.os}^{-1}.\text{den}^{-1}$ (Nesměřák, 1996). V malých obcích mohou být významným producentem amoniakálního dusíku domácí palírny alkoholu. Grafické vyhodnocení ukazatele NH_4 je znázorněno na Obr. 10.



Obr. 10 Průměrná produkce amoniakálního dusíku NH_4

Průměrná hodnota produkce amoniakálního dusíku $5,2 \text{ g.os}^{-1}.den^{-1}$ pro gravitační jednotnou kanalizaci byla jako jediná pod normovou hodnotou. Pro všechny další způsoby odkanalizování byla hodnota NH_4 překročena. Na splaškové stokové síti byla hodnota $9,7 \text{ g.os}^{-1}.den^{-1}$ (14,5 %), na tlakové stokové síti $11,7 \text{ g.os}^{-1}.den^{-1}$ (38,2 %) a podtlakové stokové síti $9,6 \text{ g.os}^{-1}.den^{-1}$ (12,8 %).

Důvody vyšší produkce hodnoty amoniakálního dusíku jsou stejné a popsány u celkového dusíku.

Celkový fosfor

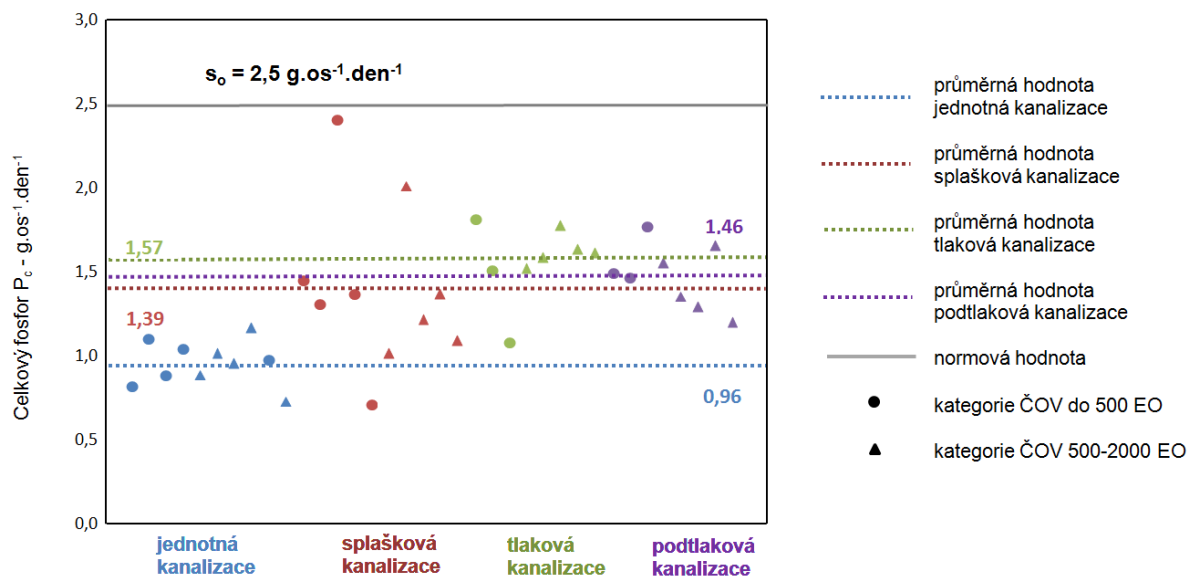
Celkový fosfor P_c je součtem rozpuštěného a nerozpuštěného fosforu. Významným zdrojem fosforečnanů v odpadních a následně i povrchových vodách jsou syntetické prací prostředky obsahující cca 25-30 % fosforečnanů jakožto aktivační přísadu. Předpokládá se, že při výhradním používání fosforečnanových prací prostředků ve středoevropských poměrech, by byl fosfor z detergentů zastoupen v městských odpadních vodách 40-50 % (Kočí, 2002).

Hygienický význam sloučenin fosforu je malý avšak má klíčový význam při eutrofizaci povrchových vod. To je důvod jeho častého chemického odstraňování i na ČOV do kategorie do 2000 EO, i když v NV č. 401/2015 Sb. není tento ukazatel předepsán a stanoven, ale správci vodních toků ho vyžadují odstraňovat a kontrolovat.

Návrhovou hodnotou podle ČSN 75 6402 je $2,5 \text{ g.os}^{-1}.den^{-1}$, norma ČSN 75 6401 umožňuje hodnotu pro fyzického obyvatele snížit až na $2,34 \text{ g.os}^{-1}.den^{-1}$ za předpokladu výpočtové hodnoty dusíku $12 \text{ g.os}^{-1}.den^{-1}$.

Průměrné hodnoty specifické produkce celkového fosforu jsou pod návrhovými hodnotami pro všechny systémy odkanalizování. Největší procentuální rozdíl je na gravitační jednotné kanalizaci, kde průměrná hodnota celkového fosforu dosahuje $0,96 \text{ g.os}^{-1}.den^{-1}$ (-61,8 %). Průměrné hodnoty celkového fosforu pro splaškovou

kanalizaci je $1,39 \text{ g.os}^{-1}.\text{den}^{-1}$. Grafické vyhodnocení ukazatele P_c je znázorněno na Obr. 11.



Obr. 11 Průměrná produkce celkového fosforu P_c

Pro alternativní způsoby odkanalizování pomocí tlakové a podtlakové kanalizace jsou hodnoty zhruba srovnatelné v rozmezí $1,46-1,57 \text{ g.os}^{-1}.\text{den}^{-1}$ (-37,1 až 41,7 %).

6.3.2 Návrh modifikace normových hodnot produkce znečištění

Modifikace návrhových hodnot kvality odpadní vody vychází ze zpracovaných dat v kapitole 6.3.1. Návrhové parametry kvality odpadní vody jsou popsány v Tab. 9 *Specifická produkce znečištění „s_o“ odpadních vod v $\text{g.os}^{-1}.\text{den}^{-1}$* (ČSN 75 6401, ČSN 75 6402). Tyto hodnoty jsou orientační a doporučující.

Aktuální normy ČSN 75 6401 i ČSN 75 6402 umožňují redukci návrhových ukazatelů. U čistíren odpadních vod do 500 EO lze uvažovat s redukcí až 50 %, u čistíren odpadních vod dle ČSN 75 6401 (pro kategorii do 5000 EO) do 30 %. Redukce znečištění by měla být přímo úměrná rozvoji soukromé vybavenosti nemovitostí a veřejného i technického vybavení pro zajištění funkcí sídel a regionů.

V současné době při návrhu a projektování čistíren odpadních vod je realita taková, že málo projektantů používá redukci vstupujícího znečištění na ČOV. Čistírny odpadních vod jsou navrhovány na normové hodnoty vstupujícího znečištění většinou bez další redukce hodnot. Normy možnou redukci umožňují, doporučují a definují maximální možnou hodnotu redukce, ale bez bližší specifikace ukazatelů odpadní vody. Z normy také nevyplývá, zda je redukce vhodná pro všechny systémy odkanalizování nebo jen pro některé. Přitom jakákoliv redukce znečištění má přímý vliv na velikost objemů hlavních stavebních objektů a strojních zařízení. Použití redukce normových hodnot ukazatelů kvality vody může být zakotvena v technických standardech provozovatele (přímá hodnota k výpočtu) nebo dána zkušenostmi a mnohdy odvahou projektanta.

Odpadní vody odváděné kanalizací na čistírnu odpadních vod musí být takového charakteru, který odpovídá požadavkům na čištění odpadních vod v té velikostní kategorii aglomerace, ze které jsou odpadní vody odváděny. Ve větších obcích většinou existuje kanalizace pro veřejnou potřebu a problém odkanalizování se týká převážně rozvojových oblastí.

Pro posouzení stávající kanalizace a ČOV je důležité využít provozní data od jejího provozovatele. Data by měla být vyhodnocena alespoň za poslední tři roky jejího provozování jako průměrné hodnoty. Procentuální redukce jednotlivých ukazatelů specifické produkce znečištění je vyhodnocena společně pro obě kategorie ČOV do 500 EO a 500-2000 EO.

Při návrhu ČOV doporučuji použití modifikovaných návrhových hodnot v Tab. 31 bez další redukce znečištění. Modifikované hodnoty jsou jednotně navrženy a níže popsány pro samostatné systémy odkanalizování. Důvodem návrhu jednotných hodnot pro kategorii ČOV do 2000 EO je větší množství dat, ze kterých byl proveden návrh modifikovaných hodnot produkce znečištění.

Tab. 31 Modifikace návrhových parametrů specifické produkce znečištění

Specifická produkce znečištění s_o [$\text{g.os}^{-1}.\text{den}^{-1}$]	BSK ₅	CHSK _{Cr}	NL	N _c	P _c
Současná normová hodnota	60	120	55	11	2,5
Gravitační systémy odkanalizování					
Gravitační jednotná kanalizace	30	70	40	8	1,0
Gravitační splašková kanalizace	50	100	45	12	1,4
Alternativní systémy odkanalizování					
Tlaková kanalizace	70	140	75	15	1,6
Podtlaková kanalizace	60	120	70	13	1,5

Modifikace návrhových hodnot vychází ze zpracovaných dat, které jsou navrženy s rezervou. Při jejich stanovení bylo přihlédnuto i k možné odchylce (chybě), která vznikne při odběru vzorku a určení chemického rozboru kvality odpadní vody, kterou je výpočet zatížení.

Při volbě ukazatelů specifické produkce znečištění u navrhované ČOV je vždy nutné zohlednit současný nebo plánovaný způsob odkanalizování obce a objemové množství vody z občansko-technické vybavenosti obce. **Při návrhu ČOV na gravitační kanalizaci s převažujícím množstvím odpadních vod z výtlačných řadů z domovních čerpacích stanic, tlakové nebo podtlakové kanalizaci v kombinaci s lokálními úseky gravitační splaškové kanalizace doporučuji použít poskytnuté rozboru odpadní vody od provozovatele nebo ekvivalentně návrh modifikovaných hodnot stanovit procentuálním vyjádřením.** Projektant by měl zohlednit látkové zatížení odpadní vody z kombinovaných kanalizačních systémů a vybavenosti obce a poměrově stanovit hodnoty produkce znečištění podle Tab. 31.

Procentuální vyjádření modifikovaných návrhových hodnot je porovnáno se současnými normovými hodnotami a jejich stanovení závisí na praxi projektanta.

1. Gravitační jednotná kanalizace:

- snížení pro organické znečištění BSK_5 o 50 % a $CHSK_{Cr}$ o 42 %,
- snížení pro nerozpuštěné látky NL do výše 27,5 %,
- pro nutrienty snížení N_c do výše 27,5 % a P_c do výše 60 %.

2. Gravitační splašková kanalizace:

- snížení pro organické znečištění BSK_5 a $CHSK_{Cr}$ do výše 17 %,
- snížení pro nerozpuštěné látky NL do výše 18,5 %,
- pro nutrienty zvýšení N_c do výše 9,5 % a snížení P_c do výše 44 %.

3. Tlaková kanalizace:

- zvýšení pro organické znečištění BSK_5 a $CHSK_{Cr}$ do výše 17 %,
- zvýšení pro nerozpuštěné látky NL do výše 36,5 %,
- pro nutrienty zvýšení pro N_c do výše 36,5 % a snížení P_c do výše 36 %.

4. Podtlaková kanalizace:

- pro organické znečištění BSK_5 a $CHSK_{Cr}$ bez změny,
- zvýšení pro nerozpuštěné látky NL do výše 27,5 %,
- pro nutrienty zvýšení N_c do výše 18,5 % a snížení P_c do výše 40 %.

Pro zajímavost je provedeno srovnání ukazatelů znečištění na splaškové kanalizaci pro množství balastních vod 5 % (pouze pro pět obcí), tj. pro nedávno vybudované kanalizace. U těchto kanalizací byl stejný návrh hodnoty množství balastních vod. Přepočtené návrhové hodnoty produkce znečištění jednotlivých ukazatelů nejsou i při krátké době provozování nové kanalizace srovnatelné s normovými ukazateli (hodnoty v $g.os^{-1}.den^{-1}$: $BSK_5 = 55$, $CHSK_{Cr} = 110$, $NL = 50$, $N_c = 13$, $P_c = 1,4$). Hodnoty produkce znečištění v $g.os^{-1}.den^{-1}$ na nově vybudované oddílné splaškové kanalizaci (stáří do 5 let) a již provozované oddílné splaškové kanalizaci (Tab. 31) jsou v zájemném srovnání vyšší.

Pokud není provozovatelem známa hodnota balastních vod, doporučuji ji orientačně stanovit podle rovnice R.15 nebo nepřímými metodami (kap. 3.4.2).

Vzájemné poměry jednotlivých ukazatelů odpadní vody nejsou vždy při modifikaci přesně dodrženy, stejně tak jako u vzájemného vyhodnocení kvality odpadní vody v kapitole 4.3.6 *Vzájemný podíl ukazatelů vody*.

Gravitační jednotná kanalizace

Jednotné stoky jsou vybudovány v malých obcích převážně z minulého století. Tomu odpovídá i současný stavebně-technický stav a snížená koncentrace odpadní vody pro všechny ukazatele kvality vody. V dnešní době se jednotná kanalizace v malých obcích již nenavrhuje, doporučuje se výstavba kanalizace oddílné.

U jednotné kanalizace se posuzuje její hydraulická kapacita a stavebně-technický stav z důvodu jejího zachování pro odvod srážkových vod. Simulaci zátěžových

stavů srážkovými vodami na jednotné kanalizaci je možné provést různými softwarovými produkty, dnes již volně dostupnými na internetu. Pro hydraulické posouzení stokové sítě a simulaci stavů dešťových událostí lze použít volně stažitelný program SWMM (Hlušík, 2017).

Na základě posouzení stavebně-technického stavu stokové sítě dochází k rozhodnutí, zda stávající systém odkanalizování ponechat, či vybudovat nový. Rozhodnutí využít stávající systém odkanalizování pro odvod odpadních vod s novou ČOV ekonomicky nejméně zatíží obec, ovšem dílčí úseky stokové sítě potřebují sanaci. Množství sanovaných úseků se liší od způsobu provozování kanalizace (nutnost pořízení kamerových prohlídek stokové sítě). Finance použité na sanaci stávající stokové sítě ovšem nelze zahrnout do uznatelných nákladů obce v rámci žádaného dotačního titulu. Je smutnou praxí, že obce z dotačních titulů vybudují novou čistírnu odpadních vod, ale již nemají finanční prostředky z rozpočtu obce do sanace stokové sítě. Chybou je pak špatné nastudování dotačních podmínek. Taková čistírna odpadních vod nesplňuje dotační podmínky na ukazatel kapacity EO, objem vyčištěné odpadní vody, vnos znečištění vyčištěných odpadních vod do recipientů, zlepšení jakosti povrchových vod a dalších smluvních požadavků.

Při návrhu čistírny odpadních vod na stávající jednotné kanalizaci doporučuji použít hodnoty specifické produkce znečištění z poskytnutých rozborů odpadní vody od provozovatele kanalizace a ČOV. Výstavbu nové jednotné gravitační kanalizace v obcích norma nedoporučuje, ale většina malých obcí využívá stávající jednotnou kanalizaci pro dopravu odpadní vody na ČOV. Před samotným návrhem ČOV doporučuji provést kamerový průzkum nebo monitoring jednotné kanalizace, z něj odborně odhadnout množství balastních vod a nejhorší místa kanalizace sanovat či rekonstruovat.

Pokud nejsou známy rozborů odpadních vod na stávající kanalizaci a stoková síť je po sanaci, doporučuji pro návrh ČOV použít modifikované hodnoty specifické produkce znečištění podle Tab. 31 pro systém gravitační splaškové stokové sítě. V případě, že není provedena a nepředpokládá se sanace stávající kanalizace, doporučuji pro návrh ČOV použít modifikované hodnoty specifické produkce znečištění podle Tab. 31 pro gravitační jednotnou kanalizaci.

Gravitační splašková kanalizace

Výstavba oddílného stokového systému je v dnešní době u malých obcí spjata s dotačními tituly. Výstavba oddílné kanalizace bez dotačních titulů je finančně nereálná spíše výjimečná. V současné době jsou provozovatelé, které vůbec neprovozují obce s oddílným stokovým systémem. Častým důvodem jsou již zmíněné vysoké finanční prostředky na výstavbu nové splaškové kanalizace. Mnoho obcí vytváří aglomerace a výstavbu odkanalizování a čistíren odpadních vod řeší společně za přijatelnějších investičních podmínek pro jednotlivé obce.

Při návrhu čistírny odpadních vod na nové splaškové kanalizaci doporučuji použít modifikované hodnoty specifické produkce znečištění podle Tab. 31 pro gravitační splaškovou kanalizaci (Hlušík, 2019). Stávající kanalizace v obci slouží

dále pro odvod pouze srážkových odpadních vod často bez dalších sanačních opatření. Častým problémem při výstavbě nové splaškové kanalizace je přepojení obyvatel z původních septiků nebo přepojení z jednotné stokové sítě – viz kapitola 8.4.3 *Technické aspekty*.

Při návrhu čistírny odpadních vod na stávající splaškové kanalizaci doporučuji použít hodnoty specifické produkce znečištění z poskytnutých rozborů odpadní vody od provozovatele kanalizace a ČOV. V případě, že nejsou známy hodnoty kvality odpadní vody, doporučuji pro návrh ČOV použít modifikované hodnoty specifické produkce znečištění podle Tab. 31 pro gravitační splaškovou kanalizaci (Hlušík, 2019).

Tlaková kanalizace

Při návrhu odkanalizování malých obcí je tlaková kanalizace alternativou, která je při investičním srovnání navržených variant často diskutována. Investiční náklady pro výstavbu kanalizace jsou přijatelné díky malé hloubce uložení kanalizace, ovšem provozní náklady patří mezi jedny z nejvyšších. Provozování tlakové kanalizace je náročnější, vyžaduje pracovníka s částečným úvazkem pro denní kontrolu systému a čistírny odpadních vod. Obyvatelé napojení na tento systém platí kromě stočného i náklady spojené s provozem čerpací stanice, kterou mají u své nemovitosti.

Při návrhu čistírny odpadních vod na tlakové kanalizaci doporučuji použít modifikované hodnoty specifické produkce znečištění podle Tab. 31 pro tlakovou kanalizaci (Hlušík, 2019). Výstavba tlakové kanalizace se provádí současně s výstavbou ČOV, pro rekonstrukci ČOV doporučuji použít návrhové parametry z provedených rozborů provozovatele.

V dnešní době se doporučuje návrh tlakové kanalizace v místech, kde jsou minimální spádové poměry v obci. Další časté využití tlakové kanalizace je při čerpání odpadní vody z kopce dolů. I když danou lokalitu lze mnohdy odkanalizovat gravitačně, může dojít k velkému zahloubení kanalizace a tím navýšení investičních nákladů na výstavbu. Použití tlakového čerpání z kopce dolů je alternativou levnější, včetně vybudované čerpací stanice a vyšších provozních nákladů na čerpání odpadní vody. Využití tlakové kanalizace se doporučuje i v místech s vyšší třídou těžitelnosti zeminy s ohledem na vyšší investice v položce zemní práce.

Do tlakové kanalizace nesmí být zaústěny srážkové odpadní vody, což se někdy vyskytuje z důvodu nepřepojení původní kanalizace. Z čerpací jímky jsou veškeré odpadní vody čerpány na ČOV za cenu vyšších provozních nákladů majitele DČS.

Podtlaková kanalizace

Návrh podtlakové kanalizace v malých obcích je druhou alternativní možností při nepříznivých spádových poměrech v obci. Podmínky pro její použití jsou podobné jako pro systém tlakového odkanalizování.

Systém podtlakové kanalizace bývá poslední dobou upřednostňován oproti tlakové kanalizaci. Důvodem jsou negativní reference na provozování tlakové kanalizace s vysokou spotřebou elektrické energie. Podtlaková kanalizace bývá často navržena

v obci v kombinaci s gravitační splaškovou kanalizací. Hodnoty kvality odpadní vody pak odpovídají nejvíce gravitační splaškové kanalizaci, odpadní vody mají menší hodnoty koncentrací ukazatelů kvality odpadní vody vlivem nátoků a naředění balastními vodami ve splaškové kanalizaci.

Při návrhu čistírny odpadních vod na podtlakové kanalizaci doporučuji použít modifikované hodnoty specifické produkce znečištění podle Tab. 31 pro podtlakovou kanalizaci (Hlušík, 2019). Výstavba podtlakové kanalizace se provádí současně s výstavbou ČOV, pro rekonstrukci ČOV doporučuji použít návrhové parametry z provedených rozborů.

Do podtlakové kanalizace nesmí být zaústěny srážkové odpadní vody, což se někdy vyskytuje z důvodu nepřepojení původní kanalizace. Z čerpací jímky jsou veškeré odpadní vody čerpány na ČOV za cenu vyšších provozních nákladů provozovatele.

Septické odpadní vody

Za septické odpadní vody a kaly jsou označovány svozové odpadní vody ze žump a septiků. Navrhování akumulčních jímek se doporučuje na větších čistírnách, kde se předpokládá rovnou odstředění vzniklých kalů. Poměr ředění septických vod s komunálními splaškovými vodami má být 1:10 a přítok musí být rovnoměrný.

U výpočtu látkového zatížení ČOV s výskytem septických vod se doporučuje u směsných vod uvažovat s jejím nárůstem. Nárůst látkového zatížení ČOV se těžce odhaduje vlivem rozdílného složení odpadních vod. Ze zpracovávaného odborného posouzení projektové dokumentace k intenzifikaci ČOV Boskovice (Výzkumná zpráva č. HS12760004L/2017) na VUT v Brně, Fakultě stavební byly provozovatelem provedeny rozborů svozových vod na ČOV Boskovice. Ukazatelé kvality svozových odpadních vod jsou vzájemně porovnány s průměrnými hodnotami látkového zatížení se systémy odkanalizování v Tab. 32. Rozborů svozových vod jsou roční průměry s průměrným denním přítokem $10,26 \text{ m}^3 \cdot \text{den}^{-1}$. Vzájemné porovnání ukazatelů kvality vody je vyjádřeno násobkem překročení látkového zatížení svozových vod oproti vodám komunálním v poměru množství odpadní vody 1:10.

Tab. 32 Srovnání kvality svozových a komunálních odpadních vod

Ukazatel	BSK ₅	CHSK _{Cr}	NL	N _c	NH ₄	P _c
Průměrná koncentrace svozových odpadních vod [mg.l ⁻¹]	5771	19280	13344	163	170	205
Látkové zatížení svozových odpadních vod [kg.den ⁻¹]	57,2	198,0	137,0	1,67	1,75	2,10
Násobek překročení látkového zatížení na různých systémech odkanalizování v %						
Jednotná kanalizace	2,30	3,24	3,97	0,24	0,38	2,43
Splašková kanalizace	1,61	2,79	4,16	0,17	0,25	2,05
Tlaková kanalizace	0,81	1,37	1,52	0,12	0,16	1,28
Podtlaková kanalizace	1,02	1,67	2,03	0,13	0,21	1,51

Podle provedeného výpočtu má každý ukazatel kvality vody pro různé způsoby odkanalizování orientačně jiné navýšení ukazatelů kvality komunální vody. Při určení látkového zatížení směsných odpadních vod je třeba rozlišit systém odkanalizování. Překročení látkového zatížení lze orientačně určit pro ukazatel kvality vody.

Při takto vysokém zatížení svozových odpadních vod doporučuji ČOV nárazově zatěžovat těmito odpadními vodami v menším poměru ředění a současně zohlednit rozdíl látkového zatížení těchto vod při návrhu ČOV.

Svozové odpadní vody jsou přiváženy na ČOV v anaerobním stavu, i když tuto informaci nelze exaktně vždy potvrdit a není provedeno měření oxidačně redukčního potenciálu těchto vod. Provozovatel musí znát složení septických vod a vést pravidelnou evidenci o svozových odpadních vodách. Těmto informacím musí přizpůsobit regulované množství z akumulární jímky svozových vod na ČOV.

Produkce znečištění od občanské vybavenosti

Produkce znečištění od občanské vybavenosti není v normách ČR stanovena a dořešena. Při návrhu čistírny odpadních vod je její kapacita vyjádřena hodnotou EO (BSK₅). Tato hodnota je určena součtem obyvatel v obci a přepočtených ekvivalentních obyvatel z občanské vybavenosti vynásobených specifickou potřebou vody. Při výpočtu produkce znečištění od občanské vybavenosti obce by měly být započteny nižší hodnoty produkce znečištění oproti používaným hodnotám v Tab. 9 z ČSN 75 6401 a ČSN 75 6402. ***Pro přepočet produkce znečištění od občansko-technické vybavenosti obce doporučuji použít redukované hodnoty v Tab. 8.***

Shrnutí

Za současného stavu navrhování ČOV do 2000 EO by měla být provedena změna hodnot produkce znečištění pro každý ukazatel se zohledněním způsobu dopravy odpadní vody na ČOV. Většina čistíren odpadních vod není takto navržena.

Doporučená modifikace hodnot specifické produkce znečištění je provedena pro gravitační jednotnou a oddílnou splaškovou kanalizaci, tlakovou a podtlakovou kanalizaci. Pro výpočet ČOV doporučuji použít modifikované hodnoty specifické produkce znečištění podle Tab. 31 pro samostatné způsoby odkanalizování nebo je stanovit procentuálním vyjádřením při kombinaci systémů tlakové a podtlakové kanalizace se systémy gravitační oddílné splaškové kanalizace a vybavenosti obce.

Současná uváděná redukce znečištění je pro všechny ukazatele stanovena jednotně, podle ČSN 75 6402 do výše 50 % a podle ČSN 75 6401 do výše 30 %. Výše maximální procentuální redukce modifikovaných hodnot je rozdílná pro všechny systémy odkanalizování a pro jednotlivé ukazatele kvality odpadní vody.

Ve srovnání s doporučenými hodnotami ukazatelů je specifická produkce znečištění na gravitačních systémech v zahraničí srovnatelná pro všechny ukazatele. Pro alternativní systémy odkanalizování nemají země EU nastaveny žádné ukazatele znečištění jako v ČR. Modifikované návrhové hodnoty specifické produkce znečištění lze s ohledem na podobné kvalitativní složení odpadní vody použít i v zahraničí.

Kvalita odpadní vody v alternativních systémech odkanalizování dlouhodobě vykazuje vyšší hodnoty ve všech ukazatelích kromě celkového fosforu. Nově navržené hodnoty produkce znečištění musí být zohledněny při návrhu ČOV na tlakových a podtlakových kanalizacích.

Kvalita odpadní vody při gravitačním odkanalizování vykazuje naopak nižší hodnoty pro ukazatele BSK₅, CHSK_{Cr}, NL a P_c. Hodnotu celkového dusíku N_c doporučuji volit 12 g.os⁻¹.den⁻¹ (norma doporučuje hodnoty v rozmezí 11-12,5 g.os⁻¹.den⁻¹). Snížené hodnoty produkce znečištění musí být zohledněny při návrhu ČOV spolu s hodnotou balastních vod na gravitační kanalizaci.

Návrh modifikovaných ukazatelů specifické produkce znečištění byl konzultován s technologií čistíren odpadních vod a odborníky v oblasti chemie a technologie vody.

6.4 EKVIVALENTNÍ OBYVATEL

Určení množství ekvivalentních obyvatel je ukazatelem projektované kapacity stávající nebo navrhované čistírny odpadních vod. Stanovení EO je popsáno v několika legislativních dokumentech a směrnici Rady 91/271/EHS. Určení množství EO na čistírně odpadních vod k roku 2016 nebylo přesně specifikováno. Každý provozovatel určoval počet EO pro více návrhových parametrů, převážně BSK₅ a CHSK_{Cr} (provozovatelé i v dnešní době určují parametry zatížení ČOV pro více ukazatelů). I když směrnice Rady 91/271/EHS již v roce vydání 1991 přesně definuje parametr EO BSK₅, provozovatelé určují parametr EO pro různé ukazatele. Důvodem nepoužívání BSK₅ byla zřejmě malá osvěta a informovanost provozovatelů. K té došlo až při postupném plnění cílů a implementace směrnice Rady v jednotlivých letech, tj. vybudování stokových systémů a čistíren odpadních vod pro aglomerace různých velikostí. Ovšem systém výpočtu EO byl již provozovateli zažitý.

6.4.1 Vyhodnocení počtu ekvivalentních obyvatel

Specifické množství znečištění na obyvatele za den je rozhodující při projektování ČOV. Pro zahrnutí průmyslových a zemědělských odpadních vod byl zaveden ekvivalentní obyvateľ, který navrhovanou čistírnu odpadních vod kategorizuje. Kategorie ČOV je důležitá pro její zařazení a určení emisních standardů ukazatelů přípustného znečištění odpadních vod uvedených v NV č. 401/2015 Sb.

Hodnotu EO lze stanovit dle vztahu (R.13, R.14) pro všechny ukazatele v závislosti na odpovídající specifické produkci znečištění. Většinou se při výpočtu EO na ČOV používá hlavní ukazatel BSK₅ a pro kontrolní a vzájemné srovnání ukazatel CHSK_{Cr}. Hodnoty látkového zatížení na čistírně odpadních vod (přepočítané na 60 g BSK₅ a 120 g CHSK_{Cr}) jsou přímo úměrné specifickému zatížení produkce znečištění na osobu v gramech za den a specifické produkci odpadní vody.

Výpočet stanovení EO pro všechny vybrané obce je uveden v Tab. 33, vyhodnocení všech ukazatelů je provedeno tak, aby poukázalo na rozdílnost hodnot při výpočtu.

Tab. 33 Vyhodnocení počtu EO pro jednotlivé ukazatele kvality vody

Označení obce – typ kanalizace	Projektovaná kapacita ČOV (EO)	Skutečné zatížení ČOV (EO)				
		BSK ₅	CHSK _{Cr}	NL	N _c	P _c
Gravitační jednotná kanalizace						
A - jednotná	600	135	201	306	176	165
B - jednotná	600	467	626	634	434	270
C - jednotná	605	243	307	306	624	204
D - jednotná	850	369	506	565	722	329
E - jednotná	1136	317	321	293	630	289
F - jednotná	1210	716	885	1050	874	486
G - jednotná	1345	870	1134	1620	1154	470
H - jednotná	1500	395	429	617	555	435
I - jednotná	1550	250	352	357	817	293
J - jednotná	1815	386	328	527	413	511
Gravitační oddílná splašková kanalizace						
A - splašková	305	139	147	141	228	166
B - splašková	400	366	389	409	405	195
C - splašková	492	473	504	547	-	405
D - splašková	500	421	445	313	561	269
E - splašková	550	213	220	221	305	86
F - splašková	600	369	443	372	800	222
G - splašková	950	788	825	779	1177	696
H - splašková	808	622	681	612	710	583
I - splašková	1800	1468	1237	1663	1295	974
J - splašková	2012	1049	1026	936	1784	508
Tlaková oddílná kanalizace						
A - tlaková	250	201	204	248	216	163
B - tlaková	500	417	450	529	638	194
C - tlaková	834	477	495	590	636	206
D - tlaková	750	718	772	931	898	436
E - tlaková	1050	1023	1023	1125	1233	520
F - tlaková	1584	945	930	1165	1438	575
G - tlaková	2000	2175	2288	2543	1430	1259
H - tlaková	2228	2058	2111	2095	2438	1066
Podtlaková oddílná kanalizace						
A - podtlaková	250	266	276	303	282	133
B - podtlaková	480	402	452	515	485	276
C - podtlaková	500	437	480	576	687	319
D - podtlaková	680	600	605	671	590	388
E - podtlaková	800	735	770	1024	1044	409
F - podtlaková	1000	852	882	1022	1313	490
G - podtlaková	1300	1335	1315	1592	1245	808
H - podtlaková	2500	1667	1712	2339	1566	887

Na gravitační jednotné kanalizaci jsou kapacitně vyhovující všechny posuzované obce podle ukazatele BSK₅, pro ukazatel CHSK_{Cr} je na hranici maximálního zatížení ČOV v obci B.

Na gravitační splaškové kanalizaci jsou kapacitně vyhovující všechny posuzované obce podle ukazatele BSK₅, pro ukazatel CHSK_{Cr} je na hranici maximálního zatížení ČOV v obci C.

Na tlakové kanalizaci je kapacitně nevyhovující obec G podle ukazatele BSK₅ i CHSK_{Cr}. Vyhodnocení bylo provedeno pro obec, která má 2 roky vybudovanou novou kanalizaci a ČOV. Vyhodnocení rozborů bylo provedeno pro zkušební provoz v roce 2016, který v tomto roce pravděpodobně vykazoval vyšší koncentrační hodnoty (důvodem mohl být aktuálně menší počet napojených obyvatel na kanalizaci při její výstavbě).

Na podtlakové kanalizaci je kapacitně nevyhovující obec A a D. Možným důvodem u obce A je započítání i zkušebního provozu ČOV do průměrných hodnot a napojení dvou nových lokalit v roce 2016. V obci D je stáří tlakové kanalizace a ČOV přes 13 let, tato obec plánuje v současné době projekt intenzifikaci technologie ČOV.

Podle slov provozovatele mnoho lidí využívá vlastní zdroje vody (studny) a při přepojení kanalizační přípojky nedošlo vždy k oddělení splaškových a srážkových vod z jednotlivých nemovitostí. To způsobuje zvýšené objemové množství odpadní vody v gravitační kanalizaci a naředění odpadních vod. Problémem obce B na podtlakové kanalizaci je zvýšený výskyt balastních vod. Malé množství balastních vod se dostalo do podtlakové kanalizace vlivem netěsností při její výstavbě. Na kvalitu odpadní vody nemají velký vliv a v současné době se tento problém řeší.

Relevantní výsledky vyhodnocení počtu EO lze použít pro ukazatele BSK₅ a CHSK_{Cr}. Pro gravitační splaškovou, jednotnou, tlakovou a podtlakovou kanalizaci je průměrná kapacita ČOV vyjádřená hodnotou EO (BSK₅-CHSK_{Cr}) se pohybuje:

- pro gravitační jednotnou kanalizaci v intervalu 44,3-55,4 %,
- pro gravitační splaškovou kanalizaci v intervalu 68,0-70,8 %,
- pro tlakovou kanalizaci v intervalu 91,7-95,2 %,
- pro podtlakovou kanalizaci v intervalu 89,0-93,8 %.

Vyhodnocení jiných ukazatelů (NL, NH₄, N_c, P_c) pro určení EO není zcela obvyklé, někteří provozovatelé je nadále vyhodnocují všechny, zejména ukazatel NH₄. Důvodem jeho stanovení je posouzení potřebných objemů aktivačních nádrží pro biologické odstraňování dusíku, posouzení oxygenační kapacity aeračního zařízení pro výpočet dodávaného množství vzduchu do aktivačních nádrží.

Pro některé ukazatele NL, NH₄, N_c a P_c jsou hodnoty EO ve srovnání s projektovou kapacitou pro vybrané obce překročeny.

Posouzení a stanovení kapacity čistírny odpadních vod vyjádřené EO pomocí ukazatele BSK₅ je také v podmínkách dotačních titulů při hodnocení provozu ČOV (Ministerstvo životního prostředí - Dotace Vodovody a kanalizace, 2018).

6.4.2 Návrh modifikace normové hodnoty ekvivalentních obyvatel

Množství EO se obvykle stanovuje v závislosti na typu obydlení, občanské vybavenosti, průmyslových producentů, rekreaci, návštěvnosti apod. V ČR není speciální předpis pro přesné stanovení EO, proto se vychází ze zkušenosti ze zahraničí, případně se počty EO odvozují z hodnot pro výpočet spotřeby vody. Způsob stanovení celkového počtu EO se provádí převážně pro ukazatel BSK₅. Tento způsob stanovení má organizace IWA, US EPA a většina států EU podle směrnice Rady 271/94/EHS.

Stanovení EO přes ukazatel BSK₅ ovšem není zcela jednoznačné, i když je definováno v ČSN 75 6401, ČSN 75 6402, NV č. 401/2015 Sb. a směrnici Rady č. 274/91/EHS. Důvodem je právě NV č. 401/2015 Sb. a směrnice Rady č. 274/91/EHS, které mají zakotveno, že ekvivalentní obyvatel (EO) je definovaný produkcí znečištění 60 g BSK₅ za den. Počet ekvivalentních obyvatel se pro účel zařazení čistírny odpadních vod do velikostní kategorie vypočítává z maximálního průměrného týdenního zatížení na přítoku do čistírny odpadních vod během roku s výjimkou neobvyklých situací, přívalových dešťů a povodní.

V praxi je tento postup nereálný, v jednom pracovním týdnu lze provést rozbor odpadní vody pro ukazatel BSK₅ pouze třikrát, důvodem je způsob jeho stanovení. Informace o maximálním týdenním zatížení je uvedena pouze v daném zařízení, v jiných legislativních dokumentech není uvedena. Spekulativně i tohle může být důvod pro určování EO přes jiné parametry, převážně CHSK_{Cr}. Alternativou může být provedení rozborů samotným provozovatelem, ale pro malé obce zcela nereálné.

Cílem určení EO pro výpočet kapacity čistíren odpadních vod by mělo být sjednocení jeho výpočtu a legislativně stanovené meze.

Na zvážení je úprava definice „maximálního týdenního zatížení“ ČOV, tak aby byly při výpočtu EO sjednoceny legislativní dokumenty EU a ČR s technickými podmínkami jejich stanovení. Další variantou je použití parametru CHSK_{Cr} pro výpočet kapacity posuzované ČOV vyžadující značnou novelizaci směrnic EU, legislativních dokumentů ČR a ostatních států. Tyto eventuální změny mají i pro stanovení daného parametru praktické důvody.

Stanovení produkce znečištění od občanské vybavenosti obce se určuje při výpočtu látkového zatížení pro hodnoty specifické produkce znečištění (Tab. 9) vynásobené počtem EO. Výpočet produkce znečištění pro občanskou vybavenost obce není popsán v normách ČSN 75 6401 a ČSN 75 6402.

Při stanovení hodnoty ekvivalentního obyvatele pro návrh čistírny odpadních vod doporučuji použít přepočtenou občansko-technickou vybavenost podle Tab. 11 a pro určení produkce znečištění z občansko-technické vybavenosti použít redukované hodnoty podle Tab. 8. Při návrhu ČOV a výpočtu produkce znečištění od občansko-technické vybavenosti obce je nutné rozlišit, zda se jedná o rezidenty či abonenty.

6.5 UKAZATEL PH

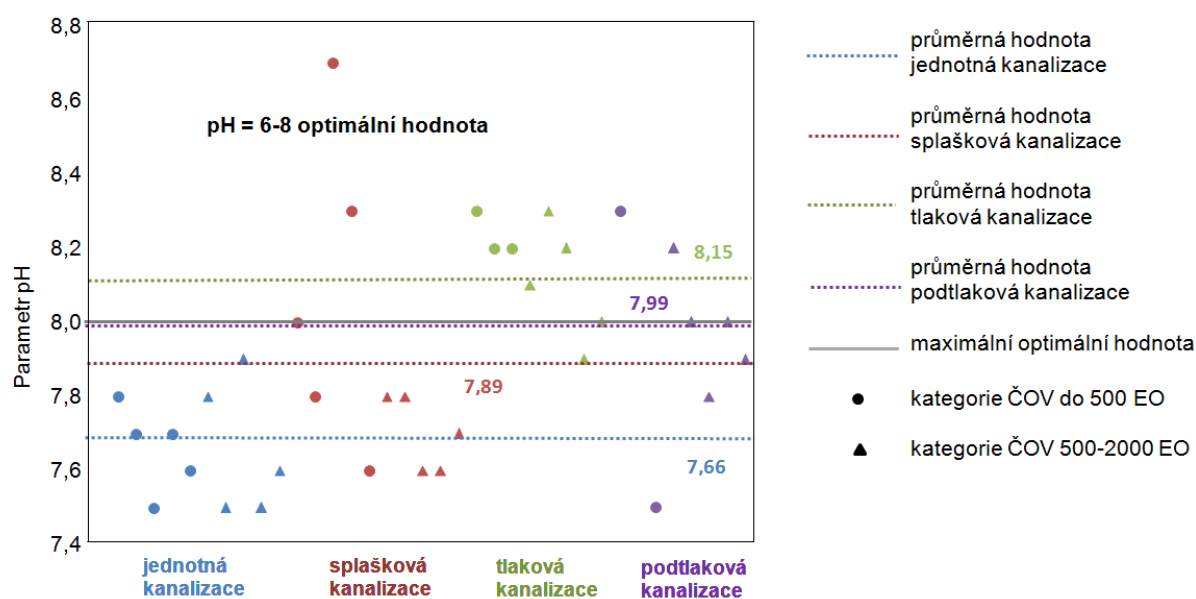
Obzvláště v malých obcích je hodnota pH závislá na charakteru a množství vypouštěné odpadní vody do veřejné kanalizace. Hodnota pH je obvykle stálá během dne, ovšem výskyt průmyslových odpadních vod může způsobit velká kolísání tohoto ukazatele. Tato kolísání mohou negativně působit na biologický proces na ČOV.

Pokles pH na přítoku na hodnoty nižší než 6 nebo vyšší než 8 způsobují pravidelné vypouštění odpadních průmyslových vod. Na městských čistírnách odpadních vod dochází ke kontinuálnímu monitoringu hodnot pH a technolog musí na kvalitu odpadních vod reagovat.

Malé čistírny odpadních vod nejsou většinou zatěžovány průmyslovými vodami, spíše výjimečně. Hodnota pH se na ČOV mění spíše nárazově, příkladem mohou být drobní vinaři, nelegální palírny alkoholu, odpadní vody ze zpracování ovoce či vypouštění odpadních vod z kondenzačních kotlů. Dalším nebezpečím, zejména pro nejmenší čistírny, jsou myčky a pračky, kde pH může dosahovat až 10,5, což u čistíren odpadních vod bez egalizačních nádrží může vést k jejich kolapsu a havarijnímu stavu. Jediný problém na ČOV zůstává, jak optimálně a pravidelně kontrolovat její hodnoty pH.

6.5.1 Vyhodnocení parametru pH

Odpadní voda z vybraných čistíren odpadních vod je zpravidla dobře pufována, alkalita pitné vody je zvýšena o alkalitu obsažnou v organickém znečištění, zbytků jídel a pracích prostředků. Netěsnostmi stokových systémů v důsledku antropogenní činnosti obsahuje odpadní voda hnojiva, soli a část geologického podloží, což má pozitivní účinek na celkovou hodnotu pH. Vyhodnocení parametru pH je na Obr. 12.



Obr. 12 Vyhodnocení parametru pH

Hodnoty parametru pH se pohybují pro všechny typy odkanalizování v rozmezí 7,5-8,7. Pro splaškovou, tlakovou a podtlakovou kanalizaci lze říci, že dosahují přibližně stejných hodnot. Na jednotné stokové síti je průměrná hodnota menší, důvodem je nátok balastních vod, které naředují vody splaškové a způsobují biologické rozkladné procesy fosforu v kanalizaci. Naměřené hodnoty nad pH=8 jsou charakteristické pro tlakovou kanalizaci, důvodem je dlouhá doba zdržení v kanalizačním potrubí za vzniku až anaerobních podmínek. Tyto podmínky jsou charakteristické pro uvolňování fosforu do odpadní vody a následné kumulace v anoxických podmínkách na ČOV.

6.5.2 Návrh modifikace parametru pH

Měření hodnoty pH probíhá na většině ČOV (mimo průmyslové) až v aktivační nádrži pomocí pH sondy, ručním pH metrem nebo telemetrickou stanicí (u větších ČOV).

Při návštěvě ČOV musí technolog kontrolovat vždy vizuálně odtok z čistírny, stav hladin v aktivační a dosazovací nádrži. Hnědá až hnědočerná pěna v hlavních nádržích může identifikovat problém s kolísáním pH. V důsledku složení splaškových vod je nutno kontrolovat pH směsi v aktivaci a na odtoku z dosazovací nádrže. Pokud dojde k poklesu pH, je nutné dávkovat do nádrže nitrifikace nebo denitrifikace neutralizační činidlo. Čistírny odpadních vod do 2000 EO nebývají obvykle vybaveny těmito nádržemi. Dávka činidla se stanoví laboratorní zkouškou (neutralizace cca 10 litrů směsi a přepočítání na objem nitrifikace). Vypočtená dávka se přidává nadvakrát s přestávkou půl hodiny mezi dávkami. Před druhým přírůvkem přípravku se zkontroluje pH směsi a dávka se případně upraví.

Technolog čistírny odpadních vod reaguje na výkyv hodnoty pH se zpožděním. Doporučeným řešením je doplnění monitoringu s požadavkem přenosu změřených dat na server nebo na stávající dispečerské pracoviště s požadavkem varovných SMS zpráv. Příkladem takového zařízení může být telemetrická stanice vhodná i pro menší ČOV umístěná v ČS, doplněná v rámci intenzifikace technologie.

V obcích ČR, kde se předpokládá sezónní výkyv parametru pH (př. vinařské oblasti, rekreační oblasti) a odpadní vody se vypouští na ČOV bez egalizačních nádrží, by měly být automaticky tyto čistírny vybaveny on-line systémem měření hodnoty pH a nádržemi pro neutralizační činidla.

6.6 CELKOVÉ SHRNUÍ

Návrh normových parametrů je v České republice zakotven v ČSN 75 6401 a ČSN 75 6402. Normy jsou doporučujícími podklady pro navrhování a posuzování ČOV a ze zákona č. 71/2000 Sb. nejsou závazné. Z uvedeného zákona vyplývá, že norma není právní předpis a není stanovena povinnost jejího dodržování.

Při návrhu i posuzování čistíren odpadních vod se doporučuje vycházet z reálných dlouhodobě měřených hodnot vodohospodářského průzkumu a odběru vzorků odpadní vody. Cílem této kapitoly je na základě zpracování poskytnutých dat

deklarovat rozdílnost kvality přitékajících odpadních vod na ČOV a modifikovat pro jednotlivé způsoby odkanalizování návrhové parametry ČOV. Posuzované ČOV byly objektivně vybrány tak, aby pokryly co nejširší spektrum vstupních podmínek pro vyhodnocení poskytnutých dat v několika směrech. Při širším výběru ČOV je možná variabilita provedených výpočtů.

Základními návrhovými parametry pro výpočet ČOV je specifická produkce odpadní vody a specifická produkce znečištění. Tyto návrhové parametry jsou společné pro všechny způsoby odkanalizování obcí, norma již nerozlišuje způsob dopravy odpadní vody na ČOV. Tyto hodnoty jsou ovšem rozdílné, záleží vždy na koncentraci odpadních vod, velikosti posuzované obce, roku výstavby stokové sítě, stavebně technickém stavu a typu stávající kanalizační soustavy. Typ stokové kanalizační soustavy má přímý vliv na kvalitu odpadních vod přitékajících na ČOV a měl by být při jejím návrhu vždy zohledněn. Odborníci a specialisté si uvědomují, že vstupní koncentrace odpadní vody přitékající systémem tlakové a podtlakové kanalizace na čistírnu odpadních vod jsou větší než u gravitačního odkanalizování. Systém gravitačního odkanalizování vykazuje nižší hodnoty koncentrace vstupního znečištění, protože odpadní vody jsou naředěny balastními vodami.

Specifická spotřeba vody dlouhodobě klesá a čistírny odpadních vod jsou hydraulicky dlouhodobě poddimenzované. Důvodem nižší spotřeby vody je hlavně úspora financí pro 75 % obyvatelstva. Lidé často využívají jako zdroj vody vlastní studny, využívají srážkovou vodu, recyklují vodu a šetří vodou. Cílem modifikace je snížení návrhové produkce odpadní vody při návrhu ČOV na reálné hodnoty se splněním minimálních hygienických požadavků potřeby vody.

Specifická produkce znečištění je základní návrhový parametr, který slouží pro výpočet látkového zatížení ČOV. Každý stát (kraj, okres, region, oblast) v EU má legislativně a provozně nastaveny jiné návrhové hodnoty pro výpočet ČOV.

Orientační návrhové hodnoty specifické produkce znečištění v $\text{g.os}^{-1}.\text{den}^{-1}$ jsou v normách stanoveny obecně. Cílem modifikace návrhových hodnot je rozlišit typ kanalizační soustavy a pro něj uvést nové návrhové parametry. Tyto parametry mají přímý vliv na velikost objemů hlavních objektů ČOV, typ strojních zařízení, produkci a objemové množství přebytečného kalu na ČOV.

Určení projektové kapacity ČOV přes EO se zařazením do příslušné kategorie ČOV v NV č. 401/2015 Sb. je další návrhový parametr, který má při jeho stanovení technické nesrovnalosti. Určení přes parametr BSK_5 není jednoznačné, i když nejčastěji používané. Počet EO má také vliv při výpočtu objektů, strojního zařízení ČOV a na produkci vznikajícího odpadu (shrabků, písku a kalu), jejichž návrhová produkce se stanovuje přes tento ukazatel.

Navrhovaná modifikace specifické produkce odpadní vody a specifického znečištění ČOV má ekonomické dopady, které se projeví v rozdílných investičních i provozních nákladech ČOV podle způsobu odkanalizování obce. Pro obce do 2000 EO může otázka nižších finančních prostředků být prioritní pro rozhodování o výstavbě ČOV.

7 DOPORUČENÍ PŘI NÁVRHU TECHNOLOGIE ČOV

Při návrhu technologie čistíren odpadních vod je nutné zohlednit způsob dopravy odpadních vod na ČOV, jejich předpokládané složení a objemové množství. Čistírna odpadních vod společně s kanalizací tvoří komplexní vazbu. Složení a kvalita odpadních vod přitékajících na ČOV je jednak dána způsobem odkanalizování obce, ale také dodržením technických standardů při její výstavbě.

Cílem kapitoly je doporučení při návrhu kanalizace a technologie čištění odpadních a řešení častých problémů při zprovoznění kanalizace a ČOV. Informace mají pomoci projektantům a provozovatelům ČOV, mají upozornit na možná rizika, která jsou s návrhem ČOV a jejím provozem spojena. Tato kapitola poukazuje na informace, které jsou často projektanty opomínány, jsou velmi obecně zakotveny v normách ČSN nebo v nich nejsou vůbec uvedeny.

Informace k návrhu technologie čištění na gravitační kanalizace jsou obecně známé a lze je dohledat v české i zahraniční literatuře. Informace k technologickému řešení ČOV na tlakové a podtlakové kanalizaci jsou rozdílné. Doporučení technologie čištění odpadních vod vychází ze zkušeností autora práce získané po dobu jeho praxe při zpracovávání znaleckých posudků, odborných posouzení, studií, expertíz, osobními návštěvami čistíren odpadních vod na podtlakové a tlakové kanalizaci, vzájemnou komunikací a vazbou s provozovateli v oblasti stokování a ČOV.

Zvolený způsob odkanalizování, navržená technologie ČOV společně s výstavbou těchto objektů je převážně závislá na kvalitě zpracované projektové dokumentace, zkušenostech zhotovitele a technického dozoru investora. Výstavba kanalizace a ČOV při svém návrhu musí plně respektovat stavební zákon včetně citovaných prováděcích vyhlášek. Cílem výstavby vodohospodářského díla je zvýšení komfortnosti při odvádění odpadních vod v obci, zlepšení jakosti povrchových a podzemních vod při postupném plnění cílů evropské směrnice Rady 271/91/EHS.

7.1 OPOMÍJENÁ PRAVIDLA PŘI PROJEKTOVÁNÍ ČOV

V přípravné fázi projektu je důležité si s vlastníkem i provozovatelem odsouhlasit návrhové parametry pro výpočet kanalizace a ČOV. Informace k návrhu jednotlivých objektů bývají často použity z norem, ale norma současně doporučuje navrhovat objekty na hodnoty, které jsou reálné a vychází z naměřených dat. Návrhové hodnoty musí být na začátku definovány za jasných podmínek, aby nedošlo při projektování k změnám návrhových požadavků ze strany vlastníka a budoucího provozovatele.

Návrhové průtoky na ČOV a látkové zatížení je nutné řešit při uvažovaném nárůstu nebo poklesu počtu obyvatel, drobných provozů, průmyslových provozů a budoucích připojení dalších obcí. K základním údajům nutných pro návrh ČOV patří informace o systému stokové sítě:

- počet obyvatel a specifická produkce odpadní vody,
- součinitelé nerovnoměrnosti průtok,

- množství balastních vod,
- specifické látkové zatížení pro ukazatele BSK₅, CHSK_{Cr}, NL, N_c a P_c,
- maximální návrhový hodinový průtok Q_{max},
- požadavek na emisní limity na odtoku z ČOV,
- nakládání s odpady (shrabky, písek a kal).

Čistírna odpadních vod by měla být navržena na maximální kapacitní hodnoty, hydrotechnické výpočty bývají požadované příslušným vodoprávním úřadem.

7.1.1 Specifická produkce odpadní vody

Ukazatel specifické produkce odpadní vody je vždy potřeba odsouhlasit s provozovatelem a vlastníkem ČOV a stokové sítě. V případě určení hodnoty produkce odpadní vody platí obecné pravidlo, že množství splaškových vod z domácností a z občansko-technické vybavenosti odpovídá množství dodané vody změřené odběratelskými vodoměry.

V případě nového návrhu kanalizace a ČOV se určují hodnoty produkce odpadní vody na základě doporučených hodnot z ČSN a zkušeností projektanta. Určení produkce odpadní vody záleží vždy na velikosti obce a její vybavenosti. Při řešení odkanalizování a ČOV v obci, jsou obce zcela odkázány na projektanta.

7.1.2 Rezerva v připojení obyvatel

U každého navrhovaného projektu musí být posuzována možnost výhledového připojení stavby na veřejnou kanalizaci a ČOV. Pokud existují podklady, na základě kterých by bylo možné pro návrh odkanalizování ve výhledu vycházet, musí se posoudit, zda navrhované řešení je vůbec technicky možné či opodstatněné a do budoucna výhodné. Výhledový stav návrhu ČOV se doporučuje uvažovat v rozmezí 10-15 let. Návrh kanalizace a ČOV musí být proveden v souladu s územním plánem obce a plánem rozvoje vodovodu a kanalizací daného kraje. Pokud není možné odhadnout výhledový počet obyvatel v obci, je možné provést výpočet pomocí matematické analýzy popsany v kapitole 3.3.2.

7.1.3 Omezení vniku srážkových vod

Problém snad všech vodárenských společností, které mají v provozu oddílnou kanalizaci, je výskyt srážkových vod ve splaškové kanalizaci. Problém vtoku srážkové vody otvory a netěsnostmi v kanalizačních poklopech je problémem provozním a systémovým. Tento problém lze řešit natočením poklopů nebo zvýšením těsnosti poklopů a otvorů, které omezí nátok srážkové vody do kanalizace.

Spáry, vyskytující se mezi poklopem a rámem, mají být dle ČSN EN 124 pro poklopy DN 600 minimálně 9 mm. Celou plochou vtéká srážková voda do kanalizace. Tento problém lze řešit umístěním těsnění mezi rám a poklop. Těsnění zabrání nátoku vody do poklopu a umožňuje proudící srážkové vodě rám obtéci. V dnešní době existují na trhu kanalizační poklopy určené pro eliminaci nátoku srážkové vody, které garantují

snížení nátoku srážkových vod až o 90 % (Sewer Sentry, 2018). Tento poklop není opatřen otvory, které by umožňovaly vtékání srážkové vody do kanalizace. Větrání kanalizace je zajištěno jednou dírou schovanou v plastovém hříbu vystupujícího 15 mm nad povrch vozovky. Kolem poklopu se pomocí lepidla osazuje gumové těsnění, které brání vtékání srážkové vody netěsnostmi mezi rámem a víkem poklopu. Navržené řešení je nutné konzultovat s provozovatelem stokové sítě.

7.1.4 Stavebně-technický stav potrubí

Při založení kanalizace podle technických standardů výrobce lze očekávat vysoký stupeň bezpečnosti při jeho provozování. Základním doporučením je dodržování technických a technologických pravidel podle ČSN EN 1610 (2017) Provádění stok a kanalizačních přípojek a jejich zkoušení.

Stavebně-technický stav kanalizace určuje kvalitu odpadních vod přitékající na ČOV. Špatný stavebně-technický stav kanalizačního potrubí lze pak přisoudit nedostatkům v předkládaném projektu, nezkušenostem zhotovitele, technickému dozoru investora a lidskému faktoru. Technické nedostatky při uložení potrubí, způsobující deformace a poškození kanalizačního potrubí, kterým by se měl vyvarovat zhotovitel, způsobují v daném časovém horizontu přítok nežádoucích balastních odpadních vod na ČOV. Při výstavbě kanalizace je zapotřebí se zaměřit na dodržení technických standardů výrobce, kterými jsou vhodný výběr tuhosti potrubí, chybějící drenážní vrstva, podsyp a frakce materiálu, obsyp a frakce materiálu, nezaslepením drenážního potrubí pro odvod podzemní vody, hutnění a odstranění pažení (Hlušík, 2018).

7.1.5 Použití softwarového prostředí

Použití softwarových produktů je v dnešní době standardem při navrhování ČOV a stokových sítí velkých aglomerací. U menších aglomerací se výpočty na stokové síti většinou neprovádějí a profil u splaškové kanalizace se odborně odhaduje od DN 250-400. Pro výpočet ČOV existuje v dnešní době celá řada podpůrných softwarových prostředků, pro malé obce se používá základního produktu MS Excel.

Provozovatel by měl vždy po projektantovi žádat hydrotechnické výpočty, pokud nejsou součástí projektové dokumentace. Provozovatel by měl vždy provést citlivostní analýzu objektů ČOV a stokové sítě, založenou na různých kombinacích proměnných, která by vytvořeným softwarovým modelem posoudila spolehlivost objektů.

7.1.6 Požadavky kvality odpadní vody na odtoku z ČOV

Na malých ČOV je měření průtoku prováděno pouze na odtoku v měrném žlabu. Někteří provozovatelé ČOV dopočítávají reálné hodnoty odpadní vody na přítoku do ČOV přes sušinu zahuštěného nebo odvodněného kalu.

Investor si musí vyžádat závazné stanovisko k povolení k nakládání s odpadními vodami či udělit souhlas podle zákona č. 254/2001 Sb. o vodách (vodní zákon). Povolení k nakládání s vodami se vydává fyzickým nebo právnickým osobám k jejich

žádosti. Fyzická nebo právnická osoba, která má platné povolení k nakládání s vodami je oprávněna nakládat s vodami v rozsahu a k účelu po dobu uvedenou v platném povolení.

Při povolování vypouštění odpadních vod do vod povrchových stanoví vodoprávní úřad nejvýše přípustné hodnoty jejich množství a znečištění. Přitom je vázán ukazateli vyjadřujícími stav vody ve vodním toku, ukazateli a hodnotami přípustného znečištění povrchových vod, ukazateli a přípustnými hodnotami znečištění odpadních vod a náležitostmi a podmínkami povolení k vypouštění odpadních vod, které stanovil nařízením vlády č. 401/2015 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech. Zmiňované nařízení vlády určuje vodoprávnímu úřadu způsob, kterým dojde ke stanovení emisních limitů v každém konkrétním případě zamýšleného vypouštění. Koncepce nařízení a povolení je založena na tradičním emisně-imisním principu s tím, že vodoprávní úřad stanoví emisní limity s přihlédnutím k limitům imisním.

7.2 ROZDĚLENÍ ČOV PODLE KATEGORIE

Technologie čistíren odpadních vod pro obce do 2000 EO by měly být navrhována v souladu s NV č. 401/2015 Sb. tak, aby ČOV navrženou technologií plnila emisní koncentrační limity na odtoku.

Pro čistírny odpadních vod do 200 EO doporučuji použít balených „kontejnerových“ ČOV. Tyto čistírny jsou obvykle plastové (materiál polypropylen) již plně vybavené strojně-technologickými zařízeními. Tyto čistírny bývají navrhovány obvykle na splaškové kanalizaci. Čistírnu tvoří usazovací část mechanického předčištění, aktivační biologický reaktor, vertikální dosazovací nádrž a kalový prostor.

Další variantou technologie čištění odpadních vod do 250 EO jsou kořenové čistírny, zemní a vertikální filtry (s dávkovacím zařízením či vegetací). Před touto navrženou technologií čištění odpadních vod je doporučeno zařadit objekty mechanického předčištění, tj. strojní jemné česle a malou usazovací nádrž na kal.

Použití systémů s biomasou přisedlou (biofiltry a biodisky) doporučuji navrhovat spíše výjimečně pro velikost ČOV do 200 EO. Odpadní voda přítékající na biodisky musí být mechanicky předčištěna, při použití biofiltrů může je obvykle odpadní voda přiváděna přímo nad biologickou náplň.

Čistírny odpadních vod nad 200 EO doporučuji vybudovat jako betonové, otevřené nádrže, do kterých je technologie dodatečně namontována.

Při návrhu ČOV v kategorii nad 200 EO lze očekávat při vyjádření k žádosti o povolení nakládání s odpadními vodami požadavek správce vodního toku na srážení fosforu a úpravu limitů pro jeho odstranění oproti NV č. 401/2015 Sb. (i když není povinnost fosfor srážet a kontrolovat). Důvodem jsou lokality s požadavky na vysokou kvalitu odtoku (chráněné krajinné oblasti, přírodní parky, rezervace), zvláštní zájmy v místě vypouštění (př. vypouštění vyčištěných odpadních vod do nádrže

a zachování jejího dobrého stavu), nevyhovující stav vodního toku nebo ohrožením práva na čistou vodu.

V kategorii ČOV do 200 EO se obvykle nepředpokládá požadavek správce vodního toku na srážení fosforu (vždy záleží ovšem na posuzované lokalitě).

Srážení fosforu doporučuji zařadit vždy do návrhu technologie čištění u ČOV nad 200 EO, někdy bývá přímo uvedeno jako požadavek správce vodního toku v PRVKÚK pro danou obec. Lze předpokládat, že srážení fosforu bude časem více vyžadováno ve stanoviskách správců vodních toků a vodoprávních úřadů.

Technologie čistíren odpadních vod s biomasou ve vznosu (aktivační systémy) je z důvodu jejich nejčastějšího navrhování (obce nad 200 EO) popsána detailně v následující kapitole.

7.3 DOPORUČENÍ PŘI NÁVRHU AKTIVAČNÍ TECHNOLOGIE ČOV

Cílem kapitoly je poukázat na projekční chyby při navrhování čistíren odpadních vod zvláště na tlakové a podtlakové kanalizaci. V následujících kapitolách jsou popsány zásady pro návrh technologie ČOV na gravitační, tlakové a podtlakové kanalizaci.

Technologie na gravitační splaškové stokové síti jsou obecně známé a popsané v mnoha knihách. Při návrhu technologie na tlakové a podtlakové kanalizaci je důležitý správný návrh technologie mechanického předčištění odpadní vody.

Navrhované technologie mechanického předčištění na tlakových a podtlakových kanalizacích se liší. Každý projektant ji řeší jinak, mnohdy bohužel bez zpětné vazby provozovatele a v tom je problém. Provozovatelé tak za provozu ČOV dodatečně upravují projektovanou technologii, která byla nevhodně navržena.

Návrh řešení technologie doporučuji vždy zkonzultovat s budoucím provozovatelem ČOV v souladu s jeho technickými standardy.

7.3.1 Přítok na ČOV

Odpadní voda z gravitační kanalizace může přitékat na ČOV do objektu čerpací jímky s nutným čerpáním na mechanické předčištění nebo gravitačně přímo na objekt mechanického předčištění.

Na jednotné kanalizaci musí být před čistírnou odpadních vod odlehčovací komora, která odlehčí srážkové odpadní vody do recipientu. Odlehčení na malých ČOV doporučuji řešit přímo do recipientu přes mechanické předčištění tvořené hrubými česlemi, popř. vybudováním vírového separátoru. Výstavba dešťových nádrží pro malé ČOV se nedoporučuje.

Čerpací stanice na ČOV doporučuji navrhovat jako suchou jímku se separací pevných látek, jedná se o moderní řešení používané i pro malé obce. Tato technologie garantuje vysokou provozní spolehlivost čerpadel a hygienicky nezávadné prostředí pro obsluhu. Navrhovaná technologie je vhodná i pro napojení

tlakové kanalizační sítě. Při návrhu čerpací stanice se separací pevných látek jsou velkou výhodou její rozměry a elektrická přípojka, která je součástí objektu.

Mokrý čerpací stanice je v současné době zatím stále nejčastější řešení. V případě požadavku provozovatele na mokrou čerpací stanici doporučuji zvážit při návrhu technologie na gravitační stokové síti možnost osazení hrubých strojních česlí před mokrou čerpací stanicí. Objekt hrubých česlí je pak součástí stokové sítě a tvoří ochranu čerpadel v čerpací stanici.

Objekt mokré čerpací stanice ČOV je řešen jako prefabrikát dovezený z výroby na stavbu, monolitickou část tvoří pouze stropní železobetonová deska. Stávající čerpací stanice jsou obvykle kruhového půdorysu, konstrukční výšky dle skutečného přítoku stoky. V jímce bývají osazena dvě kalová ponorná čerpadla se spouštěcím zařízením a česlicový koš pro zachycení hrubého materiálu. Tato zařízení včetně potrubí a armatur jsou dodávkou technologie.

Provozování česlicového koše bývá často velkým problémem všech ČOV. Projektant musí správně navrhnout rozměry průlin a hlavně vyřešit zastavení (obtok) odpadní vody na přítoku do čerpací jímky. Hlavním důvodem je jeho čištění po dešťových událostech, kdy se v délce přítokového potrubí do ČS postupně zachytává hrubý materiál, který po vytažení česlicového koše veškerý skončí na dně čerpací jímky.

Mokrou čerpací stanici doporučuji vybavit bezpečnostním přepadem se zaústěním do obtoku ČOV, obtok řešit i v případě návrhu ČOV na tlakové a podtlakové kanalizaci. Lze ovšem počítat s negativním vyjádřením správce vodního toku, který nepovolí bezpečnostní (někdy nazývaný havarijní) přepad. Z tohoto důvodu je zapotřebí mít dobře navržený celkový objem čerpací stanice s dostatečnou rezervou při výpadku elektrické energie.

Hlavním důvodem pro vybudování přepadu je zaústění nelegálních přípojek srážkových vod, které za deště navyšují množství přitékající odpadní vody na ČOV. Provozovatelé jsou tak nuceni dodatečně řešit tento stav a často obtok dodatečně dobudovávají, a to načerno po kolaudaci a zkušebním roce provozu ČOV.

Přítok odpadní vody z čerpacích jímek jednotlivých nemovitostí z tlakové kanalizace zaústit do žlabu před jemné strojní česle. Přítok z podtlakové kanalizace zaústit do sběrné nádrže, odkud je odpadní voda čerpána do žlabu před jemné strojní česle.

Svozový objekt pro septické odpadní vody ze žump a septiků z okolních obcí doporučuji vybudovat pro ČOV s vyřešenou kalovou koncovkou (odvodnění kalu). Svozové jímky jsou budovány na ČOV s gravitační kanalizací, na systémech s tlakovou a podtlakovou kanalizací je nedoporučuji. Důvodem je navržený způsob technologie přítoku odpadní vody, vyšší koncentrace odpadní vody a její ředění se septickými odpadními vodami (které jsou obvykle v anaerobním stavu).

Návrhové parametry čerpací stanice

Při návrhu objemu čerpací stanice ČOV je hlavním parametrem průměrný denní Q_{24} (rovnice R.8) nebo maximální hodinový přítok Q_h (při požadavku provozovatele)

a bezpečnostní rezerva. Tuto rezervu udává každý provozovatel ve svých technických standardech s návrhem od 25-100 %. Výpočet maximálního hodinového přítoku na ČOV podle ČSN 75 6401 a ČSN 75 6402 (rovnice R.16, R.17) se stanovuje pomocí kombinací navržených variant: $Q_h = \max. (Q_{hI}; Q_{hII})$.

$$Q_{hI} = (Q_{24,m} \cdot k_d \cdot k_h + Q_{24,p} \cdot k_{d,p} + Q_B) : 24 \text{ [m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}] \quad (\text{R.16})$$

$$Q_{hII} = (Q_{24,m} \cdot k_d + Q_{24,p} \cdot k_{d,p} \cdot k_{h,p} + Q_B) : 24 \text{ [m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}] \quad (\text{R.17})$$

kde:

- $Q_{hI, II}$ - maximální hodinový průtok v $\text{m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$,
- $Q_{24,m}$ - průměrný denní přítok od obyvatelstva v $\text{m}^3 \cdot \text{den}^{-1}$,
- $Q_{24,p}$ - průměrný denní přítok od průmyslu v $\text{m}^3 \cdot \text{den}^{-1}$,
- Q_B - balastní vody v $\text{m}^3 \cdot \text{den}^{-1}$,
- k_d - součinitel maximální denní nerovnoměrnosti pro obyvatelstvo,
- k_h - součinitel maximální hodinové nerovnoměrnosti pro obyvatelstvo,
- $k_{d,p}$ - součinitel maximální denní nerovnoměrnosti pro průmysl,
- $k_{h,p}$ - součinitel maximální hodinové nerovnoměrnosti pro průmysl.

Při výpočtu objemu mokré čerpací stanice doporučuje norma ČSN EN 16932-1,2 navrhovat havarijní objem nejméně 25 % z celkového denního přítoku odpadních vod. Doporučením je návrh s dostatečnou rezervou na 8 hodin při výpadku elektrické energie, pokud nejsou známy standardy provozovatele.

Snížení celkového objemu čerpací stanice lze řešit hydrotechnickým výpočtem akumulace odpadní vody v přívodním potrubí nebo předřazenou akumulací odpadní vody před ČS na požadovanou dobu. Výpočet je nutné vždy doložit provozovateli. Další možností pro některé provozovatele je garance elektrické přípojky uvnitř nebo v místě šachty pro připojení náhradního zdroje při výpadku energie (pro suché ČS).

Návrhové parametry podtlakové nádrže

Při návrhu objemu podtlakové stanice se vychází z normy DWA-A 161-1. Návrhovým parametrem je jmenovitý průtok, hustota obyvatel na délku větve stokové sítě, poměr vody a vzduchu a návrhové parametry (Q, H) vývěv a kalových čerpadel.

7.3.2 Mechanické předčištění

Mechanické předčištění na splaškové kanalizaci tvoří strojní jemné česle (rotační síta), které zbaví odpadní vodu hrubých nečistot. Pro případ poruchy, revize nebo výpadku elektrického proudu musí být česle vybaveny obtokem, ve kterém jsou umístěny jemné česle s ručním stíráním shrabků. Moderním řešením na ČOV je osazení jemně stíraných česlí, které jsou celé zakryty z důvodu omezení vniku aerosolů do okolního prostředí. Dalším důvodem zakrytí česlí je snížení její hlučnosti.

Mechanické předčištění ČOV na tlakové kanalizaci doporučuji volit obdobné jako na splaškové kanalizaci. Častým řešením je zachycení hrubých nečistot přímo v domovní čerpací jímce u jednotlivých nemovitostí a to použitím jemného síta pod přítokem do jímky. V případě použití jemného síta v jímce bývá často opomíjen návrh

jemných česlí na ČOV a odpadní voda z tlakové kanalizace je zaústěna přímo do aktivační nádrže přes jemné síto umístěné nad hladinou v nádrži. Je potřeba si uvědomit, že majitelé nemovitostí sami zodpovídají za provoz akumulární jímky, mnohdy kontrolu jímek podceňují a pravidelně neudržují. Osazení jemného síta v akumulární jímce je primárně otázkou ochrany čerpadla v domovní čerpací jímce, nikoliv náhradou objektu strojních česlí na ČOV. Řešení strojních česlí na ČOV (s obtokem ručních jemných česlí) doporučuji i při použití jemných sít v akumulárních jímkách. Odpadní vody musí být vždy zbaveny hrubých nečistot na jemných česlích, aby nezpůsobovaly provozní komplikace v biologickém stupni. Při použití jemného síta v čerpací jímce, není obvykle zapotřebí navrhovat čerpadlo s macerátory (tzv. mělnicí systém - MS) a na ČOV doporučuji návrh jemných česlí. Pokud v čerpací jímce není použito jemné síto pod přítokem, pak je zapotřebí navrhovat čerpadla s macerátory (tzv. systém mechanického předčištění - SMP) a na ČOV doporučuji návrh velmi jemných česlí. Systém SMP je zakázán v ČR zákonem č. 274/2001 Sb. podle §18, odst. 3 pro odpadní vody vypouštěné do veřejné kanalizace přes septiky, netýká se domovních čerpacích stanic (bývá zaměňováno).

Mechanické předčištění na podtlakové kanalizaci doporučuji volit stejné jako u splaškové kanalizace. Z akumulárního tanku podtlakové stanice jsou odpadní vody čerpány na objekt velmi jemných strojních česlí (z důvodu velkých rychlostí v potrubí a rozemletí hrubého znečištění), do obtoku umístit ruční jemné česle pro případ revize či poruchy.

Objekt lapáku písku doporučuji vždy zařadit u ČOV na jednotné kanalizaci, u ČOV na splaškové, tlakové a podtlakové kanalizaci s počtem obyvatel nad 500 EO. Lapák písku nebývá často na těchto čistírnách v technologické lince vůbec zařazen. Je potřeba si uvědomit, že nejen písek ale i minerální částice se dostávají do odpadní vody i při oddílném systému odkanalizování. Do lapáku písku doporučuji vhánět vzduch pomocí samostatného kompresoru a mamutkovým čerpadlem směs písku a odpadní vody odvádět do kontejneru. Řešení aeračních elementů v objektu LP není pro malé ČOV vhodné, písek a částice se usazují pod elementy, zde nedochází k míchání a provzdušňování písku a částic, které postupně mineralizují v kal. Tento systém způsobuje provozní problémy, častější výměnu aeračních elementů, abrazi materiálu a nutné odčerpávání kalu z objektu.

Doporučuji zvážit u objektu strojních česlí a lapáku písku možnost šnekového dopravníku na shrabky a písek s možnou kombinací promývání a praní, v případě česlí i lisování shrabků. Objekty česlí a lapáku písku lze pořídit jako kompletní integrované hrubé předčištění. Záleží na požadavcích budoucího provozovatele.

Velikost separátních kontejnerů (plastových popelnic) na odpad je dobré zvolit s ohledem na možný sezónní výkyv produkce odpadu (vinařské kampaně, rekreanti).

Lapák tuků a odlučovač ropných látek (ORL) by měl primárně řešit provozovatel, který produkuje vzniklé ropné látky, oleje a tuky. V malých obcích se jedná převážně o provozovatele restauračního zařízení, kteří by měli tento objekt umístit před na kanalizační přípojku před napojením na veřejnou kanalizaci.

Návrhové parametry česlí

Při návrhu česlí se vychází z návrhového průtoku (maximální hodinový Q_h) a požadované rychlosti v přítokovém žlabu. Na malých ČOV je zapotřebí denní kontrola přítokového žlabu na česle z důvodu nedodržení minimálních rychlostí ($v_{\min} \geq 0,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) a tím způsobené sedimentace pevných částic. V současné době jsou na trhu „mini“ česle již od šířky žlabu 0,35 m, které jsou vhodné pro malé ČOV.

Návrhové parametry lapáku písku

Pro výpočet plochy objektu lapáku písku (R.18) je návrhovým parametrem maximální hodinový přítok Q_h , hydraulické zatížení hladiny „u“, doba zdržení a vzestupná rychlost. Pro danou kategorii ČOV doporučuji volit vertikální lapák písku, norma také doporučuje možnost volit podélný lapák písku (pro ČOV do 2000 EO nevhodné).

$$S_{LP} = \frac{Q_h}{u} \quad [\text{m}^2] \quad (\text{R.18})$$

kde:

- S_{LP} - plocha lapáku písku v m^2 ,
- Q_h - maximální hodinový přítok v $\text{m}^3\cdot\text{hod}^{-1}$,
- u - hydraulické zatížení plochy hladiny v $\text{m}^3\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{hod}^{-1}$.

Hodnota hydraulického zatížení hladiny pro vertikální lapáky písku není uvedena v ČSN 75 6401, ČSN 75 6402, výpočtová hodnota je $180 \text{ m}^3\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{hod}^{-1}$. Doba zdržení v účinném prostoru lapáku písku musí být větší než 30 s, vzestupná rychlost při návrhu pro průtok $Q_h \leq 0,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ a minimální hloubka usazovacího prostoru 3 m.

Z mechanického předčištění doporučuji provést odtah odpadního vzduchu přes biofiltr z důvodu obtěžujícího zápachu. V rámci navrhované technologie musí být biofiltr vždy navržen u tlakové a podtlakové kanalizace. Použití biofiltru v mechanickém předčištění na gravitační kanalizaci je spíše výjimečné, zápach odpadní vody ale nebývá tak častý a obtěžující (podrobněji viz kapitola 7.3.6).

7.3.3 Biologické čištění

Používané technologie v biologickém čištění a jejich návrh je již stejný pro všechny systémy odkanalizování.

Technologií aktivačních nádrží doporučuji volit od velikosti od 200 EO. Aktivační nádrže pro velikost do 500 EO musí být provozovány jako nízko až středně zatěžované (požadavek BAT technologie v NV č. 401/2015 Sb.). Aktivační nádrže 500-2000 EO musí být navrhovány jako nízkozatěžované s aerobní stabilizací kalu se stabilní nitrifikací a denitrifikací. Aktivační nádrž se navrhuje jako směšovací nebo s postupným tokem (obvykle oběhová). Pro obce nad 1000 EO doporučuji vybudování technologické dvojlinky s ohledem na velikost plochy pozemku ČOV.

Aktivační prostor slouží k biologickému čištění odpadní vody. Tento prostor je ve spodní části osazený jemnobublinným provzdušňovacím systémem (při nitrifikaci), do kterého je vháněn vzduch pomocí dmyhadla a případně nosičem biomasy pro

zlepšení stability procesu přetížené nebo málo zatížené čistírny. Při denitrifikaci jsou nádrže osazeny míchadly, která udržují směs kalu a vody ve vznosu.

Selektor je předsazený provzdušňovaný biologický reaktor před aktivační nádrží. Selektor doporučuji vždy umístit na ČOV, kde se předpokládá vyšší zatížení odpadními vodami (např. vinařské obce) a u tlakové kanalizace z důvodu vyššího zatížení odpadní vody, popř. jejího anaerobního stavu.

Dodávka vzduchu do aktivační nádrže je zabezpečena dmychadly a trubním rozvodem do jemnobublinného provzdušňovacího systému. Většina čistíren má navrženy dvě dmychadla, jedno provozní a druhé rezervní (obvyklý požadavek provozovatelů). Pokud je v technologické lince navržen selektor a provzdušňovaná uskladňovací nádrž na kal, doporučuji použití samostatného třetího dmychadla pro tyto objekty a to i v případě pro jeden z těchto objektů. Umístění dmychadel na malých ČOV bývá problém s ohledem na malé prostorové požadavky ať už v provozní budově nebo při venkovním použití. Při větším počtu dmychadel se někdy používá nosné konstrukce a dmychadla je možné umístit nad sebe. Místnost dmychárny v provozní budově musí mít ventilaci (zabezpečení přívodu vzduchu). Dmychadla doporučuji osadit protihlukovými kryty a umístit v provozní budově. Další možností je venkovní osazení dmychadel s nutností jejich zateplení a vybudování střešní konstrukce nad nimi. S ohledem na energetickou úsporu ČOV doporučuji použití šroubových dmychadel, která mají nižší náročnost systému oproti jiným.

Návrhové parametry aktivační nádrže

Aktivační nádrže s aerobní stabilizací kalu se navrhují jako nízkozatěžované v kategorii ČOV 500-2000 EO a nízko až střednězatěžované v kategorii ČOV do 500 EO. Pro čistírny odpadních vod do 5000 EO se doporučuje navrhovat aktivační nádrž s aerobní stabilizací kalu (podle ČSN 75 6401 a ČSN 75 6402) s požadavkem vysokého stáří kalu $\Theta_x > 25$ dní, které odpovídá hodnotám látkového zatížení kalu pod $0,05 \text{ kg.kg}^{-1}.\text{den}^{-1}$. U čistíren odpadních vod v kategorii do 500 EO má být celkové stáří stabilizovaného kalu odváděného z čistírenského procesu vyšší než 40 dní. Návrhovými parametry objemu aktivační nádrže (R.19) je koncentrace kalu, která je bez primární sedimentace v rozmezí $3-5 \text{ kg.m}^{-3}$ (obvykle 4 kg.m^{-3}) a látkové zatížení kalu. Látkové zatížení kalu je doporučeno navrhovat pro ČOV do 500 EO pro systémy s aerobní stabilizací v rozmezí $0,02-0,03 \text{ kg.kg}^{-1}.\text{den}^{-1}$.

$$V_{AN} = \frac{Q_{24} \cdot C_{AN-BSK}}{X \cdot B_x} \quad [\text{m}^3] \quad (\text{R.19})$$

kde:

- V_{AN} - objem aktivační nádrže v m^3 ,
- Q_{24} - průměrný denní přítok v $\text{m}^3.\text{den}^{-1}$,
- C_{AN-BSK} - koncentrace odpadní vody pro ukazatel BSK_5 přitékající do aktivační nádrže v kg.m^{-3} ; koncentrace je bez redukce vstupního znečištění,
- X - koncentrace kalu v aktivační nádrži v kg.m^{-3} ,
- B_x - látkové zatížení kalu v $\text{kg.kg}^{-1}.\text{den}^{-1}$.

Hloubku aktivační nádrže se doporučuje volit v rozmezí 3-5 m (norma neuvádí). U nádrží s postupným tokem má být poměr šířky k hloubce 1:1 až 4:1. Poměr délky nádrže k šířce nemá být větší než 15:1, z praxe se doporučuje poměr 4:1.

Aktivovaná směs z aktivace natéká do vertikální dosazovací nádrže, kde dochází k separaci aktivovaného kalu a vyčištěné vody. Oddělený aktivovaný kal je čerpadlem odtahován zpět do aktivačního procesu (varianta bez selektoru) nebo přímo do selektoru, který může sloužit zároveň jako regenerační nádrž kalu. Z dosazovací nádrže odtéká odpadní voda přes měrný objekt gravitačně do recipientu. Tím vzniká akumulací prostor pro zrovnomnění a egalizaci nově přitékající odpadní vody. Velmi častou variantou výstavby ČOV v malých obcích je společná vestavba aktivačních a dosazovacích nádrží.

Čistírna odpadních vod musí být vždy vybavena obtokem biologické jednotky pro případ havarijního odstavení čistírny. Obtok ČOV je řešen z objektu čerpací jímky a za mechanickým předčištěním (při dešti), nejlépe se zaústěním před měrný objekt.

Návrhové parametry dosazovací nádrže

Pro výpočet dosazovací nádrže jsou hlavními návrhovými parametry maximální hodinový průtok Q_h , povrchové hydraulické zatížení hladiny „u“ (kategorie ČOV do 500 EO s hodnotou $1,2 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{hod}^{-1}$, kategorie ČOV 500-5000 EO s hodnotou $1,5 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{hod}^{-1}$), zatížení hladiny nádrže nerozpuštěnými látkami $5-6 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{hod}^{-1}$, doba zdržení $1,5-2,5 \text{ hod}$ (kategorie ČOV do 500 EO), pro vertikální nádrže $1,3 \text{ hod}$ a horizontální nádrže 2 hod (kategorie 500-5000 EO) a vlastnosti aktivovaného kalu.

Při návrhu ČOV v kategorii do 500 EO se doporučuje navrhovat vertikální dosazovací nádrže (ČSN 75 6402) s požadavkem minimální šířky 3 m. Pro čistírny odpadních vod v kategorii nad 500 EO se kruhové nádrže doporučuje navrhovat až od velikosti průměru 8 m, jinak navrhovat nádrže vertikální (tzv. Dortmundský typ).

$$S_{DN} = \frac{Q_h}{u} \quad [\text{m}^2] \quad (\text{R.20})$$

kde:

- S_{DN} - plocha dosazovací nádrže v m^2 ,
- Q_h - maximální hodinový přítok v $\text{m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$,
- u - hydraulické zatížení plochy hladiny v $\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{hod}^{-1}$.

Hodnotu hydraulického zatížení hladiny doporučuji volit při návrhu nižší, než je uvedeno v normách, a to v rozmezí $0,7-1 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{hod}^{-1}$ z důvodu rezervy. Dalším doporučením je výpočet plochy dosazovací nádrže navrhnout přímo pomocí zatížení hladiny nerozpuštěnými látkami a pro finální návrh plochy dosazovací nádrže ho srovnat s hodnotou separační plochy určenou podle hydraulického zatížení hladiny. Pro výpočet separační plochy se neuvažuje u vertikálních nádrží s recirkulací vratného kalu z důvodu vytvoření kalového mraku, který působí jako fluidní lože, ve kterém se zachytávají jemné vločky kalu. Koncentraci kalu v dosazovací nádrži doporučuji volit vyšší o $1 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ než v aktivační nádrži.

Hloubka vody v dosazovací nádrži má být min. 3 m, u vertikálních nádrží se doporučuje v rozmezí 4-6 m. Přesný výpočet hloubky nádrže je možné aplikovat z německé normy ATV 131 E. Empirický výpočet celkové hloubky dosazovací nádrže je součtem dílčích zón v nádrži, zóny čisté vody h_1 , separační zóny h_2 , uskladňovací zóny h_3 a zahušťovací zóny h_4 . Celková hloubka nádrže podle ATV 131 E pak dosahuje obvykle při výpočtu hodnot 4-5 m. Výpočet bývá často používán projektanty, jeho použití doporučuji pro určení přesné hloubky nádrže.

$$S_{DN} = \frac{X_{DN} \cdot (Q_h + R \cdot Q_{24})}{NL} \quad [\text{m}^2] \quad (\text{R.21})$$

kde:

- S_{DN} - plocha dosazovací nádrže v m^2 ,
- X_{DN} - koncentrace kalu v dosazovací nádrži v $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$,
- R - recirkulace v %,
- Q_{24} - průměrný denní přítok v $\text{m}^3 \cdot \text{den}^{-1}$,
- NL - zatížení hladiny nerozpuštěnými látkami v $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{hod}^{-1}$.

Doporučením a současným trendem je navrhování větších hloubek dosazovacích nádrží, především z důvodu plnění své funkce za deště (Hlušík, 2003).

Kalové hospodářství

Přebytečný aerobně stabilizovaný kal z kalového prostoru dosazovací nádrže je čerpán do uskladňovací zásobní nádrže přebytečného kalu. Kalová nádrž se navrhuje jako provzdušňovaná nebo neprovzdušňovaná, záleží na požadavcích budoucího provozovatele. Na starších čistírnách odpadních vod se vyskytují neprovzdušňované nádrže. Při návrhu nových a rekonstrukci starých nádrží je současným řešením návrhu provzdušňovaná kalová nádrž, převážně z důvodu nižších provozních a investičních prostředků.

Nízkozatěžovaná aktivace se stářím kalu v aktivační nádrži vyšším jak 25 dní zabezpečuje aerobní stabilizaci kalu, bez nutnosti dodatečné anaerobní stabilizace kalu ve vyhnívacích nádržích (norma doporučuje pro městské ČOV). Pro ČOV od 1000 EO se podle norem doporučuje navrhovat dvě uskladňovací nádrže. Napouštění zásobníku kalu je řešeno samostatným čerpadlem umístěným v jímce kalové vody (čerpací stanice kalu). Ovládání čerpadla na dekantovanou vodu je ručním pohonem, čerpadlo je vybaveno plovákem. Pro dostabilizaci a homogenizaci kalu je v zásobníku kalu osazeno míchání (u starších neprovzdušňovaných nádrží).

Přebytečný kal může být odvážen na další zpracování na nejbližší svozovou ČOV, další možností je použití mobilní odstředivky nebo pevně instalované odstředivky. Odstředivka se vyplatí na čistírně odpadních vod již kolem velikosti 2000 EO nebo u menších čistíren, které mají smluvně zajištěno odstředění kalu pro okolní obce.

Vyprodukovaný kal musí odpovídat hygienickým požadavkům, jeho využití musí být v souladu s právními předpisy a normami. Nejčastější využití kalu pro obce do 2000 EO je v zemědělství k přímému hnojení zemědělské půdy a výrobě kompostu.

Návrhové parametry uskladňovací nádrže kalu

Průměrný obsah sušiny přebytečného kalu v uskladňovací nádrži je 2,5-3 %. Při návrhu objemu provzdušňované uskladňovací nádrže kalu (R.22) se doporučuje minimální doba zdržení v nádrži 30 dní (současný způsob uskladnění a dostabilizace kalu v malých obcích), při zemědělském využití kalu až 150 dní (starší stávající neprovzdušňované nádrže).

$$V_{UN} = \frac{\Theta \cdot V_{PŘK} \cdot X_{DN}}{X_{ZAH}} \quad [m^3] \quad (R.22)$$

kde:

- V_{UN} - objem uskladňovací nádrže kalu v m^3 ,
- Θ - doba zdržení v uskladňovací nádrži v hodinách,
- $V_{PŘK}$ - objemové množství přebytečného kalu v $m^3 \cdot den^{-1}$,
- X_{DN} - koncentrace kalu v zahušťovací zóně dosazovací nádrže v $kg \cdot m^{-3}$,
- X_{ZAH} - koncentrace kalu v uskladňovací nádrži v $kg \cdot m^{-3}$.

Koncentrace kalu v zahušťovací zóně kalového prostoru dosazovací nádrže se doporučuje volit v rozmezí 7-10 $kg \cdot m^{-3}$.

7.3.4 Měření a regulace

Měření a regulace zahrnuje řešení kabeláže v objektu provozní budovy ČOV a venku v areálu ČOV. V objektu se jedná o napojení dmychadel, míchadel, čerpadel, česlí, plovákových snímačů hladiny v dosazovací nádrži a kalojemu, kyslíkové sondy, venkovní připojení čerpadel na nátok s hlídáním hladiny plovákovými spínači a umístění čidla měřiče průtoku v šachtě na odtoku z ČOV. Uvedené zařízení jsou napájeny z rozvaděče umístěného ve velínu. Přívod pro rozvaděč je řešen kabelem z přípojkové skříně. Ovládání jednotlivých zařízení (pohonů) je možné ručně z panelu rozvaděče nebo automaticky pomocí programovatelného relé.

V rámci měření a regulace telemetrických přenosů jsou data na odtoku z měrného objektu přenášena GSM modemem na dispečink provozovatele ČOV.

7.3.5 Řízení provozu ČOV

Dmychadla jsou v podmínkách malých ČOV obvykle řízena automatickým systémem umístěným v elektrickém rozvaděči čistírny na základě signálu z kyslíkové sondy a pH. Takové nastavení není vždy efektivní především v kombinaci s jednobodovým měřením koncentrace v nádrži. Energeticky úspornější způsoby řízení biologického procesu jsou pomocí:

- řízení pomocí koncentrace NH_4 s nastavením hodnoty na odtoku z ČOV,
- řízení pomocí koncentrace NH_4 s nastavením frekvence motoru dmychadel na základě koncentrace amoniakálního dusíku na konci aerované zóny,
- řízení v závislosti na amoniakálním dusíku a dusičnanech s využitím on-line monitorování s možností nastavených hodnot.

U malých čistíren odpadních vod je systém řízení odstraňování NH_4 spíše výjimečný, pořízení systému je pro malé obce nákladné. Další důvodem není požadování kontroly emisního ukazatele celkového dusíku v NV č. 401/2015 Sb. (Jedličková, Hlavínek, Hlušík, 2016).

7.3.6 Problematika a odstranění zápachu na ČOV

Na problematiku zápachu poukazuje norma ČSN EN 12255-9 (2002), informace jsou popsány velmi obecně bez doporučení konkrétního řešení. Problémy se zápachem na ČOV a kanalizaci se často zanedbávají a jsou řešeny provozovatelem až dodatečně při samotném provozu.

Primárním cílem je snaha předcházet vzniku zápachu, převážně kontrolou a řízením procesů u producenta znečištění, ve stokové síti a také na čistírně odpadních vod. Často však nelze zápach omezit již v místě vzniku, proto je nutné aplikovat sekundární řešení, které zamezí rozšíření zápachu do nejbližšího okolí.

Následkem odbourávání organických látek mikroorganismy za anaerobních podmínek se vytváří zápach již během průtoku odpadní vody v kanalizačním systému. Dalším zdrojem pachových látek jsou průmyslové odpadní vody, které jsou napojeny na veřejnou kanalizaci. Zahnívání vody ovlivňuje například teplota vody, koncentrace BSK_5 a přítomnost chemikálií (ČSN EN 12255-9, 2002). Složky odpadní vody podílející se na vzniku zápachu: sulfan (sirovodík), amoniak (čpavek), organické sloučeniny síry, thioly (př. merkaptany), aminy, (indol a skatol) a další organické sloučeniny (Pandey, Kim, Tang, 2012).

Podmínky pro vznik zápachu

Charakteristické podmínky pro vznik zápachu na ČOV lze očekávat:

- v objektech mechanického předčištění,
- v předávacích šachtách se zaústěním výtlačného potrubí na ČOV,
- v zařízení pro uskladňování a odstraňování kalů (sedimentů),
- při špatné obsluze a údržbě stokové sítě a ČOV.

Mezi hlavní faktory, které ovlivňují samotný vznik zápachu na ČOV a ve stokové síti patří:

Složení odpadní vody:

- významný vliv koncentrace sulfidů a síranů v odpadní vodě; speciální průmyslové technologické vody,
- oxidačně redukční potenciál s hodnotami pro anaerobní podmínky: -50 mV,
- teplota: s rostoucí teplotou se zvyšuje spotřeba kyslíku biologickými procesy a dochází ke vzniku anaerobních podmínek ve stokové síti,
- hodnota pH: v zásaditějších vodách je menší riziko vzniku sulfanu,
- koncentrace kyslíku: hodnota menší než $0,5 \text{ mg.l}^{-1}$ způsobuje anaerobní podmínky.

Hydraulické faktory:

- doba zdržení: při větších dobách zdržení s hodnotou vyšší jak 8 hodin dochází ke vzniku anaerobních podmínek ve stokové síti,
- špatný hydraulický návrh stokové sítě: nadměrné dimenze způsobují malé průtoky ve stokové síti, sedimentaci usazenin a vznik anaerobního prostředí,
- gradient rychlosti: vysoký gradient rychlosti způsobuje značné uvolňování sulfanu do vzduchu,
- sedimenty a biofilm: v anaerobních sedimentech dochází k hydrolýze organického substrátu, fermentaci, redukci síranů a produkci metanu.

Objekty stokové sítě:

- čerpací stanice: provozně dlouhé spínací intervaly čerpání odpadní vody způsobují vznik anaerobní prostředí,
- tlaková kanalizace: dlouhé doby zdržení ve výtlačných řadech způsobují vznik anaerobních podmínek,
- podtlaková stanice: chybějící biofiltry pro čištění odsávaného vzduchu.

Legislativní předpis Evropské unie definuje „kvalitu zápachu“ ve směrnici Evropského parlamentu a Rady 2008/50/ES o kvalitě vnějšího ovzduší a čistším ovzduší pro Evropu pro Evropu a směrnici Evropského parlamentu a Rady 2010/75/EU o průmyslových emisích, integrované prevenci a omezování znečištění.

Metody odstranění zápachu

Technologie odstraňující zápach lze rozdělit na primární a sekundární. Primární činností by mělo být předcházení vzniku zápachu řízeným provozem kanalizace a jejich objektů. V mnoha případech není možné provoz řídit tak, aby zápach nevznikal. Odstraňování zápachu je již sekundární činností a lze jej realizovat buď přímo z odpadní vody, nebo ze vzduchu. Těmito činnostmi již nelze ochránit betonové potrubí proti biogenní síranové korozi. Vzniklý sirovodík uniká přes kanalizační šachty do okolí a obtěžuje obyvatele, převážně pak v letních měsících.

Metody pro odstranění zápachu z odpadní vody

Metody pro odstranění zápachu ze vzduchu spočívají v dávkování chemikálií do odpadní vody, které limitují vznik zápachových sloučenin. Dávkování chemikálií se provádí a doporučuje přímo v čerpacích stanicích stokových systémů.

- Srážení solemi železa: železo se vyskytuje v odpadní vodě v koncentracích od $0,4 \text{ mg.l}^{-1}$ do $1,5 \text{ mg.l}^{-1}$. Omezit vznik sulfanu může železo ve své dvojmocné i trojmocné podobě. Dvojmocné železo a sulfid vytváří černou sraženinu sulfid železnatý. Trojmocné železo může způsobit eliminaci sulfanu produkcí elementární síry a oxidací na dvojmocné železo. Mezi používané soli železa patří chlorid železnatý, síran železnatý heptahydrát známý pod názvem zelená skalice a chlorsíran železitý, používaný pod obchodním názvem Ferrifloc (Cipriani et al, 2018).

- Chlorace: chlor se dávkuje do odpadní vody jako roztok nebo plyn, který odstraňuje sulfidové ionty. Efektivita redukce sulfidů je omezena kvůli schopnosti chloru oxidovat i s organickými a anorganickými sloučeninami (Vilmain, Courousse, 2014).
- Omezení anaerobních podmínek roztokem dusičnanů: přidáním dusičnanů lze nastolit anoxické podmínky v odpadní vodě. Dusičnany jsou v tomto prostředí snáze redukovatelné než síran, tím se snižuje tvorba sulfanu.
- Oxidace peroxidem vodíku: peroxid vodíku může oxidovat sulfid a produkovat vodu a kyslík. Navíc produkcí kyslíku může peroxid vodíku přispět k udržování aerobního stavu v odpadní vodě a docílit vysoké efektivity odstranění (Cuevasanta, Carballal, Zeida, Alvarez, 2014).
- Oxidace peroxidem manganistanem draselným: manganistan draselný (KMnO_4) je silné činidlo, která je schopné oxidovat sulfid na síran. Typicky se manganistan draselný se distribuuje v suchém stavu, proto je potřeba vytvořit vodný roztok před aplikací (Willey, Jennings, Muroski, 2018).
- Biologická oxidace sulfidu: proces inhibice sulfidů eliminují také dva druhy bakterií: *Thiomicrospira denitrificans* a *Thiobacillus denitrificans*. Za přítomnosti dusičnanů jsou tyto bakterie schopné oxidovat sulfidy a síru. Potřebné elektrony přijímají právě z dusičnanů a tím je redukují (Zhang, Du, Tang, Huang, Jin, 2017).
- Stlačený vzduch nebo čistý kyslík: provzdušňování odpadní vody se nejčastěji aplikuje do tlakového potrubí, podél takového přivaděče v několika místech nebo do čerpacích jímek. Čistý kyslík je pětikrát koncentrovanější než kyslík obsažený ve vzduchu, proto je možné dosáhnout vyšších hodnot rozpuštěného kyslíku v odpadní vodě při použití kyslíku 5 mg.l^{-1} až 7 mg.l^{-1} oproti použití vzduchu 3 mg.l^{-1} až 5 mg.l^{-1} .

Metody pro odstranění zápachu ze vzduchu

Sekundární metody pro odstranění zápachu ze vzduchu spočívají v instalaci přídavného zařízení, které pomocí fyzikálních, biologických a chemických procesů zachytávají únik sirovodíku do okolního prostředí.

- Pračka vzdušiny, oxidace a absorpce: čištění mokřým vzduchem je velice spolehlivá a flexibilní technologie pro regulaci zápachu ze vzduchu. Tato technologie může být použita k čištění prakticky všech kontaminantů rozpustných ve vodě. V pračce je kapalina rozstříkována a vytváří umělou mlhu. Škodlivé látky jsou mlhou zachytávány a rozpouštěny z plynné fáze do vodného chemického roztoku. Proudění vzduchu je také zpomalováno, aby bylo dosaženo většího zachytu škodlivých látek (Selen, 2003).
- Bio-pračka vzdušiny: v bio-pračce je umístěn umělý nosič, jehož cílem je mít co největší povrch. Na povrchu se poté tvoří biofilm ze zkrápěného média a látek oddělených ze vzduchu. V biofilmu dochází ke dvěma procesům, fyzikálnímu a biochemickému. V rámci fyzikálního procesu se molekuly plynu dostávají do rozstříkované kapaliny a v biochemickém procesu se znečištění

odbourává přímo v kapalině za pomoci mikroorganismů. Důležitým prvkem této technologie je oběhové čerpadlo, které přečerpává úkapy z nosiče zachycené v nádrži opět do skrápěčů. Škodlivé látky tak zůstávají v médiu dokud nejsou odbourány biofilmu (Aempfer, Berndt, Voigtlaender, 2002).

- Biologický filtr: princip je podobný jako v případě bio-pračky. S tím rozdílem, že místo náplně s biofilmem je náplň filtru pevná, ve které jsou pachová látky absorbovány a odbourány pomocí mikrobiologických organismů.
- Biofiltr s nuceným odtahem sušiny: technologie biologického filtru může být použita k čištění různých biologicky odbouratelných ve vodě rozpustných kontaminantů. Ve filtru jsou škodlivé látky ze vzduchu rozpouštěny z plynné do vodné fáze na povrchu organického média. Používá se například rašelina, kůra ze stromů, upravená kořenová vlákna a vlákna z kokosových ořechů nebo kompost. Molekuly zápachu jsou potom degradovány bakteriologickou populací na tomto médiu. Důležitou podmínkou pro funkci biofiltru je zachování vlhkosti více než 50 %, podmínka je nutná pro život a funkci mikroorganismů (Bioteg, 2017).
- Biofiltr bez nuceného odtahu sušiny: vzhledem k absenci ventilátoru a bez nutnosti přívodu energie pro ventilátor je tento typ filtru možné osadit do šachty kanalizace přímo pod poklop. Je nutné volit náplň filtru takovou, aby vzduch mohl volně unikat z kanalizace a nezpůsoboval výraznou tlakovou ztrátu v proudění vzduchu (Talaiekhosani, Bagheri, Goli, 2018).
- Adsorpce na filtračním materiálu: použití filtračního materiálu proud vzduchu prochází přes vrstvu adsorbentu. Sloučeniny, které způsobují zápach, jsou přitahovány k povrchu adsorbentu. Použití vhodné filtrační náplně záleží na účinnosti odstranění sirovodíku (Hluštík, Novotný, 2018).
- Fotooxidace, ozonizace, ionizace: pro odstranění škodlivých látek ze vzduchu se používá také ozon a hydroxylové ionty, které jsou dávkovány do vzduchu pomocí silných elektrických výbojů nebo krátkovlnným UV zářením. Této technologii je předřazen filtr pevných částic, aby nebyly poškozeny UV lampy, respektive elektrody.
- Neutralizace, kompenzace a maskování: těmito metodami se zápach pouze překrývá a škodlivé látky ztrácí znatelné organoleptické vlastnosti. Jsou používány éterické oleje a různé přírodní i syntetické látky. V kontaktu se vzduchem většinou neprobíhají žádné chemické procesy.
- Naředění čerstvým vzduchem: naředění zápachových látek má význam v těch případech, kdy provozovatel chce uchránit potrubí před biogenní síranovou korozi a je možnost odvětrávat velké množství zápachajícího vzduchu do extravilánu. Koncentrace zápachových látek se v kanalizaci výrazně sníží pomocí ventilátoru umístěného v potrubí.

Další technickým prvkem eliminace plynu H_2S je zaústění kanalizačního výtlaku pod hladinu podzemní vody. V tomto případě je zapotřebí snížit přítokovou rychlost na hodnotu $0,5-0,7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ z důvodu vznikajících turbulencí a hluku, který obtěžuje obyvatelstvo žijící v okolních nemovitostech.

Řešení omezení zápachu je nutné řešit vždy na kanalizaci a ČOV, v místech kde zápach vzniká. Takovými místy jsou předávací šachty na stokové síti, zaústění výtlačku z tlakové kanalizace na ČOV do akumulární komory (před objektem česlí), odtah vzduchu z podtlakové kanalizace v místě podtlakové stanice a ČOV a objekty z mechanického předčištění pokud jsou v uzavřené místnosti (budově). Navrhované řešení eliminace zápachu je závislé vždy na lokálních podmínkách, navrhuje se v souladu s technickými standardy budoucího provozovatele.

7.3.7 Nakládání s kaly

Kaly z ČOV patří, dle ustanovení § 25 odst. 1 zákona č. 185/2001 Sb. o odpadech v platném znění mezi tzv. vybrané odpady. Nakládání s těmito odpady je zatíženo řadou specifických povinností. Na původce odpadů kalů z ČOV a oprávněné osoby, které nakládají s kaly, se vztahují povinnosti původců a oprávněných osob.

V rámci zpracovávané projektové dokumentace musí být jasné povinnosti, jakým způsobem se bude s budoucím kalem nakládat. Pro původce využívaných kalů z ČOV platí, podle ustanovení § 33 odst. 2 zákona č. 185/2001 Sb. o odpadech povinnost stanovit program použití kalů a tento program předat osobě, která tyto kaly na zemědělskou půdu aplikuje.

Využití kalů z čistíren odpadních vod je většinou na zemědělské půdě. Vyhláška č. 437/2016 Sb. o podmínkách upravených čistírenských kalů na zemědělské půdě upravuje technické podmínky pro použití upravených kalů na zemědělské půdě, a to mezních hodnot vybraných rizikových látek v půdě a v kalech. Daný předpis zavádí program použití kalů, který musí být zpracován pro upravený kal konkrétní čistírny odpadních vod. Program musí obsahovat:

- vyhodnocení složení kalů s ohledem na koncentraci znečišťujících látek,
- vyhodnocení mikrobiologického znečištění kalů,
- popis technologie úpravy kalů,
- množství kalu,
- hydrologickou situaci zájmového území,
- monitoring kalů,
- monitoring půdy.

V současné době se doladuje a schvaluje novela směrnice Regulation (EC) No. 2003/2003 novými pravidly na podporu používání organických odpadů a hnojiv v EU, která bude součástí plánu na podporu Circular Economy. Tato novela směrnice o hnojivech by měla umožnit použití mimo minerální zdroje fosforu také kompost a biochar jako organická hnojiva a aditiva pro zlepšení kvality půdy. Nové produkty materiálové transformace odpadů (čistírenských kalů) budou moci nést označení CE (certifikace), pokud budou splňovat kritéria pro hnojiva vzniklá z odpadních zdrojů, budou splňovat kritéria bezpečnosti, kvality a označování (Ševčík, Raček, Hlušík, Hlavínek, Dvořák, 2018).

7.3.8 Energetický potenciál ČOV

Energetickou náročností ČOV posuzuje každý provozovatel s cílem docílit co nejnižší spotřeby energie za rok provozu. Informace k provádění energetického auditu je uvedena v normách ČSN EN 16247-1 (2013) Energetické audity – Část 1: Obecné požadavky, ČSN EN 16231 (2013) Energetická účinnost – Metodika benchmarkingu, ČSN EN 16212 (2012) Energetická účinnost a výpočty úspor, ČSN EN ISO 50001 (2012) Systémy managementu hospodaření s energií – Požadavky s návodem k použití a Vyhlášce č. 480/2012 Sb. o energetickém auditu a energetickém posudku. Normy definují požadavky na provádění energetických auditů a povinnosti v procesu jejich zpracování.

Výše vypsané normy nspecifikují již způsob stanovení energetické účinnosti ČOV, níže je popsána doporučená metodika energetického hodnocení ČOV. Metodika byla vytvořena při řešení projektu Technologické agentury České republiky TAČR č. TA02020676 s názvem „Energetická náročnost ČOV a stokových sítí“. Metodika je certifikovaná Ministerstvem zemědělství České republiky č. 84196/2014-MZE-15100 pro hodnocení energetické náročnosti ČOV (Raclavský, Hluštík, Kavalír, 2014).

Energetické hodnocení ČOV je navrženou metodikou posouzeno pomocí tří hodnotících ukazatelů, které podle hodnoty celkové spotřeby elektrické energie zatřídí ČOV do energetické třídy CI až CIV. Pro celkové zatřídění ČOV je nutné provést přepočty hlavních datových podkladů na požadované hodnoty celkové spotřeby elektrické energie. Hodnotící ukazatel spotřeby elektrické energie je možné vyjádřit na:

- 1 kg odstraněného substrátu,
- 1 ekvivalentního obyvatele,
- 1 m³ odpadní vody.

Pro vyjádření celkové spotřeby elektrické energie na ČOV je vhodné použít přepočty na 1 kg zatížení BSK₅ v kWh.kg⁻¹ BSK₅. Tento ukazatel je nejpřesnější a vychází z prováděného monitoringu na ČOV a provedených rozborů na přítoku a odtoku z ČOV. Méně vhodné je použití přepočtu celkové spotřeby elektrické energie na 1 m³ odpadní vody (kWh.m⁻³) a 1 ekvivalentního obyvatele za rok (kWh.EO⁻¹.rok⁻¹). V případě přepočtu celkové spotřeby elektrické energie na m³ odpadní vody nejsou známa aktuální technická data o stavebně technickém stavu stokové sítě a strojních objektů, která zkreslují množství přitékající odpadní vody (př. vnik balastních vod, počet nefungujících čerpacích stanic, nelegální zaústění přípojek do stokové sítě, nelegální přepady do stokové sítě a další). Varianta přepočtu celkové spotřeby elektrické energie na 1 EO za rok není častá, obvykle není znám přesný počet napojených obyvatel na stokovou síť. Počet napojených ekvivalentních obyvatel se mění každým dnem a pro určení celkové spotřeby na 1 EO za rok by muselo být provedeno další podrobnější měření. Použití těchto variant musí být vždy exaktně doloženo aktuálními daty pro vyhodnocení energetické náročnosti ČOV.

Navržené metodické hodnocení energetické náročnosti čistíren odpadních vod je uvedeno v Tab. 34. V tabulce je uvedeno hlavní rozdělení ČOV do energetických tříd s popisem jednotlivých kategorií.

Tab. 34 Zatřídění ČOV do energetické třídy

Zatřídění do energetické třídy ČOV		CI	CII	CIII	CIV
Celková spotřeba elektrické energie	na 1 kg odstraněného BSK ₅ [kWh.kg ⁻¹ BSK ₅]	< 1	1-1,5	1,5-2	> 2
	na 1 EO za rok [kWh.EO ⁻¹ .rok ⁻¹]	< 15	15-30	30-60	> 60
	na 1 m ³ odpadní vody [kWh.m ⁻³]	< 0,5	0,5-1,0	1,0-1,5	> 1,5

Kategorie CI „Velmi úsporná ČOV“ – energeticky je čistírna odpadních vod ve vyhovujícím stavu bez nutnosti plánované intenzifikace. ČOV nevyžaduje žádná opatření k optimalizaci energetické náročnosti.

Kategorie CII „Úsporná ČOV“ – energeticky je čistírna odpadních vod v dobrém stavu s výhledově doporučenou intenzifikací. ČOV vyžaduje částečná opatření k optimalizaci energetické náročnosti pro zlepšení stávajícího stavu. Pro optimalizaci ČOV většinou postačuje změna přenastavení provozních parametrů v jednotlivých nádržích, tj. pomocných datových ukazatelů energetického hodnocení ČOV.

Kategorie CIII „Nehospodárná ČOV“ – energeticky je čistírna odpadních vod v kritickém stavu s nutnou intenzifikací. ČOV vyžaduje rozsáhlá opatření k optimalizaci energetické náročnosti pro zlepšení stávajícího stavu. Pro optimalizaci ČOV je nutná revize strojního zařízení na ČOV, posouzení technologie a posouzení provozních parametrů v jednotlivých nádržích, tj. pomocných datových ukazatelů energetického hodnocení ČOV. V rámci kategorie CIII se doporučuje, aby provozovatel posoudil ČOV pomocí hodnotících ukazatelů specifické produkce kalového plynu a specifické produkce výroby elektrické energie (není u ČOV do 2000 EO). Tyto ukazatele mohou upozorňovat na zvýšené provozní náklady kalového hospodářství. Jedná se o kontrolní parametry produkce kalového plynu na 1 kg organické sušiny přivedené do vyhnívací nádrže.

Kategorie CIV „Velmi nehospodárná ČOV“ – energeticky je čistírna odpadních vod v nevyhovujícím stavu. ČOV vyžaduje komplexní opatření k optimalizaci energetické náročnosti pro zlepšení stávajícího stavu. V rámci opatření je doporučeno provést rozsáhlý technicko-energetický audit celé ČOV, který by definoval příčinu energeticky nevyhovujícího stavu ČOV.

Velikost čistírny odpadních vod, látkové a hydraulické zatížení mají přímý dopad na energetický potenciál každé ČOV. Čím je čistírna odpadních vod kapacitně větší, tím by měla mít nižší energetickou náročnost a vyšší stupeň využití kalového plynu.

U malých ČOV je zapotřebí se zaměřit na hlavní strojní zařízení s vyššími energetickými nároky (čerpací stanice na přítoku, dmyhadla, typ aerace, řízení provozu ČOV, čerpání vratného a přebytečného kalu a nakládání s přebytečným

kalem). Energetické nároky čistíren odpadních vod jsou v současné době stále více zmiňovány a to nejen při návrzích nových čistíren odpadních vod, ale i při jejich rekonstrukcích, intenzifikacích a optimalizacích provozu.

7.4 CELKOVÉ SHRNUÍ

Uvedená kapitola se zabývá hlavními zásadami při návrhu technologie čistíren odpadních vod, které jsou doporučujícími informacemi pro projekční kanceláře a samotné projektanty. Cílem kapitoly je doporučení při rozhodování projektanta o typu technologie čištění odpadních vod a snaha zjednodušit proces návrhu ČOV.

Při samotném návrhu ČOV je vždy nutná kontrola Plánu rozvoje vodovodu a kanalizací daného kraje a zjištění, zda je v obci uvažovaná výstavba ČOV (Územní plán obce). Každá varianta by měla být vždy odborně zvážena, ekonomicky podložena a její řešení konzultováno s provozovatelem a se zastupiteli obce.

Klíčovým faktorem je seznámení obyvatelstva v obci s připravovaným záměrem, s navrhovanými možnostmi odkanalizování a likvidace odpadních vod v obci, s výhodami a nevýhodami systému navrhovaného řešení, poukázat na rozdílnost určení ceny vodného a stočného pro jednotlivé varianty a to i s odhadem zahrnutých nákladů na obnovu majetku a možnostmi financování s podporou dotací.

V případě výstavby je nutné zajistit napojení obyvatel na novou kanalizaci a upozornit obyvatele na dodržování kanalizačního řádu (množství a kvalita vypouštěných odpadních vod). Nutnost připojení obyvatel je podmíněna získanou dotací z důvodu plnění odstraňovaného znečištění na čistírně odpadních vod a stanovení kapacity přes ukazatel EO-BSK₅. Důležité je při výstavbě kanalizace pohlídat napojení pouze splaškových odpadních vod a vyřešit současně odvádění srážkových odpadních vod v obci. Pokud tomu tak není, může časem dojít k nezákonnému napojování srážkových vod do oddílné splaškové kanalizace.

Při návrhu technologie čistírny a určení emisních standardů na odtoku z ČOV se vychází z nařízení vlády č. 401/2015 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech.

Doporučená technologie ČOV pro obce do 2000 EO je popsána od přítoku na čistírně odpadních vod, přes mechanické předčištění, biologické čištění až po kalové hospodářství včetně návrhových parametrů pro výpočet jednotlivých objektů. Řešení přítoku na ČOV a návrh technologie mechanického předčištění a biologického čištění je popsán zvlášť pro splaškovou kanalizaci a pro tlakovou a podtlakovou kanalizaci. Při návrhu čistírny odpadních vod se má zvažovat možnost jejího kapacitního rozšíření nad navrhované maximální zatížení z důvodu splnění výhledově přísnějších požadavků na jakost vyčištěné vody.

Doporučením k technologii čištění odpadních vod je návrh metodiky energetického hodnocení ČOV a možnosti řešení problematiky odstraňování zápachu, které nejsou v normách řešeny a pomůžou provozovateli a projektantovi při návrhu ČOV.

8 IMPLEMENTACE A DŮSLEDKY MODIFIKACE PARAMETRŮ

Návrhové parametry ČOV slouží především pro výpočet hydraulického a látkového zatížení čistírny odpadních vod, ze kterého se počítají objemy nádrží stavebních objektů, technologického vybavení stavebních objektů, návrh strojního zařízení, výpočet návrhových charakteristik potrubí, žlabů a ostatního stavebně - strojního vybavení ČOV. Ať už se jedná o plánovanou rekonstrukci, intenzifikaci či posouzení ČOV, jsou návrhové parametry primárním ukazatelem výpočtu.

8.1 HLAVNÍ CÍLE IMPLEMENTACE

Cílem výpočtu je srovnání nově navržených ČOV podle normových parametrů (dle ČSN 75 6401 a ČSN 75 6402) a modifikovaných parametrů. Cílem implementace je také doporučení k používání návrhových parametrů při výpočtu ČOV pro zvolené velikostní kategorie ČOV a pro různé systémy odkanalizování.

8.1.1 Návrhové parametry a kategorie ČOV

Výpočet mechanicko-biologických čistíren odpadních vod vychází z návrhových parametrů, mezi které patří specifická produkce odpadní vody, specifická produkce znečištění. Provedený výpočet ČOV zahrnuje objemy hlavních nádrží, produkci kalu na ČOV, vnos znečištění a ostatní doplňující výpočty.

Návrhové parametry ČOV:

- specifická produkce odpadní vody,
- produkce znečištění pro ukazatele BSK_5 , $CHSK_{Cr}$, NL , N_c a P_c bez redukce zatížení a s redukcí zatížení podle ČSN 75 6401 a ČSN 75 6402.

Výpočet ČOV:

- přítok odpadní vody na ČOV: průměrný denní Q_{24} , maximální denní Q_d , maximální hodinový Q_h a minimální hodinový Q_{min} ,
- plocha a objemy hlavních objektů ČOV: čerpací stanice, lapák písku, aktivační nádrž, usazovací nádrž, uskladňovací nádrž na kal,
- produkce a množství přebytečného a zahuštěného kalu na ČOV,
- vnos znečištění do recipientu pro ukazatele: BSK_5 , $CHSK_{Cr}$, NL , N_c a P_c ,
- ostatní výpočtové vztahy.

Vzájemné posouzení zažitých návrhových parametrů a modifikovaných parametrů je provedeno pro splaškovou, tlakovou a podtlakovou kanalizaci. **Výpočet je proveden pro nejčastěji používané návrhové parametry označené jako typ ČOV „A“ až „C“ a modifikované návrhové parametry označené jako typ ČOV „D“ až „F“.** **Výpočet ČOV typu „D“ až „F“ je proveden pro všechny způsoby odkanalizování z důvodu celkového porovnání.** Popis návrhových parametrů ČOV je uvedený v Tab. 35 pro zvolené velikostní kategorie 250, 500, 1000, 1500 a 2000 EO.

Tab. 35 Návrhové parametry ČOV pro vzájemné posouzení

Označení ČOV	Popis návrhových parametrů
Typ „A“	<u>Návrh podle ČSN</u> : specifická produkce vody 100 l.os ⁻¹ .den ⁻¹ ; produkce znečištění podle ČSN 75 6401, ČSN 75 6402 (Tab. 9); balastní vody 5 %.
Typ „B“	<u>Návrh podle ČSN</u> : specifická produkce vody 120 l.os ⁻¹ .den ⁻¹ ; produkce znečištění podle ČSN 75 6401, ČSN 75 6402 (Tab. 9); balastní vody 5 %.
Typ „C“	<u>Návrh podle ČSN</u> : specifická produkce vody 120 l.os ⁻¹ .den ⁻¹ (u ČOV do 500 EO) nebo 150 l.os ⁻¹ .den ⁻¹ (u ČOV 500-2000 EO); produkce znečištění (Tab. 9) s redukcí 15 % pro ČOV 500-2000 EO (ČSN 75 6401) nebo 25 % pro ČOV do 500 EO (ČSN 75 6402); balastní vody 5 %.
Typ „D“	<u>Návrh podle modifikace</u> : specifická produkce vody 90 l.os ⁻¹ .den ⁻¹ ; produkce znečištění podle Tab. 31; balastní vody 5 %.
Typ „E“	<u>Návrh podle modifikace</u> : specifická produkce vody 100 l.os ⁻¹ .den ⁻¹ ; produkce znečištění podle Tab. 31; balastní vody 5 %.
Typ „F“	<u>Návrh podle modifikace</u> : specifická produkce vody 120 l.os ⁻¹ .den ⁻¹ ; produkce znečištění podle Tab. 31; balastní vody 5 %.

8.1.2 Volená technologie čištění odpadních vod

Navržená technologie čištění odpadních vod pro fiktivní ČOV je popsána v kapitole 7.3 *Doporučení při návrhu aktivační technologie ČOV*. Jedná se o nízkozatěžovaný proces s aerobní stabilizací kalu. Hlavní návrhové parametry jednotlivých objektů jsou popsány v následujících kapitolách a vycházejí z ČSN 75 6402, ČSN 75 6401 a TNV 75 6613 (Návrhování aeračních systémů ČOV - Pneumatická aerace).

Přítok

Přítok odpadních vod na splaškové kanalizaci je zaústěn na ČOV do mokré čerpací stanice, na tlakové kanalizaci před strojní česle a podtlakové kanalizaci do sběrné stanice s výtlakem před strojní česle. Návrhovými parametry čerpací stanice jsou:

- koeficienty denní a hodinové nerovnoměrnosti převzaty z norem,
- návrhový přítok pro určení objemu čerpací stanice Q_{24} ,
- bezpečnostní hodinová havarijní rezerva v čerpací stanici $\Theta_{\text{ČS}} = 8$ hod.

Mechanické předčištění

Mechanické předčištění tvoří objekt strojně stíraných česlí a vertikální lapák písku (neprovzdušňovaný). Návrhovými parametry lapáku písku jsou:

- doba zdržení $\Theta_{\text{LP}} = 30$ s,
- hydraulické povrchové zatížení hladiny $u = 180 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{hod}^{-1}$.

Biologické čištění

V biologickém stupni ČOV se nachází aktivační a dosazovací nádrž. Návrhovými parametry aktivační nádrže jsou:

- koncentrace kalu $X_{\text{AN}} = 4 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$,
- množství BSK₅ v NL pro nízkozatěžovaný stupeň = 0,2 mg.l⁻¹,

- minimální teplota $T = 8 \text{ °C}$ (pro ČOV do 5000 EO),
- látkové zatížení s maximální hodnotou $B_x = 0,05 \text{ kg.kg}^{-1}.\text{den}^{-1}$ pro splnění požadavku stáří kalu $> 25 \text{ d}$,
- recirkulace kalu $R = 150 \%$,
- koncentrace dusíku v přebytečném kalu 6% ,
- podíl organické sušiny 60% ,
- koeficient využití kyslíku pro jemnobublinnou aeraci (autor Krampe) $\alpha = 0,7$,
- koeficient endogenní respirace $k_{re} = 0,1 \text{ kg O}_2.\text{den}^{-1}$,
- saturační koncentrace kyslíku při teplotě $10\text{°C} = 11,3 \text{ mg.l}^{-1}$,
- saturační koncentrace kyslíku při teplotě $18\text{°C} = 9,5 \text{ mg.l}^{-1}$,
- zbytková koncentrace kyslíku $0,5 \text{ mg.l}^{-1}$,
- součinitel nerovnoměrnosti oxygenační kapacity $k_h = 1,1$,
- hloubka aktivační nádrže $h_{AN} = 4,5 \text{ m}$,
- přenos kyslíku na metr hloubky $= 12 \text{ g.m}^{-3}$.

Návrhovými parametry dosazovací nádrže jsou:

- koncentrace kalu v dosazovací nádrži $X_{DN} = 5 \text{ kg.m}^{-3}$,
- hydraulické zatížení dosazovací nádrže $u = 1,0 \text{ m}^3.\text{m}^{-2}.\text{hod}^{-1}$,
- zatížení hladiny nerozpuštěnými látkami $NL = 6 \text{ kg.m}^{-2}.\text{hod}^{-1}$,
- kalový index $= 100 \text{ mg.l}^{-1}$.

Kalové hospodářství

V kalovém hospodářství jsou hlavním stavebním objektem uskladňovací kalové nádrže. Zde dochází k dostabilizaci kalu a jeho zahuštění. Návrhovými parametry provzdušňované uskladňovací nádrže kalu jsou:

- předpokládané zahuštění kalu v nádrži $X_{ZAH} = 3 \%$,
- koncentrace kalu z dosazovací nádrže: $X_{DN-ZAH} = 7 \text{ kg.m}^{-3}$,
- potřebná doba uskladnění kalu $\Theta_{ZAH} = 30 \text{ dnů}$ (provzdušňovaná nádrž).

Odtok

Odtok z čistírny je řešen přes měrný objekt, kde dochází k odběru vzorků odpadní vody. Výpočtem jsou určeny hodnoty vnosu znečištění hlídaných ukazatelů kvality vody na odtoku v tunách za rok.

8.2 VÝPOČET ČOV S MODIFIKOVANÝMI PARAMETRY

Srovnání hydrotechnického výpočtu navržených ČOV je provedeno pro normové a modifikované hodnoty návrhových parametrů uvedených v Tab. 36 až Tab. 47.

8.2.1 Výpočet ČOV s normovými hodnotami

Výpočet čistíren odpadních vod pomocí normových parametrů je proveden pro typy ČOV „A“ až „C“ pro zvolené kategorie EO v Tab. 36 až Tab. 38. Návrhové normové hodnoty pro výpočet ČOV jsou stejné pro všechny typy odkanalizování (stávající či

nový způsob navrhování ČOV). V Tab. 36 až Tab. 38 je uveden výpočet objemu čerpací stanice na splaškové kanalizaci, tlaková kanalizace je bez čerpací stanice a na podtlakové kanalizaci je uveden objem podtlakové stanice.

Tab. 36 Návrh normové ČOV typu „A“ pro zvolené kategorie EO pro všechny typy odkanalizování

Výpočtový parametr	Jednotky	Navrhované kategorie ČOV pro EO				
		250	500	1000	1500	2000
Látkové zatížení						
Zatížení na přítoku BSK ₅	kg.den ⁻¹	15,0	30,0	60,0	90,0	120,0
Zatížení na přítoku CHSK _{Cr}	kg.den ⁻¹	30,0	60,0	120,0	180	240,0
Zatížení na přítoku NL	kg.den ⁻¹	13,8	27,5	55,0	82,50	110,0
Zatížení na přítoku N _c	kg.den ⁻¹	2,8	5,5	11,0	16,5	22,0
Zatížení na přítoku P _c	kg.den ⁻¹	0,63	1,25	2,50	3,75	5,00
Hydraulické zatížení						
Průměrný denní přítok Q ₂₄	m ³ .den ⁻¹	26,3	52,5	105,0	157,5	210,0
Maximální denní přítok Q _d	m ³ .den ⁻¹	38,8	77,5	155,0	232,5	310,0
Maximální hodinový přítok Q _h	m ³ .hod ⁻¹	7,51	8,23	13,96	20,47	26,67
Minimální hodinový přítok Q _{min}	m ³ .hod ⁻¹	0,05	0,10	2,71	4,06	5,42
Plocha a objemy hlavních nádrží						
Objem čerpací stanice V _{ČS}	m ³	7,9	17,5	35,0	52,5	70,0
Objem podtlakové nádrže V _{PS}	m ³	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0
Průměr lapáku písku D _{LP}	m	0,45	0,6	0,8	0,8	1,0
Objem aktivační nádrže V _{AN}	m ³	83,3	166,7	333,3	500,0	666,7
Plocha dosazovací nádrže S _{DN}	m ²	9,2	11,5	20,5	30,3	39,8
Objem dosazovací nádrže V _{DN}	m ³	36,6	46,0	82,1	121,3	159,2
Objem uskladňovací nádrže V _{UN}	m ³	10,9	19,9	44,9	67,4	89,9
Ostatní výpočty						
Stáří kalu Θ _x	dny	26,1	26,1	26,1	26,1	26,1
Celková účinnost E _c	%	93,0	93,0	94,8	94,8	94,8
Spotřeba kyslíku OS	kg O ₂ .den ⁻¹	48,3	96,7	193,3	290,5	387,3
Standardní oxygenační kapacita OC	kg O ₂ .hod ⁻¹	3,42	6,9	13,7	20,6	27,4
Požadované množství vzduchu Q _{VZD}	m ³ .hod ⁻¹	66,4	132,7	265,8	398,7	531,5
Předpokládaný odnos znečištění z ČOV						
Vnos znečištění do recipientu BSK ₅	t.rok ⁻¹	0,38	0,77	1,15	1,72	2,30
Vnos znečištění do recipientu CHSK _{Cr}	t.rok ⁻¹	1,44	2,87	4,79	7,19	9,58
Vnos znečištění do recipientu NL	t.rok ⁻¹	0,48	0,96	1,53	2,30	3,07
Vnos znečištění do recipientu NH ₄ ⁺	t.rok ⁻¹	-	-	0,77	1,15	1,53
Množství produkovaného kalu na ČOV						
Specifická produkce kalu Y _{OBS}	kg.den ⁻¹	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
Produkce přebytečného kalu P _{PRK}	kg.den ⁻¹	12,78	25,57	51,13	76,70	102,3
Množství přebytečného kalu V _{PRK}	m ³ .den ⁻¹	1,55	3,10	6,42	9,63	12,84
Množství vratného kalu Q _R	m ³ .hod ⁻¹	2,42	4,84	9,69	14,53	19,38
Množství zahuštěného kalu V _{ZAHK}	m ³ .den ⁻¹	0,36	0,72	1,50	2,25	3,00

Tab. 37 Návrh normové ČOV typu „B“ pro zvolené kategorie EO pro všechny typy odkanalizování

Výpočtový parametr	Jednotky	Navrhované kategorie ČOV pro EO				
		250	500	1000	1500	2000
Látkové zatížení						
Zatížení na přítoku BSK ₅	kg.den ⁻¹	15,0	30,0	60,0	90,0	120,0
Zatížení na přítoku CHSK _{Cr}	kg.den ⁻¹	30,0	60,0	120,0	180,0	240,0
Zatížení na přítoku NL	kg.den ⁻¹	13,8	27,5	55,0	82,5	110,0
Zatížení na přítoku N _c	kg.den ⁻¹	2,8	5,5	11,0	16,5	22,0
Zatížení na přítoku P _c	kg.den ⁻¹	0,63	1,25	2,50	3,75	5,00
Hydraulické zatížení						
Průměrný denní přítok Q ₂₄	m ³ .den ⁻¹	31,5	63,0	126,0	189,0	252,0
Maximální denní přítok Q _d	m ³ .den ⁻¹	46,5	93,0	186,0	279,0	372,0
Maximální hodinový přítok Q _h	m ³ .hod ⁻¹	9,02	9,88	16,75	24,56	32,00
Minimální hodinový přítok Q _{min}	m ³ .hod ⁻¹	0,06	0,13	3,25	4,88	6,50
Plocha a objemy hlavních nádrží						
Objem čerpací stanice V _{ČS}	m ³	10,5	21,0	42,0	63,0	84,0
Objem podtlakové nádrže V _{PS}	m ³	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0
Průměr lapáku písku D _{LP}	m	0,6	0,6	0,8	0,8	1,0
Objem aktivační nádrže V _{AN}	m ³	83,3	166,7	333,3	500	666,7
Plocha dosazovací nádrže S _{DN}	m ²	11,0	13,8	24,6	36,4	47,8
Objem dosazovací nádrže V _{DN}	m ³	43,9	55,3	98,5	145,5	191,0
Objem uskladňovací nádrže V _{UN}	m ³	10,5	20,9	43,7	65,5	87,4
Ostatní výpočty						
Stáří kalu Θ _x	dny	26,1	26,1	26,1	26,1	26,1
Celková účinnost E _c	%	91,6	91,6	93,7	93,7	93,7
Spotřeba kyslíku OS	kg O ₂ .den ⁻¹	48,3	96,6	193,5	290,3	387,0
Standardní oxygenační kapacita OC	kg O ₂ .hod ⁻¹	3,4	6,8	13,7	20,6	27,4
Požadované množství vzduchu Q _{VZD}	m ³ .hod ⁻¹	66,3	132,5	265,6	398,3	531,1
Předpokládaný odnos znečištění z ČOV						
Vnos znečištění do recipientu BSK ₅	t.rok ⁻¹	0,46	0,92	1,38	2,07	2,76
Vnos znečištění do recipientu CHSK _{Cr}	t.rok ⁻¹	1,72	3,45	5,75	8,62	11,50
Vnos znečištění do recipientu NL	t.rok ⁻¹	0,57	1,15	1,84	2,76	3,68
Vnos znečištění do recipientu NH ₄ ⁺	t.rok ⁻¹	-	-	0,92	1,38	1,84
Množství produkovaného kalu na ČOV						
Specifická produkce kalu Y _{OBS}	kg.den ⁻¹	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
Produkce přebytečného kalu P _{PRK}	kg.den ⁻¹	12,78	25,57	51,13	76,70	102,3
Množství přebytečného kalu V _{PRK}	m ³ .den ⁻¹	1,49	2,99	6,24	9,36	12,48
Množství vratného kalu Q _R	m ³ .hod ⁻¹	2,91	5,81	11,63	17,44	23,25
Množství zahuštěného kalu V _{ZAHK}	m ³ .den ⁻¹	0,35	0,70	1,46	2,18	2,91

Uplatnění redukce znečištění využívají jen někteří projektanti. Použití redukce je v normě zakotveno v procentech bez dalšího vysvětlení a uvedená hodnota je stejná pro všechny návrhové ukazatele kvality vody.

Tab. 38 Návrh normové ČOV typu „C“ pro zvolené kategorie EO pro všechny typy odkanalizování

Výpočtový parametr	Jednotky	Navrhované kategorie ČOV pro EO				
		250	500	1000	1500	2000
Látkové zatížení						
Zatížení na přítoku BSK ₅	kg.den ⁻¹	11,3	22,5	51,0	76,5	102,0
Zatížení na přítoku CHSK _{Cr}	kg.den ⁻¹	22,5	45,0	102,0	153,0	204,0
Zatížení na přítoku NL	kg.den ⁻¹	10,3	20,6	46,8	70,1	93,5
Zatížení na přítoku N _c	kg.den ⁻¹	2,1	4,1	9,4	14,0	18,7
Zatížení na přítoku P _c	kg.den ⁻¹	0,47	0,94	2,13	3,19	4,25
Hydraulické zatížení						
Průměrný denní přítok Q ₂₄	m ³ .den ⁻¹	31,5	63,0	157,5	236,3	315,0
Maximální denní přítok Q _d	m ³ .den ⁻¹	46,5	93,0	232,5	348,8	465,0
Maximální hodinový přítok Q _h	m ³ .hod ⁻¹	9,02	9,88	20,94	30,70	40,00
Minimální hodinový přítok Q _{min}	m ³ .hod ⁻¹	0,06	0,13	4,06	6,09	8,13
Plocha a objemy hlavních nádrží						
Objem čerpací stanice V _{ČS}	m ³	10,5	21,0	52,5	78,8	105,0
Objem podtlakové nádrže V _{PS}	m ³	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0
Průměr lapáku písku D _{LP}	m	0,6	0,6	0,8	1,0	1,2
Objem aktivační nádrže V _{AN}	m ³	62,5	125,0	283,9	425,0	566,7
Plocha dosazovací nádrže S _{DN}	m ²	11,0	13,8	30,8	45,5	59,7
Objem dosazovací nádrže V _{DN}	m ³	43,9	55,3	123,1	181,9	238,8
Objem uskladňovací nádrže V _{UN}	m ³	7,3	14,5	34,2	51,3	68,3
Ostatní výpočty						
Stáří kalu Θ _x	dny	26,1	26,1	26,1	26,1	26,1
Celková účinnost E _c	%	88,8	88,8	90,7	90,7	90,7
Spotřeba kyslíku OS	kg O ₂ .den ⁻¹	36,1	72,2	164,1	246,2	328,2
Standardní oxygenační kapacita OC	kg O ₂ .hod ⁻¹	2,6	5,1	11,6	17,4	23,2
Požadované množství vzduchu Q _{VZD}	m ³ .hod ⁻¹	49,6	99,2	225,2	337,8	450,5
Předpokládaný odnos znečištění z ČOV						
Vnos znečištění do recipientu BSK ₅	t.rok ⁻¹	0,46	0,92	1,72	2,59	3,45
Vnos znečištění do recipientu CHSK _{Cr}	t.rok ⁻¹	1,72	3,45	7,19	10,78	14,37
Vnos znečištění do recipientu NL	t.rok ⁻¹	0,57	1,15	2,30	3,45	4,60
Vnos znečištění do recipientu NH ₄ ⁺	t.rok ⁻¹	-	-	1,15	1,72	2,30
Množství produkovaného kalu na ČOV						
Specifická produkce kalu Y _{OBS}	kg.den ⁻¹	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
Produkce přebytečného kalu P _{PRK}	kg.den ⁻¹	9,59	19,18	43,46	65,20	86,93
Množství přebytečného kalu V _{PRK}	m ³ .den ⁻¹	1,04	2,08	4,88	7,32	9,76
Množství vratného kalu Q _R	m ³ .hod ⁻¹	2,91	5,81	14,50	21,80	29,06
Množství zahuštěného kalu V _{ZAHK}	m ³ .den ⁻¹	0,24	0,48	1,14	1,71	2,28

Nejčastěji navrhovanou variantou výpočtu nových ČOV je typ „C“ s použitím poloviční redukované hodnoty znečištění pro dané kategorie EO podle NV č. 401/2015 Sb. a dostatečnou rezervou specifické produkce odpadní vody.

8.2.2 Výpočet ČOV s modifikovanými hodnotami na splaškové kanalizaci

Výpočet ČOV pomocí modifikovaných parametrů na splaškové kanalizaci je proveden pro typ ČOV „D“ pro zvolené kategorie EO v Tab. 39 až Tab. 41.

Tab. 39 Návrh modifikované ČOV typu „D“ pro zvolené kategorie EO na splaškové kanalizaci

Výpočtový parametr	Jednotky	Navrhované kategorie ČOV pro EO				
		250	500	1000	1500	2000
Látkové zatížení						
Zatížení na přítoku BSK ₅	kg.den ⁻¹	12,5	25,0	50,0	75,0	100,0
Zatížení na přítoku CHSK _{Cr}	kg.den ⁻¹	25,0	50,0	100,0	150,0	200,0
Zatížení na přítoku NL	kg.den ⁻¹	11,3	22,5	45,0	67,5	90,0
Zatížení na přítoku N _c	kg.den ⁻¹	3,0	6,0	12,0	18,0	24,0
Zatížení na přítoku P _c	kg.den ⁻¹	0,35	0,70	1,40	2,10	2,80
Hydraulické zatížení						
Průměrný denní přítok Q ₂₄	m ³ .den ⁻¹	23,6	47,3	94,5	141,8	189,0
Maximální denní přítok Q _d	m ³ .den ⁻¹	34,9	69,8	139,5	209,3	279,0
Maximální hodinový přítok Q _h	m ³ .hod ⁻¹	6,76	7,41	12,56	18,42	24,00
Minimální hodinový přítok Q _{min}	m ³ .hod ⁻¹	0,05	0,09	2,44	3,66	4,88
Plocha a objemy hlavních nádrží						
Objem čerpací stanice V _{ČS}	m ³	7,9	15,8	31,5	47,3	63,0
Průměr lapáku písku D _{LP}	m	-	0,6	0,6	0,8	1,0
Objem aktivační nádrže V _{AN}	m ³	66,5	133,0	266,0	398,9	531,9
Plocha dosazovací nádrže S _{DN}	m ²	8,2	10,4	18,5	27,3	35,8
Objem dosazovací nádrže V _{DN}	m ³	32,9	41,4	73,9	109,1	143,3
Objem uskladňovací nádrže V _{UN}	m ³	8,8	17,6	36,5	54,8	73,1
Ostatní výpočty						
Stáří kalu Θ _x	dny	25,3	25,3	25,3	25,3	25,3
Celková účinnost E _c	%	92,4	92,4	94,3	94,3	94,3
Spotřeba kyslíku OS	kg O ₂ .den ⁻¹	40,6	83,1	166,5	249,7	332,9
Standardní oxygenační kapacita OC	kg O ₂ .hod ⁻¹	2,9	5,9	11,8	17,7	23,6
Požadované množství vzduchu Q _{VZD}	m ³ .hod ⁻¹	57,0	114,1	228,5	342,7	456,9
Předpokládaný odnos znečištění z ČOV						
Vnos znečištění do recipientu BSK ₅	t.rok ⁻¹	0,34	0,69	1,03	1,55	2,07
Vnos znečištění do recipientu CHSK _{Cr}	t.rok ⁻¹	1,29	2,59	4,31	6,47	8,62
Vnos znečištění do recipientu NL	t.rok ⁻¹	0,43	0,86	1,38	2,07	2,76
Vnos znečištění do recipientu NH ₄ ⁺	t.rok ⁻¹	-	-	0,69	1,03	1,38
Množství produkovaného kalu na ČOV						
Specifická produkce kalu Y _{OBS}	kg.den ⁻¹	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84
Produkce přebytečného kalu P _{PRK}	kg.den ⁻¹	10,53	21,06	42,11	63,17	84,22
Množství přebytečného kalu V _{PRK}	m ³ .den ⁻¹	1,25	2,51	5,22	7,83	10,44
Množství vratného kalu Q _R	m ³ .hod ⁻¹	2,18	4,36	8,72	13,08	17,44
Množství zahuštěného kalu V _{ZAHK}	m ³ .den ⁻¹	0,29	0,59	1,22	1,83	2,44

Tab. 40 Návrh modifikované ČOV typu „E“ pro zvolené kategorie EO na splaškové kanalizaci

Výpočtový parametr	Jednotky	Navrhované kategorie ČOV pro EO				
		250	500	1000	1500	2000
Látkové zatížení						
Zatížení na přítoku BSK ₅	kg.den ⁻¹	12,5	25,0	50,0	75,0	100,0
Zatížení na přítoku CHSK _{Cr}	kg.den ⁻¹	25,0	50,0	100,0	150,0	200,0
Zatížení na přítoku NL	kg.den ⁻¹	11,3	22,5	45,0	67,5	90,0
Zatížení na přítoku N _c	kg.den ⁻¹	3,0	6,0	12,0	18,0	24,0
Zatížení na přítoku P _c	kg.den ⁻¹	0,35	0,70	1,40	2,10	2,80
Hydraulické zatížení						
Průměrný denní přítok Q ₂₄	m ³ .den ⁻¹	26,3	52,5	105,0	157,5	210,0
Maximální denní přítok Q _d	m ³ .den ⁻¹	38,8	77,5	155,0	232,5	310,0
Maximální hodinový přítok Q _h	m ³ .hod ⁻¹	7,51	8,23	13,96	20,47	26,67
Minimální hodinový přítok Q _{min}	m ³ .hod ⁻¹	0,05	0,10	2,71	4,06	5,42
Plocha a objemy hlavních nádrží						
Objem čerpací stanice V _{ČS}	m ³	8,8	17,5	35,0	52,5	70,0
Průměr lapáku písku D _{LP}	m	-	0,6	0,8	0,8	1,0
Objem aktivační nádrže V _{AN}	m ³	66,5	133,0	266,0	398,9	531,9
Plocha dosazovací nádrže S _{DN}	m ²	9,2	11,5	20,5	30,3	39,8
Objem dosazovací nádrže V _{DN}	m ³	36,6	46,0	82,1	121,3	159,2
Objem uskladňovací nádrže V _{UN}	m ³	8,6	17,2	35,9	53,9	71,8
Ostatní výpočty						
Stáří kalu Θ _x	dny	25,3	25,3	25,3	25,3	25,3
Celková účinnost E _c	%	91,6	91,6	93,7	93,7	93,7
Spotřeba kyslíku OS	kg O ₂ .den ⁻¹	41,6	83,5	166,4	249,6	332,8
Standardní oxygenační kapacita OC	kg O ₂ .hod ⁻¹	2,9	5,9	11,8	17,7	23,6
Požadované množství vzduchu Q _{VZD}	m ³ .hod ⁻¹	57,0	114,0	228,3	342,5	456,7
Předpokládaný odnos znečištění z ČOV						
Vnos znečištění do recipientu BSK ₅	t.rok ⁻¹	0,38	0,77	1,15	1,72	2,30
Vnos znečištění do recipientu CHSK _{Cr}	t.rok ⁻¹	1,44	2,87	4,79	7,19	9,58
Vnos znečištění do recipientu NL	t.rok ⁻¹	0,48	0,96	1,53	2,30	3,07
Vnos znečištění do recipientu NH ₄ ⁺	t.rok ⁻¹	-	-	0,77	1,15	1,53
Množství produkovaného kalu na ČOV						
Specifická produkce kalu Y _{OBS}	kg.den ⁻¹	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84
Produkce přebytečného kalu P _{PŘK}	kg.den ⁻¹	10,53	21,06	42,11	63,17	84,22
Množství přebytečného kalu V _{PŘK}	m ³ .den ⁻¹	1,23	2,45	5,13	7,70	10,26
Množství vratného kalu Q _R	m ³ .hod ⁻¹	2,42	4,84	9,69	14,53	19,4
Množství zahuštěného kalu V _{ZAHK}	m ³ .den ⁻¹	0,29	0,57	1,20	1,80	2,39

Pro určení objem čerpací stanice na ČOV je zapotřebí znát technické standardy provozovatele, které definují návrhový průtok. Obvykle je různý požadavek provozovatele na kanalizaci gravitační jednotnou a gravitační oddílnou splaškovou pro dobu zdržení odpadní vody v čerpací jímce.

Tab. 41 Návrh modifikované ČOV typu „F“ pro zvolené kategorie EO na splaškové kanalizaci

Výpočtový parametr	Jednotky	Navrhované kategorie ČOV pro EO				
		250	500	1000	1500	2000
Látkové zatížení						
Zatížení na přítoku BSK ₅	kg.den ⁻¹	12,5	25,0	50,0	75,0	100,0
Zatížení na přítoku CHSK _{Cr}	kg.den ⁻¹	25,0	50,0	100,0	150,0	200,0
Zatížení na přítoku NL	kg.den ⁻¹	11,3	22,5	45,0	67,5	90,0
Zatížení na přítoku N _c	kg.den ⁻¹	3,0	6,0	12,0	18,0	24,0
Zatížení na přítoku P _c	kg.den ⁻¹	0,35	0,70	1,40	2,10	2,80
Hydraulické zatížení						
Průměrný denní přítok Q ₂₄	m ³ .den ⁻¹	31,5	63,0	126,0	189,0	252,0
Maximální denní přítok Q _d	m ³ .den ⁻¹	46,5	93,0	186,0	279,0	372,0
Maximální hodinový přítok Q _h	m ³ .hod ⁻¹	9,02	9,88	16,75	24,56	32,00
Minimální hodinový přítok Q _{min}	m ³ .hod ⁻¹	0,06	0,13	3,25	4,88	6,50
Plocha a objemy hlavních nádrží						
Objem čerpací stanice V _{ČS}	m ³	10,5	21,0	42,0	63,0	84,0
Průměr lapáku písku D _{LP}	m	-	0,6	0,8	1,0	1,0
Objem aktivační nádrže V _{AN}	m ³	66,5	133,0	266,0	399,9	531,9
Plocha dosazovací nádrže S _{DN}	m ²	11,0	13,8	24,6	36,4	47,8
Objem dosazovací nádrže V _{DN}	m ³	43,9	55,3	98,5	145,5	191,0
Objem uskladňovací nádrže V _{UN}	m ³	8,2	16,4	34,7	52,0	69,3
Ostatní výpočty						
Stáří kalu Θ _x	dny	25,3	25,3	25,3	25,3	25,3
Celková účinnost E _c	%	90,0	90,0	92,4	92,4	92,4
Spotřeba kyslíku OS	kg O ₂ .den ⁻¹	41,5	82,9	166,2	249,4	332,5
Standardní oxygenační kapacita OC	kg O ₂ .hod ⁻¹	2,9	5,9	11,8	17,7	23,5
Požadované množství vzduchu Q _{VZD}	m ³ .hod ⁻¹	56,9	113,8	228,1	342,2	456,3
Předpokládaný odnos znečištění z ČOV						
Vnos znečištění do recipientu BSK ₅	t.rok ⁻¹	0,46	0,92	1,38	2,07	2,76
Vnos znečištění do recipientu CHSK _{Cr}	t.rok ⁻¹	1,72	3,45	5,75	8,62	11,50
Vnos znečištění do recipientu NL	t.rok ⁻¹	0,57	1,15	1,84	2,76	3,68
Vnos znečištění do recipientu NH ₄ ⁺	t.rok ⁻¹	-	-	0,92	1,38	1,84
Množství produkovaného kalu na ČOV						
Specifická produkce kalu Y _{OBS}	kg.den ⁻¹	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84
Produkce přebytečného kalu P _{PŘK}	kg.den ⁻¹	10,53	21,06	42,11	63,17	84,22
Množství přebytečného kalu V _{PŘK}	m ³ .den ⁻¹	1,17	2,34	4,95	7,43	9,91
Množství vratného kalu Q _R	m ³ .hod ⁻¹	2,91	5,81	11,63	17,4	23,25
Množství zahuštěného kalu V _{ZAHK}	m ³ .den ⁻¹	0,27	0,55	1,16	1,73	2,31

Návrhová modifikovaná hodnota specifické produkce odpadní vody 120 l.os⁻¹.den⁻¹ pro splaškovou kanalizaci v sobě zahrnuje množství 26 % balastních vod oproti doporučené produkci vody 100 l.os⁻¹.den⁻¹ při hodnotě balastních vod 5 %. Hodnota produkce vody 120 l.os⁻¹.den⁻¹ je použita pro komparaci s ČOV typu „C“.

8.2.3 Výpočet ČOV s modifikovanými hodnotami na tlakové kanalizaci

Výpočet ČOV pomocí modifikovaných parametrů na tlakové kanalizaci je proveden pro typy ČOV „D“ až „E“ pro zvolené kategorie EO v Tab. 42 až Tab. 44.

Tab. 42 Návrh modifikované ČOV typu „D“ pro zvolené kategorie EO na tlakové kanalizaci

Výpočtový parametr	Jednotky	Navrhované kategorie ČOV pro EO				
		250	500	1000	1500	2000
Látkové zatížení						
Zatížení na přítoku BSK ₅	kg.den ⁻¹	17,5	35,0	70,0	105,0	140,0
Zatížení na přítoku CHSK _{Cr}	kg.den ⁻¹	35,0	70,0	140,0	210,0	260,0
Zatížení na přítoku NL	kg.den ⁻¹	18,8	37,5	75,0	112,5	150,0
Zatížení na přítoku N _c	kg.den ⁻¹	3,75	7,5	15,0	22,5	30,0
Zatížení na přítoku P _c	kg.den ⁻¹	0,4	0,8	1,6	2,4	3,2
Hydraulické zatížení						
Průměrný denní přítok Q ₂₄	m ³ .den ⁻¹	23,6	47,3	94,5	141,8	189,0
Maximální denní přítok Q _d	m ³ .den ⁻¹	34,9	69,8	139,5	209,3	279,0
Maximální hodinový přítok Q _h	m ³ .hod ⁻¹	6,76	7,41	12,56	18,42	24,00
Minimální hodinový přítok Q _{min}	m ³ .hod ⁻¹	0,05	0,09	2,44	3,66	4,88
Plocha a objemy hlavních nádrží						
Objem čerpací stanice V _{ČS}	m ³	-	-	-	-	-
Průměr lapáku písku D _{LP}	m	-	0,6	0,6	0,8	1,0
Objem aktivační nádrže V _{AN}	m ³	104,2	208,3	416,7	625,0	833,3
Plocha dosazovací nádrže S _{DN}	m ²	8,2	10,4	18,5	27,3	35,8
Objem dosazovací nádrže V _{DN}	m ³	33,0	41,4	73,9	109,1	143,3
Objem uskladňovací nádrže V _{UN}	m ³	14,8	29,6	60,6	90,9	121,2
Ostatní výpočty						
Stáří kalu Θ _x	dny	25,2	25,2	25,2	25,2	25,2
Celková účinnost E _c	%	94,6	94,6	96,0	96,0	96,0
Spotřeba kyslíku OS	kg O ₂ .den ⁻¹	61,2	122,4	245,0	367,5	489,9
Standardní oxygenační kapacita OC	kg O ₂ .hod ⁻¹	4,3	8,7	17,4	26,0	34,7
Požadované množství vzduchu Q _{VZD}	m ³ .hod ⁻¹	84,0	167,9	336,2	504,3	672,4
Předpokládaný odnos znečištění z ČOV						
Vnos znečištění do recipientu BSK ₅	t.rok ⁻¹	0,34	0,69	1,03	1,55	2,07
Vnos znečištění do recipientu CHSK _{Cr}	t.rok ⁻¹	1,29	2,59	4,31	6,47	8,62
Vnos znečištění do recipientu NL	t.rok ⁻¹	0,43	0,86	1,38	2,07	2,76
Vnos znečištění do recipientu NH ₄ ⁺	t.rok ⁻¹	-	-	0,69	1,03	1,38
Množství produkovaného kalu na ČOV						
Specifická produkce kalu Y _{OBS}	kg.den ⁻¹	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Produkce přebytečného kalu P _{PRK}	kg.den ⁻¹	16,54	33,08	66,16	99,23	132,3
Množství přebytečného kalu V _{PRK}	m ³ .den ⁻¹	2,11	4,23	8,65	12,98	17,31
Množství vratného kalu Q _R	m ³ .hod ⁻¹	2,18	4,36	8,72	13,08	17,44
Množství zahuštěného kalu V _{ZAHK}	m ³ .den ⁻¹	0,49	0,99	2,02	3,03	4,04

Norma nerozlišuje prokazatelně horší kvalitu odpadní vody přitékající na ČOV z alternativních systémů odkanalizování. Při návrhu ČOV na tlakové kanalizaci by projektanti v současné době neměli redukovat specifickou hodnotu znečištění.

Tab. 43 Návrh modifikované ČOV typu „E“ pro zvolené kategorie EO na tlakové kanalizaci

Výpočtový parametr	Jednotky	Navrhované kategorie ČOV pro EO				
		250	500	1000	1500	2000
Látkové zatížení						
Zatížení na přítoku BSK ₅	kg.den ⁻¹	17,5	35,0	70,0	105,0	140,0
Zatížení na přítoku CHSK _{Cr}	kg.den ⁻¹	35,0	70,0	140,0	210,0	260,0
Zatížení na přítoku NL	kg.den ⁻¹	18,8	37,5	75,0	112,5	150,0
Zatížení na přítoku N _c	kg.den ⁻¹	3,75	7,5	15,0	22,5	30,0
Zatížení na přítoku P _c	kg.den ⁻¹	0,4	0,8	1,6	2,4	3,2
Hydraulické zatížení						
Průměrný denní přítok Q ₂₄	m ³ .den ⁻¹	26,3	52,5	105,0	157,5	210,0
Maximální denní přítok Q _d	m ³ .den ⁻¹	38,8	77,5	155,0	232,5	310,0
Maximální hodinový přítok Q _h	m ³ .hod ⁻¹	7,51	8,23	13,96	20,47	26,67
Minimální hodinový přítok Q _{min}	m ³ .hod ⁻¹	0,05	0,10	2,71	4,06	5,42
Plocha a objemy hlavních nádrží						
Objem čerpací stanice V _{ČS}	m ³	-	-	-	-	-
Průměr lapáku písku D _{LP}	m	-	0,6	0,8	0,8	1,0
Objem aktivační nádrže V _{AN}	m ³	104,2	208,3	416,7	625,0	833,3
Plocha dosazovací nádrže S _{DN}	m ²	8,2	11,5	20,5	30,3	39,8
Objem dosazovací nádrže V _{DN}	m ³	33,0	46,0	82,1	121,3	159,2
Objem uskladňovací nádrže V _{UN}	m ³	14,6	29,2	60,0	89,9	119,9
Ostatní výpočty						
Stáří kalu Θ _x	dny	25,2	25,2	25,2	25,2	25,2
Celková účinnost E _c	%	94,0	94,0	95,5	95,5	95,5
Spotřeba kyslíku OS	kg O ₂ .den ⁻¹	61,2	122,3	244,9	367,3	489,8
Standardní oxygenační kapacita OC	kg O ₂ .hod ⁻¹	4,3	8,7	17,3	26,1	34,7
Požadované množství vzduchu Q _{VZD}	m ³ .hod ⁻¹	84,0	167,8	336,1	504,1	672,2
Předpokládaný odnos znečištění z ČOV						
Vnos znečištění do recipientu BSK ₅	t.rok ⁻¹	0,38	0,77	1,15	1,72	2,30
Vnos znečištění do recipientu CHSK _{Cr}	t.rok ⁻¹	1,44	2,87	4,79	7,19	9,58
Vnos znečištění do recipientu NL	t.rok ⁻¹	0,48	0,96	1,53	2,30	3,07
Vnos znečištění do recipientu NH ₄ ⁺	t.rok ⁻¹	-	-	0,77	1,15	1,53
Množství produkovaného kalu na ČOV						
Specifická produkce kalu Y _{OBS}	kg.den ⁻¹	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Produkce přebytečného kalu P _{PRK}	kg.den ⁻¹	16,54	33,08	66,16	99,23	132,3
Množství přebytečného kalu V _{PRK}	m ³ .den ⁻¹	2,09	4,84	8,57	12,85	17,13
Množství vratného kalu Q _R	m ³ .hod ⁻¹	2,42	4,84	9,69	14,53	19,38
Množství zahuštěného kalu V _{ZAHK}	m ³ .den ⁻¹	0,49	0,97	2,00	3,00	4,00

Tab. 44 Návrh modifikované ČOV typu „F“ pro zvolené kategorie EO na tlakové kanalizaci

Výpočtový parametr	Jednotky	Navrhované kategorie ČOV pro EO				
		250	500	1000	1500	2000
Látkové zatížení						
Zatížení na přítoku BSK ₅	kg.den ⁻¹	17,5	35,0	70,0	105,0	140,0
Zatížení na přítoku CHSK _{Cr}	kg.den ⁻¹	35,0	70,0	140,0	210,0	260,0
Zatížení na přítoku NL	kg.den ⁻¹	18,8	37,5	75,0	112,5	150,0
Zatížení na přítoku N _c	kg.den ⁻¹	3,75	7,5	15,0	22,5	30,0
Zatížení na přítoku P _c	kg.den ⁻¹	0,4	0,8	1,6	2,4	3,2
Hydraulické zatížení						
Průměrný denní přítok Q ₂₄	m ³ .den ⁻¹	31,5	63,0	126,0	189,0	252,0
Maximální denní přítok Q _d	m ³ .den ⁻¹	46,5	93,0	186,0	279,0	372,0
Maximální hodinový přítok Q _h	m ³ .hod ⁻¹	9,02	9,88	16,75	24,56	32,00
Minimální hodinový přítok Q _{min}	m ³ .hod ⁻¹	0,06	0,13	3,25	4,88	6,50
Plocha a objemy hlavních nádrží						
Objem čerpací stanice V _{ČS}	m ³	-	-	-	-	-
Průměr lapáku písku D _{LP}	m	-	0,6	0,8	1,0	1,0
Objem aktivační nádrže V _{AN}	m ³	104,2	208,3	416,7	625,0	833,3
Plocha dosazovací nádrže S _{DN}	m ²	11,0	13,8	24,6	36,4	47,8
Objem dosazovací nádrže V _{DN}	m ³	43,9	55,3	98,5	145,5	191,0
Objem uskladňovací nádrže V _{UN}	m ³	14,2	28,3	58,7	88,1	117,4
Ostatní výpočty						
Stáří kalu Θ _x	dny	25,2	25,2	25,2	25,2	25,2
Celková účinnost E _c	%	92,8	92,8	94,6	94,6	94,6
Spotřeba kyslíku OS	kg O ₂ .den ⁻¹	61,1	122,2	244,7	367,1	489,5
Standardní oxygenační kapacita OC	kg O ₂ .hod ⁻¹	4,3	8,7	17,3	26,0	34,7
Požadované množství vzduchu Q _{VZD}	m ³ .hod ⁻¹	83,9	167,7	335,9	503,8	671,7
Předpokládaný odnos znečištění z ČOV						
Vnos znečištění do recipientu BSK ₅	t.rok ⁻¹	0,46	0,92	1,38	2,07	2,76
Vnos znečištění do recipientu CHSK _{Cr}	t.rok ⁻¹	1,72	3,45	5,75	8,62	11,50
Vnos znečištění do recipientu NL	t.rok ⁻¹	0,57	1,15	1,84	2,76	3,68
Vnos znečištění do recipientu NH ₄ ⁺	t.rok ⁻¹	-	-	0,92	1,38	1,84
Množství produkovaného kalu na ČOV						
Specifická produkce kalu Y _{OBS}	kg.den ⁻¹	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Produkce přebytečného kalu P _{PŘK}	kg.den ⁻¹	16,54	33,08	66,16	99,23	132,3
Množství přebytečného kalu V _{PŘK}	m ³ .den ⁻¹	2,03	4,06	8,39	12,58	16,78
Množství vratného kalu Q _R	m ³ .hod ⁻¹	2,91	5,81	11,63	17,44	23,25
Množství zahuštěného kalu V _{ZAHK}	m ³ .den ⁻¹	0,47	0,95	1,96	2,94	3,91

Návrhovou produkci odpadní vody 120 l.os⁻¹.den⁻¹ na tlakové kanalizaci při návrhu ČOV již v současné době nedoporučuji použít pro obce do 2000 EO z důvodu nízké produkce odpadní vody. Čistírna odpadních vod na tlakové kanalizaci má přítok obvykle zaústěn před objekt česlí, proto není uveden objem čerpací stanice.

8.2.4 Výpočet ČOV s modifikovanými hodnotami na podtlakové kanalizaci

Výpočet ČOV pomocí modifikovaných parametrů na podtlakové kanalizaci je proveden pro typy ČOV „D“ až „E“ pro zvolené kategorie EO v Tab. 45 až Tab. 47.

Tab. 45 Návrh modifikované ČOV typu „D“ pro zvolené kategorie EO na podtlakové kanalizaci

Výpočtový parametr	Jednotky	Navrhované kategorie ČOV pro EO				
		250	500	1000	1500	2000
Látkové zatížení						
Zatížení na přítoku BSK ₅	kg.den ⁻¹	15,0	30,0	60,0	90,0	120,0
Zatížení na přítoku CHSK _{Cr}	kg.den ⁻¹	30,0	60,0	120,0	180,0	240,0
Zatížení na přítoku NL	kg.den ⁻¹	17,5	35,0	70,0	105,0	140,0
Zatížení na přítoku N _c	kg.den ⁻¹	3,3	6,6	13,0	22,5	26,0
Zatížení na přítoku P _c	kg.den ⁻¹	0,38	0,75	1,50	2,25	3,00
Hydraulické zatížení						
Průměrný denní přítok Q ₂₄	m ³ .den ⁻¹	23,6	47,3	94,5	141,8	189,0
Maximální denní přítok Q _d	m ³ .den ⁻¹	34,9	69,8	139,5	209,3	279,0
Maximální hodinový přítok Q _h	m ³ .hod ⁻¹	6,76	7,41	12,56	18,42	24,00
Minimální hodinový přítok Q _{min}	m ³ .hod ⁻¹	0,05	0,09	2,44	3,66	4,88
Plocha a objemy hlavních nádrží						
Objem podtlakové nádrže V _{PS}	m ³	8,0	9,0	10,0	11,0	12,0
Průměr lapáku písku D _{LP}	m	-	-	0,6	0,8	1,0
Objem aktivační nádrže V _{AN}	m ³	96,2	192,3	384,6	576,9	769,2
Plocha dosazovací nádrže S _{DN}	m ²	8,2	10,4	18,5	27,3	35,8
Objem dosazovací nádrže V _{DN}	m ³	33,0	41,4	73,9	109,1	143,3
Objem uskladňovací nádrže V _{UN}	m ³	13,3	26,6	54,6	81,8	109,1
Ostatní výpočty						
Stáří kalu Θ _x	dny	25,6	25,6	25,6	25,6	25,6
Celková účinnost E _c	%	93,7	93,7	95,3	95,3	95,3
Spotřeba kyslíku OS	kg O ₂ .den ⁻¹	55,3	110,6	228,5	372,7	457,0
Standardní oxygenační kapacita OC	kg O ₂ .hod ⁻¹	3,9	7,8	16,2	24,3	32,4
Požadované množství vzduchu Q _{VZD}	m ³ .hod ⁻¹	75,0	151,8	313,6	470,3	627,1
Předpokládaný odnos znečištění z ČOV						
Vnos znečištění do recipientu BSK ₅	t.rok ⁻¹	0,34	0,69	1,03	1,55	2,07
Vnos znečištění do recipientu CHSK _{Cr}	t.rok ⁻¹	1,29	2,59	4,31	6,47	8,62
Vnos znečištění do recipientu NL	t.rok ⁻¹	0,43	0,86	1,38	2,07	2,76
Vnos znečištění do recipientu NH ₄ ⁺	t.rok ⁻¹	-	-	0,69	1,03	1,38
Množství produkovaného kalu na ČOV						
Specifická produkce kalu Y _{OBS}	kg.den ⁻¹	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Produkce přebytečného kalu P _{PRK}	kg.den ⁻¹	15,03	30,07	60,13	90,20	120,3
Množství přebytečného kalu V _{PRK}	m ³ .den ⁻¹	1,90	3,80	7,79	11,69	15,59
Množství vratného kalu Q _R	m ³ .hod ⁻¹	2,18	4,36	8,72	13,08	17,4
Množství zahuštěného kalu V _{ZAHK}	m ³ .den ⁻¹	0,44	0,89	1,82	2,73	3,64

Tab. 46 Návrh modifikované ČOV typu „E“ pro zvolené kategorie EO na podtlakové kanalizaci

Výpočtový parametr	Jednotky	Navrhované kategorie ČOV pro EO				
		250	500	1000	1500	2000
Látkové zatížení						
Zatížení na přítoku BSK ₅	kg.den ⁻¹	15,0	30,0	60,0	90,0	120,0
Zatížení na přítoku CHSK _{Cr}	kg.den ⁻¹	30,0	60,0	120,0	180,0	240,0
Zatížení na přítoku NL	kg.den ⁻¹	17,5	35,0	70,0	105,0	140,0
Zatížení na přítoku N _c	kg.den ⁻¹	3,3	6,5	13,0	19,5	26,0
Zatížení na přítoku P _c	kg.den ⁻¹	0,38	0,75	1,50	2,25	3,00
Hydraulické zatížení						
Průměrný denní přítok Q ₂₄	m ³ .den ⁻¹	26,3	52,5	105,0	157,5	210,0
Maximální denní přítok Q _d	m ³ .den ⁻¹	38,8	77,5	155,0	232,5	310,0
Maximální hodinový přítok Q _h	m ³ .hod ⁻¹	7,51	8,23	13,96	20,47	26,67
Minimální hodinový přítok Q _{min}	m ³ .hod ⁻¹	0,05	0,10	2,71	4,06	5,42
Plocha a objemy hlavních nádrží						
Objem podtlakové nádrže V _{PS}	m ³	8,0	9,0	10,0	11,0	12,0
Průměr lapáku písku D _{LP}	m	-	0,6	0,8	0,8	1,0
Objem aktivační nádrže V _{AN}	m ³	96,2	192,3	384,6	576,9	769,2
Plocha dosazovací nádrže S _{DN}	m ²	9,2	11,5	20,5	30,3	39,8
Objem dosazovací nádrže V _{DN}	m ³	36,6	46,0	82,1	121,3	159,2
Objem uskladňovací nádrže V _{UN}	m ³	13,1	26,2	53,9	80,9	107,9
Ostatní výpočty						
Stáří kalu Θ _x	dny	25,6	25,6	25,6	25,6	25,6
Celková účinnost E _c	%	93,0	93,0	94,8	94,8	94,8
Spotřeba kyslíku OS	kg O ₂ .den ⁻¹	55,3	110,6	221,4	332,1	442,8
Standardní oxygenační kapacita OC	kg O ₂ .hod ⁻¹	3,9	7,8	15,7	23,5	31,4
Požadované množství vzduchu Q _{VZD}	m ³ .hod ⁻¹	75,9	151,7	303,8	455,8	607,7
Předpokládaný odnos znečištění z ČOV						
Vnos znečištění do recipientu BSK ₅	t.rok ⁻¹	0,38	0,77	1,15	1,72	2,30
Vnos znečištění do recipientu CHSK _{Cr}	t.rok ⁻¹	1,44	2,87	4,79	7,19	9,58
Vnos znečištění do recipientu NL	t.rok ⁻¹	0,48	0,96	1,53	2,30	3,07
Vnos znečištění do recipientu NH ₄ ⁺	t.rok ⁻¹	-	-	0,77	1,15	1,53
Množství produkovaného kalu na ČOV						
Specifická produkce kalu Y _{OBS}	kg.den ⁻¹	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Produkce přebytečného kalu P _{PRK}	kg.den ⁻¹	15,03	30,07	60,13	90,20	120,3
Množství přebytečného kalu V _{PRK}	m ³ .den ⁻¹	1,87	3,74	7,70	11,56	15,4
Množství vratného kalu Q _R	m ³ .hod ⁻¹	2,42	4,84	9,69	14,53	19,4
Množství zahuštěného kalu V _{ZAHK}	m ³ .den ⁻¹	0,44	0,87	1,80	2,70	3,60

Pro návrh objemu podtlakové stanice byly zvoleny tyto parametry: jmenovitý odtok 0,005 l.s⁻¹.obyv⁻¹, hustota obyvatelstva na délku stokové sítě 0,1 obyv.m⁻¹, střední objemový poměr vzduch a voda 7 (DWA-A 161-1), vypínací hodnoty podtlaku 35-45 kPa, četnost sepnutí vývív 12x hod (Raclavský, Hlušík, 2009).

Tab. 47 Návrh modifikované ČOV typu „F“ pro zvolené kategorie EO na podtlakové kanalizaci

Výpočtový parametr	Jednotky	Navrhované kategorie ČOV pro EO				
		250	500	1000	1500	2000
Látkové zatížení						
Zatížení na přítoku BSK ₅	kg.den ⁻¹	15,0	30,0	60,0	90,0	120,0
Zatížení na přítoku CHSK _{Cr}	kg.den ⁻¹	30,0	60,0	120,0	180,0	240,0
Zatížení na přítoku NL	kg.den ⁻¹	17,5	35,0	70,0	105,0	140,0
Zatížení na přítoku N _c	kg.den ⁻¹	3,3	6,5	13,0	19,5	26,0
Zatížení na přítoku P _c	kg.den ⁻¹	0,38	0,75	1,50	2,25	3,0
Hydraulické zatížení						
Průměrný denní přítok Q ₂₄	m ³ .den ⁻¹	31,5	63,0	126,0	189,0	252,0
Maximální denní přítok Q _d	m ³ .den ⁻¹	46,5	93,0	186,0	279,0	372,0
Maximální hodinový přítok Q _h	m ³ .hod ⁻¹	9,02	9,88	16,75	24,56	32,00
Minimální hodinový přítok Q _{min}	m ³ .hod ⁻¹	0,06	0,13	3,25	4,88	6,50
Plocha a objemy hlavních nádrží						
Objem podtlakové nádrže V _{PS}	m ³	8,0	9,0	10,0	11,0	12,0
Průměr lapáku písku D _{LP}	m	-	0,6	0,8	1,0	1,0
Objem aktivační nádrže V _{AN}	m ³	96,2	192,3	384,6	576,9	769,2
Plocha dosazovací nádrže S _{DN}	m ²	11,0	13,8	24,6	36,4	47,8
Objem dosazovací nádrže V _{DN}	m ³	43,9	55,3	98,5	145,5	191,0
Objem uskladňovací nádrže V _{UN}	m ³	12,7	25,4	52,7	79,1	105,4
Ostatní výpočty						
Stáří kalu Θ _x	dny	25,6	25,6	25,6	25,6	25,6
Celková účinnost E _c	%	91,6	91,6	93,7	93,7	93,7
Spotřeba kyslíku OS	kg O ₂ .den ⁻¹	55,2	110,4	228,2	342,4	456,5
Standardní oxygenační kapacita OC	kg O ₂ .hod ⁻¹	3,9	7,8	16,2	24,2	32,3
Požadované množství vzduchu Q _{VZD}	m ³ .hod ⁻¹	75,8	151,6	313,2	469,9	626,5
Předpokládaný odnos znečištění z ČOV						
Vnos znečištění do recipientu BSK ₅	t.rok ⁻¹	0,46	0,92	1,38	2,07	2,76
Vnos znečištění do recipientu CHSK _{Cr}	t.rok ⁻¹	1,72	3,45	5,75	8,62	11,50
Vnos znečištění do recipientu NL	t.rok ⁻¹	0,57	1,15	1,84	2,76	3,68
Vnos znečištění do recipientu NH ₄ ⁺	t.rok ⁻¹	-	-	0,92	1,38	1,84
Množství produkovaného kalu na ČOV						
Specifická produkce kalu Y _{OBS}	kg.den ⁻¹	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Produkce přebytečného kalu P _{PRK}	kg.den ⁻¹	15,03	30,07	60,13	90,20	120,3
Množství přebytečného kalu V _{PRK}	m ³ .den ⁻¹	1,82	3,63	7,53	11,29	15,06
Množství vratného kalu Q _R	m ³ .hod ⁻¹	2,91	5,81	11,63	17,44	23,25
Množství zahuštěného kalu V _{ZAHK}	m ³ .den ⁻¹	0,42	0,85	1,76	2,63	3,51

Přepočítané hodnoty specifické produkce odpadní vody na podtlakové kanalizaci svým složením nejvíce odpovídají normovým hodnotám. Tyto hodnoty doporučuji ovšem používat bez další redukce znečištění.

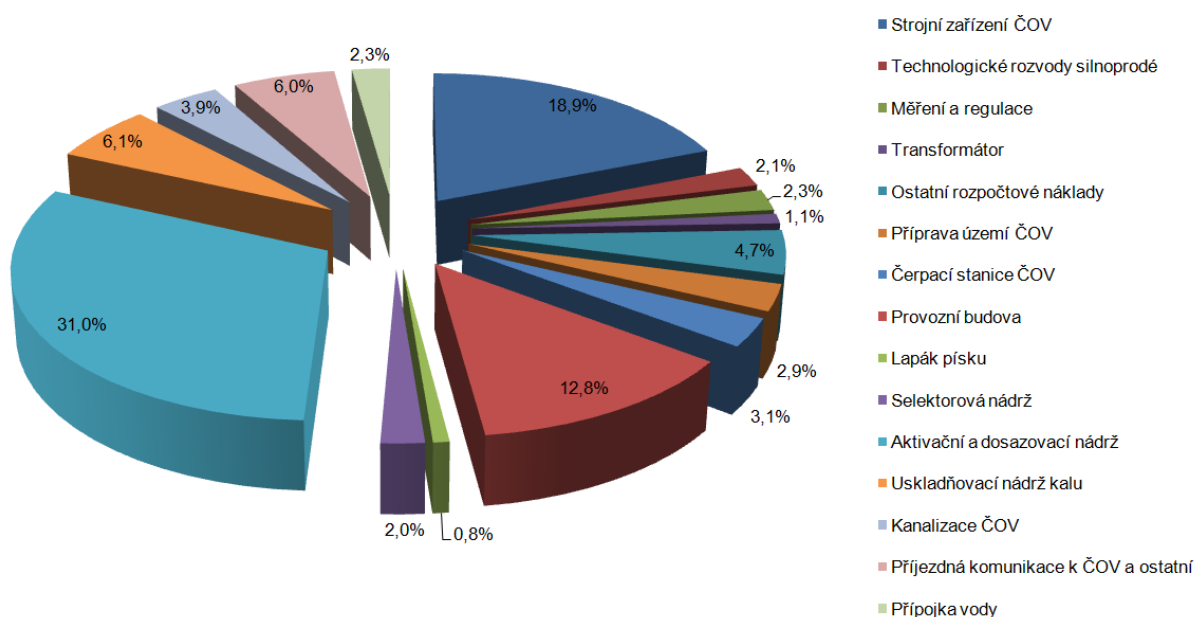
8.3 KOMPARACE ČOV S MODIFIKOVANÝMI PARAMETRY

Cílem srovnání je vzájemné posouzení objemů hlavních stavebních objektů pro různé velikostní řady ČOV a pro různé typy odkanalizování.

8.3.1 Výběr hlavních stavebních objektů

Velikost stavebních objektů a návrhových parametrů pro výběr strojního zařízení má vliv na zpracováváný rozpočet projektantem či jinou odbornou osobou. Jedná se o srovnávací prvek pro hodnocení nabídnutých cen v oblasti plánování realizace stavby. Bez zpracovaného rozpočtu je investor odkázán pouze na data a informace, které mu poskytne zhotovitel. Čím více je projektová dokumentace zatížena chybami, tím více je nepřesný soupis prací. Jeho nedokonalost vykazuje při realizaci stavby budoucí ztráty pro zhotovitele a navýšení ceny díla pro investora. Pro zpracování rozpočtu stavebních prací pro realizaci ČOV je pro získání dotací potřeba použít cenovou úroveň RTS, kterou používá softwarový produkt BUILDpower S nebo cenovou úroveň ÚRS se softwarem Kros 4.

Z provedených znaleckých posudků na VUT v Brně, Fakultě stavební je zpracován orientační návrh procentuálního rozložení investičních prostředků na výstavbu aktivačních ČOV pro stavební objekty a technologii v kategorii ČOV do 2000 EO (Obr. 13), která odpovídá doporučené technologii popsané v kapitole 7.3.

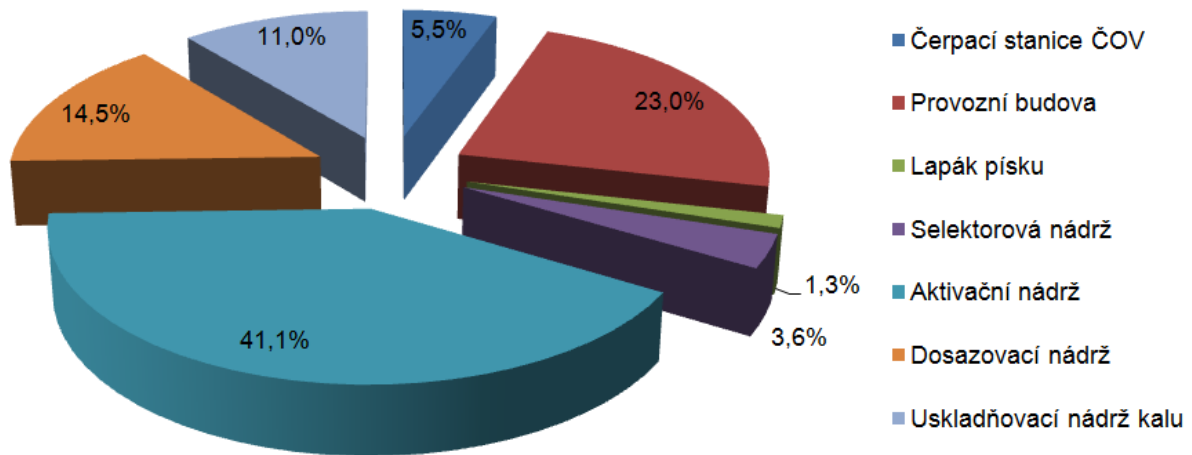


Obr. 13 Orientační procentuální rozdělení investičních prostředků na ČOV do 2000 EO

Z procentuálního rozdělení investičních nákladů ČOV tvoří celkové náklady na:

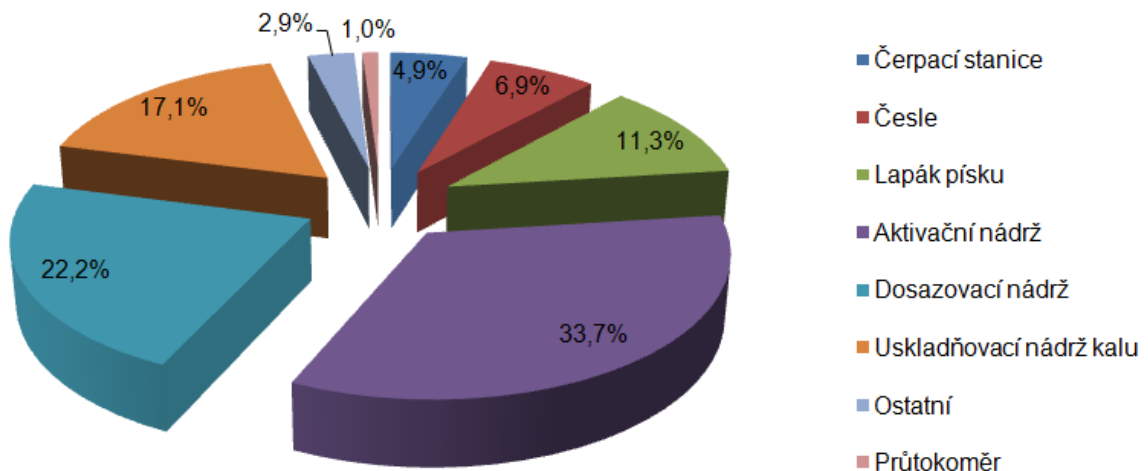
- stavební technologické objekty: 43,0 %,
- strojní zařízení a technologie: 24,4 %,
- provozní budovu: 12,8 %,
- ostatní (komunikace, kanalizace, přípojky vody, příprava území): 15,0 %,
- rezerva: 4,8 %.

Pokud procentuálně vyjádříme investiční prostředky pouze pro objemy hlavních stavebních objektů (Obr. 14), pak nejvyšší investice jsou vloženy do aktivační nádrže 41,1 %, dále dosazovací nádrže 14,5 % a uskladňovací nádrže na kal 11 %.



Obr. 14 Rozdělení investičních prostředků do výstavby hlavních stavebních objektů ČOV

Rozdělení investičních prostředků do technologie čištění odpadních vod mezi hlavní objekty a strojní zařízení ČOV je zobrazeno na Obr. 15.



Obr. 15 Rozdělení investičních prostředků do technologie ČOV

Investiční prostředky do technologie a strojního zařízení čistírny odpadních vod jsou nejvíce vynaloženy do objektu aktivační nádrže 33,7 %, dosazovací nádrže 22,2 % a uskladňovací nádrže kalu 17,1 %.

Rozdělení investičních prostředků na ČOV, které jsou zpracované na Obr. 14 a Obr. 15, je provedeno ze soupisu prací zadávací dokumentace. V uvedené kapitole jsou zejména posuzovány stavební objekty, které se významně podílí na investičních nákladech na výstavbu. Jedná se o objekty čerpací stanice, podtlaková stanice, lapáku písku, aktivační a dosazovací nádrže a uskladňovací nádrže na kal. Při

výpočtu těchto objektů mají návrhové parametry zásadní vliv na výslednou plochu a objem. Při návrhu ČOV závisí zvolení normové hodnoty pro daný objekt na zkušenostech projektanta. Návrh jednotlivých objektů by měl být řešen vždy s požadavky budoucího provozovatele, při zohlednění jeho technických standardů.

8.3.2 Srovnání modifikovaných objemů hlavních stavebních objektů

Při návrhu čistírny odpadních vod se hlavní změna modifikovaných parametrů specifické produkce odpadní vody ($l.os^{-1}.den^{-1}$) a specifické produkce znečištění ($g.os^{-1}.den^{-1}$) projeví při určení velikosti objemů hlavních stavebních objektů.

Správně navržená velikost objemů nádrží umožňuje na čistírně odpadních vod reagovat na široké rozmezí změn látkového a hydraulického zatížení. Dostatečná velikost nádrže zaručuje vysoký a stabilní efekt odbourání organického znečištění a dusíku. Proto by měla být ČOV vždy navržena na skutečné parametry hydraulického a látkového zatížení a musí být zohledněn způsob dopravy odpadní vody na ČOV. Vliv způsobu transportu odpadní vody v návaznosti na změnu velikosti objektu je popsán pro hlavní stavební objekty normových a modifikovaných ČOV.

Hlavní srovnávací čistírny odpadních vod v dané kapitole je normová ČOV typu „C“, jejíž návrhové parametry jsou v praxi nejpoužívanější.

Čerpací a podtlaková stanice

Velikost návrhu objemu čerpací stanice se pozitivně projeví ve všech kategoriích u splaškové kanalizace, kde dochází k jeho snížení. **Návrhové parametry doba zdržení a typ návrhového průtoku (požadavek provozovatele) má zásadní vliv na velikost objektu čerpací stanice.** Velikost objemu podtlakové stanice ovlivňuje především výše hodnoty jmenovitého průtoku, poměr objemu voda a vzduch, návrhové parametry vývěvy a čerpadel.

Lapák písku

Lapák písku se na ČOV buduje většinou jako typizovaný objekt charakterizovaný výrobní řadou požadovaného průměru 450, 600, 800, 1000, 1200, 1500 mm. Změna specifické produkce odpadní vody snižuje průměr lapáku písku:

- u splaškové, tlakové i podtlakové kanalizace u obce typu „D“ s produkcí odpadní vody $90 l.os^{-1}.den^{-1}$ z DN 800 na DN 600 pro kategorii 1000 EO, z DN 1000 na DN 800 pro kategorii 1500 EO a z DN 1200 na DN 1000 pro kategorii 2000 EO,
- u splaškové, tlakové i podtlakové kanalizace u obce typu „E“ s produkcí odpadní vody $100 l.os^{-1}.den^{-1}$ z DN 1000 na DN 800 pro kategorii 1500 EO a z DN 1200 na DN 1000 pro kategorii 2000 EO,
- u splaškové, tlakové i podtlakové kanalizace u obce typu „F“ s produkcí odpadní vody $120 l.os^{-1}.den^{-1}$ z DN 1200 na DN 1000 pro kategorii 2000 EO.

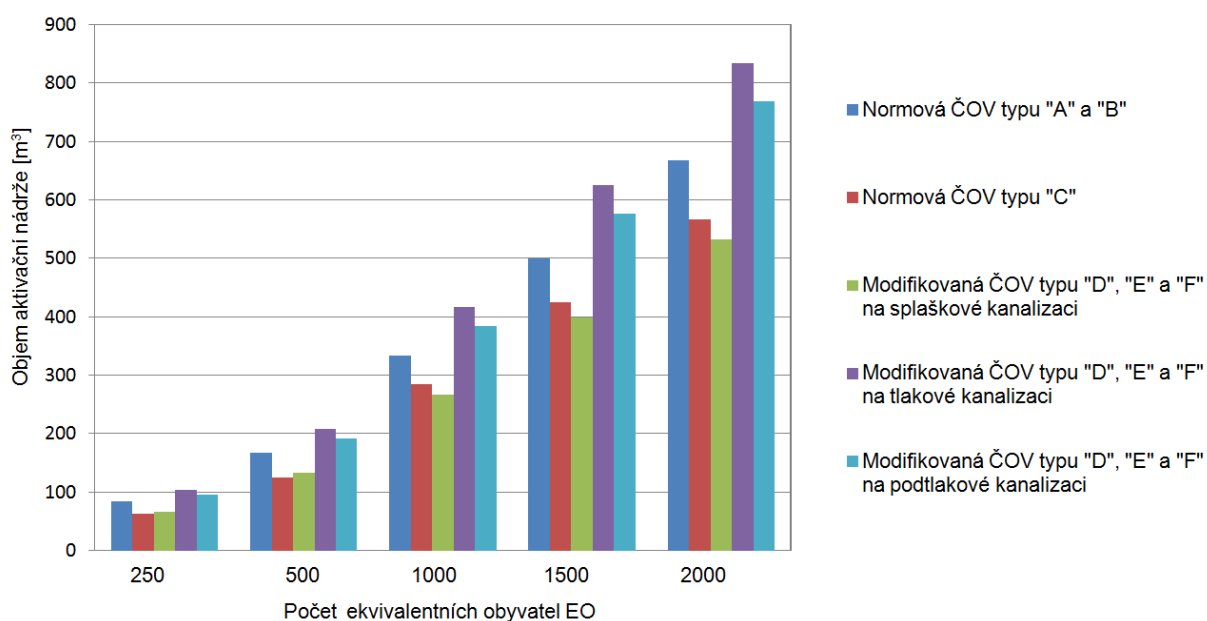
Úpravou specifické produkce odpadní vody dochází ke snížení průměru lapáku písku o jednu výrobní řadu pro všechny typy ČOV a velikostní kategorie.

Pro posuzovanou velikost ČOV v kategorii 500-2000 EO postačuje návrh vždy jednoho objektu LP.

Aktivační nádrž

Hodnota specifické produkce látkového znečištění pro ukazatel BSK₅ jsou společně s průměrným denním průtokem Q₂₄ hlavními návrhovými parametry aktivační nádrže.

Objem aktivační nádrže na splaškové kanalizaci s modifikovanými parametry lze přirovnat k výpočtu se standardně navrhovanou ČOV typu „C“ (Obr. 16). Podmínkou návrhu nádrže podle normových parametrů dle ČSN je požadavek redukce vstupního návrhového znečištění hodnotou 25 % pro ČOV v kategorii do 500 EO a redukce vstupního návrhového znečištění hodnotou 15 % v kategorii ČOV 500-2000 EO.



Obr. 16 Srovnání objemů aktivační nádrže pro různé systémy odkanalizování

Velikost objemu aktivační nádrže na tlakové a podtlakové kanalizaci se liší hlavním modifikovaným parametrem ukazatele BSK₅. Při použití současných normových hodnot specifické produkce znečištění lze konstatovat, že při návrhu objemů aktivačních nádrží na tlakové ani podtlakové kanalizaci nedoporučují žádnou redukci znečištění. **Alternativní systémy odkanalizování s ohledem na horší kvalitu odpadní vody vyžadují větší objemy aktivačních nádrží a musí být navrženy na vyšší hodnoty specifické produkce znečištění.**

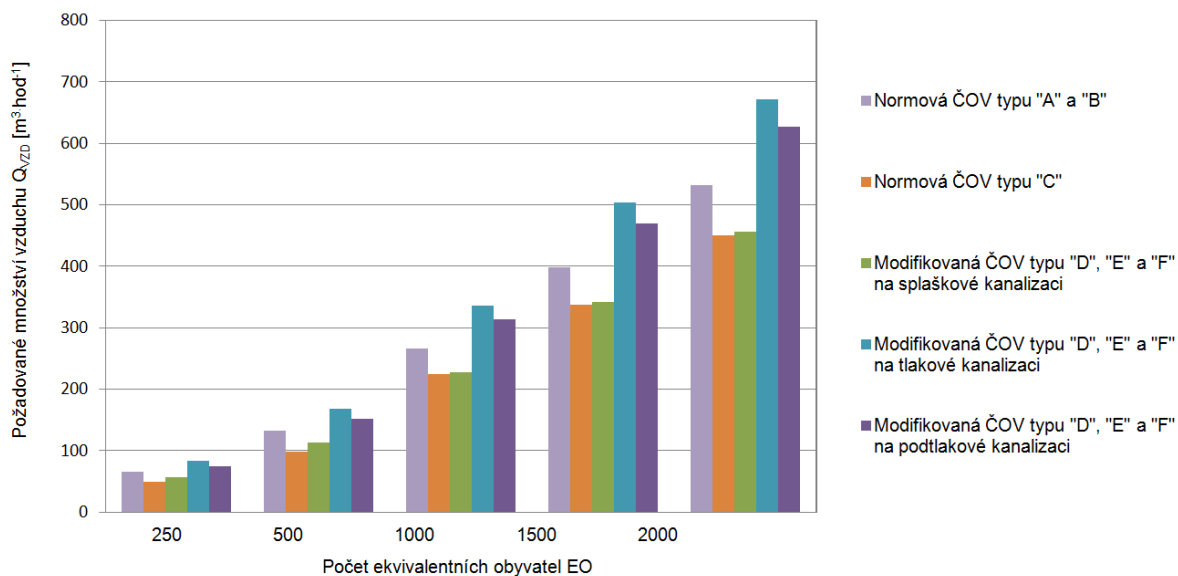
Návrh ČOV s modifikovanými parametry typů „D“ až „F“ byl proveden tak, aby byla splněna podmínka aerobní stabilizace kalu s minimálním stářím kalu $\Theta_x \geq 25$ dní. Pro výpočet objemu nádrže je nutné zvolit minimální návrhovou hodnotu látkového zatížení kalu (pro splnění požadavku min. stáří kalu) u všech typů ČOV následovně:

- u splaškové kanalizace shodně na hodnotu $B_x = 0,047 \text{ kg.kg}^{-1}.\text{den}^{-1}$,
- u tlakové kanalizace shodně na hodnotu $B_x = 0,042 \text{ kg.kg}^{-1}.\text{den}^{-1}$,
- u podtlakové kanalizace shodně na hodnotu $B_x = 0,039 \text{ kg.kg}^{-1}.\text{den}^{-1}$.

Nízké látkové zatížení kalu garantuje dostatečný objem aktivační nádrže a vyšší stáří kalu v systému. Navrhovaná doba uskladnění kalu v nádržích může být volena z důvodu vysokého stáří kalu menší při aplikaci kalu v zemědělství než 150 dní. Starší neprovzdušňované uskladňovací nádrže se navrhovaly na dobu zdržení 90-120 dní.

Obecně platí, že s vyšším hydraulickým zatížením roste přírůstek aktivovaného kalu, který je nutné ze systému pravidelně odtahovat jako přebytečný kal a stejně tak je nutné účinně separovat nerozpuštěné látky v dosazovací nádrži. Množství přebytečného kalu je tak především úměrné vstupnímu znečištění přitékajícího na ČOV (zvláště parametrům BSK_5 a $CHSK_{Cr}$), látkovému zatížení kalu a udržované koncentraci kalu v aktivační nádrži. **Nejvyšší hodnoty objemového množství přebytečného kalu jsou dosahovány u alternativních systémů odkanalizování s modifikovanými hodnotami a musí být navrženy na vyšší hodnoty specifické produkce znečištění.** Pro všechny ČOV s modifikovanými parametry různých systémů odkanalizování je objemové množství přebytečného kalu vyšší než při standardním návrhu ČOV „C“ s redukcí znečištění.

Spotřeba kyslíku pro aktivační nádrž je závislá především na hydraulickém a látkovém zatížení, na stáří kalu, volené technologii a rozměrech nádrže. Geometrické parametry nádrže ovlivňují účinnost aerace, účinnost míchání a zvyšují množství využitého kyslíku ze vzduchu až o 50 %. S rostoucím poměrem hloubky a šířky roste doba kontaktu vzduchových bublin s vodou, a tím se zvyšuje množství využitého kyslíku ze vzduchu do odpadní vody. Požadované množství vzduchu do aktivační nádrže je srovnáno na Obr. 17 pro jednotlivé typy ČOV.



Obr. 17 Požadované množství vzduchu pro různé systémy odkanalizování

Při návrhu ČOV na splaškové kanalizaci (typ „C“) s normovými hodnotami látkového zatížení s redukcí je požadované množství vzduchu řádově srovnatelné pro ČOV s modifikovanými hodnotami na splaškové kanalizaci typ („D“ až „F“).

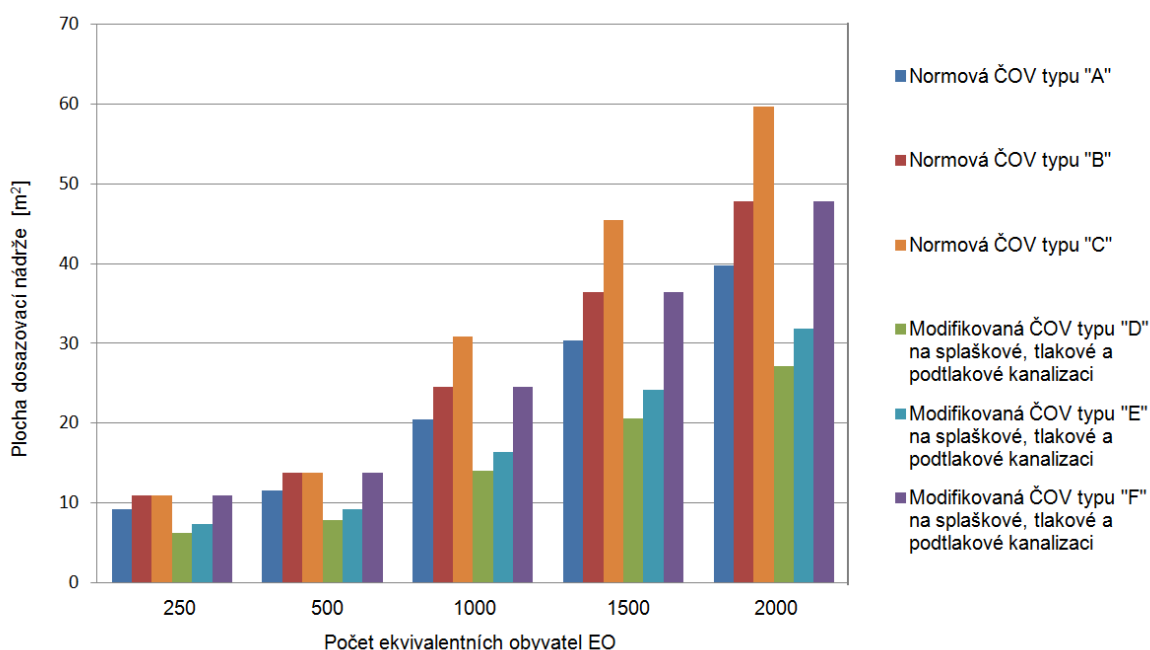
Pro alternativní systémy odkanalizování s modifikovanými hodnotami je požadavek na množství dodávaného vzduchu do nádrže vyšší ve srovnání se standardními návrhovými parametry specifické produkce odpadní vody a znečištění. Při požadavku na větší množství dodávaného vzduchu do aktivační nádrže lze předpokládat nutnost výkonnějšího strojního zařízení (dmychadel) s vyšší energetickou náročností při provozu.

Dosazovací nádrž

U dosazovacích nádrží je hlavním návrhovým parametrem povrchové hydraulické zatížení hladiny a maximální hodinový přítok. Velikost plochy nádrže ovlivňuje především návrhová specifická produkce odpadní vody. V případě doporučeného postupu návrhu separační plochy nádrže přes ukazatel nerozpuštěných látek, je důležitá volba koncentrace kalu v dosazovací nádrži.

Z provedených výpočtů je návrh plochy shodný pro stejný modifikovaný hodinový průtok pro obce „D“ až „F“ pro splaškovou, tlakovou a podtlakovou kanalizaci. Návrh plochy nádrže je proveden s nižší hodnotou hydraulického zatížení $1 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{hod}^{-1}$ pro všechny posuzované typy ČOV a velikostní kategorie. Plocha nádrže je tak navržena s rezervou, která při samotném návrhu nádrže zvyšuje její plochu. Při návrhu plochy s normovou hodnotou $1,2 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{hod}^{-1}$ a návrhu plochy přes nerozpuštěné látky (bez recirkulačního průtoku) je dosahováno obdobné návrhové plochy dosazovací nádrže.

Při návrhu plochy dosazovací nádrže na splaškové kanalizaci je návrhová hodnota od $130\text{-}150 \text{ l} \cdot \text{os}^{-1} \cdot \text{den}^{-1}$ pro velikost do 2000 EO zbytečně nadhodnocena. **Pro návrh plochy dosazovací nádrže na splaškové, tlakové a podtlakové kanalizaci doporučuji použít modifikované hodnoty produkce odpadní vody, které vyžadují menší separační plochu nádrže ve srovnání s normovými výpočty.** Plocha dosazovací nádrže je srovnána na Obr. 18 pro jednotlivé typy ČOV.



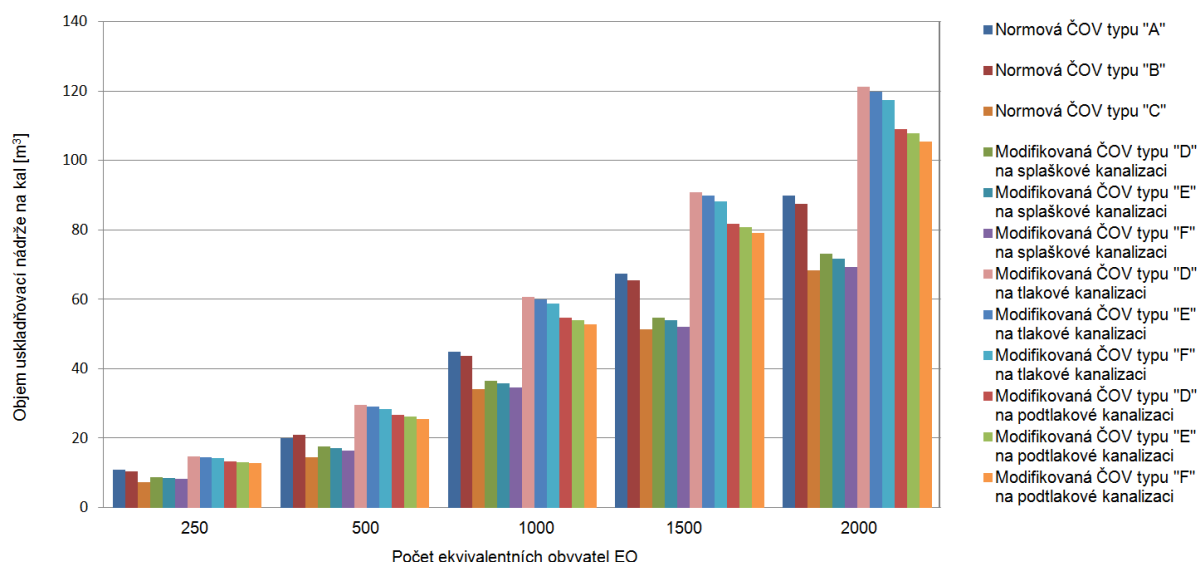
Obr. 18 Srovnání objemů dosazovací nádrže pro různé systémy odkanalizování

Při použití modifikovaných hodnot je návrh separační plochy dosazovací nádrže vždy určen s dostatečnou rezervou. Při špatném návrhu dosazovací nádrže lze zvýšit účinnost a hydraulickou kapacitu čištění odpadních vod úpravou vtokového objektu a omezit tím přepadání kalu do odtoku z ČOV (Chmátal, Pollert, 2015).

Uskladňovací nádrž

Rozhodujícím parametrem při návrhu uskladňovacích nádrží kalu je následné využití stabilizovaného kalu. Doba uskladnění se dá vždy upravit podle místních podmínek. Při aplikaci kalu na zemědělskou půdu je normová doba zdržení 150 dní. Minimální doba u provzdušňovacích nádrží při pravidelném odběru je 30 dní. Objem uskladňovací nádrže kalu je srovnán na Obr. 19 pro jednotlivé typy ČOV.

Pro modifikované hodnoty na splaškové, tlakové a podtlakové kanalizaci lze očekávat větší produkci přebytečného kalu, objemové množství kalu a objem nádrže. Hlavními parametry, které přímo ovlivňují objem nádrže, je vstupní koncentrace ukazatelů BSK₅ a NL na ČOV, látkové zatížení kalu a koncentrace kalu v aktivační nádrži.



Obr. 19 Srovnání objemů uskladňovací nádrže na kal pro různé systémy odkanalizování

Pro tlakovou a podtlakovou kanalizaci je vlivem vyšší koncentrace odpadní vody (převážně ukazatel BSK₅ a NL) na přítoku objem uskladňovací nádrže výraznější oproti splaškové kanalizaci.

Shrnutí

Při návrhu čistírny odpadních vod v kategorii do 2000 EO doporučuji řídit se níže popsaným postupem a pravidly, které vycházejí z legislativních dokumentů, předpisů a metodických pokynů.

1. Současná legislativa nerozlišuje při návrhu čistírny odpadních vod odlišný způsob transportu odpadní vody na ČOV.
2. Návrh odkanalizování obce řešit pouze pro splaškové odpadní vody.

3. Od provozovatele (budoucího) zajistit veškerá provozní data k návrhu ČOV.
4. Pro stanovení počtu EO vycházet z aktuálního počtu obyvatel v obci při zohlednění územního plánu a předpokládaného růstu populace.
5. Při stanovení počtu EO z občansko-technické vybavenosti obce vycházet z orientačního přepočtu občansko-technické vybavenosti v Tab. 11.
6. Při stanovení počtu produkce znečištění od občansko-technické vybavenosti obce vycházet z orientačního přepočtu znečištění v Tab. 7.
7. Kapacitu ČOV vyjádřenou EO doporučuji stanovit podle ukazatele BSK_5 .
8. Návrhové produkce znečištění jednotlivých ukazatelů volit podle Tab. 31 s ohledem na volený typ způsobu dopravy odpadních vod na ČOV, zvláště pro tlakovou a podtlakovou kanalizaci.
9. Při návrhu ČOV na splaškové kanalizaci a při použití současných normových parametrů redukovat jednotně vstupující znečištění u ČOV do 500 EO maximálně o 25 %, u ČOV v kategorii 500-2000 EO maximálně o 15 %.
10. Návrhovou specifickou produkci odpadní vody určit prioritně z aktuálních dat od provozovatele za poslední tři roky, při nedostatku dat volit hodnoty podle doporučení pro jednotlivé systémy odkanalizování v Tab. 31.
11. Návrhovou hodnotu balastních vod určit prioritně z aktuálních dat od provozovatele za poslední tři roky, na základě stavebně-technického stavu kanalizace, odborným odhadem nebo orientačním výpočtem. Při nedostatku dat určit hodnotu výpočtem podle doporučení v rovnici R.15.
12. Navrhovanou technologii čištění odpadní vody volit na základě doporučení uvedené v kapitole 7. Při návrhu technologie ČOV (zejména mechanického předčištění) je nutné rozlišit způsob dopravy odpadní vody na ČOV.
13. Technologii čištění odpadní vody na mechanicko-biologické ČOV volit pro aktivační systémy jako nízkozatěžovanou s aerobním stářím kalu.
14. Návrhové hodnoty pro výpočet technologických objektů volit na základě doporučení v kapitole 7.
15. Koncentrační emisní hodnoty na odtoku z ČOV posuzovat podle platného dokumentu nakládání s vodami.

Při výpočtu ČOV je důležité zohlednit rozdílnou koncentraci odpadní vody na přítoku pro jednotlivé ukazatele a tomu přizpůsobit návrh technologických objektů ČOV.

Implementace modifikovaných návrhových parametrů je určena pro zvolené řady ČOV s celkovým srovnáním navržených objemů nádrží a doporučením k návrhu ČOV.

Uvedená kapitola 8.1 až 8.3 může sloužit jako metodický podklad pro projekční kanceláře, pomocí kterého lze navrhovat ČOV do 2000 EO.

8.4 PŘÍČINY A NÁSLEDKY NÍZKÉ PRODUKCE VODY A ZNEČIŠTĚNÍ

Odvádění a čištění odpadních vod je důležitou součástí pro vedení kvalitního života v moderní společnosti. Tyto služby zároveň podmiňují i ekonomický a sociální rozvoj na lokální, regionální, státní a do určité míry mezistátní úrovni. Spotřeba vody se vyznačuje stálým meziročním poklesem, což ovlivňuje i produkci odpadní vody.

Pokles produkce odpadní vody zapříčiňuje nedostatečné využití kapacit objektů na čistírně odpadních vod. Mezi hlavní faktory, které jsou příčinou dlouhodobého poklesu produkce odpadní vody, patří:

- ekonomické aspekty,
- environmentální aspekty,
- technické aspekty,
- ostatní faktory.

Hlavní příčiny snížení produkce odpadní vody v obcích do 2000 EO lze rozdělit na ekonomické, environmentální, technické a ostatní, které jsou popsány v následujících kapitolách.

8.4.1 Ekonomické aspekty

Klesající produkce odpadní vody je způsobena především ekonomickými důvody obyvatelstva. Způsob stanovení ceny vody v České republice je každý rok závislý na cenovém výměru Ministerstva financí ČR, cena je věcně usměrňována státem.

Cenový výměr

Cenový výměr obsahuje předpisy, které upřesňují náklady, jenž mohou být započteny do oprávněných nákladů a které naopak nemohou. Oprávněné náklady se podílejí asi 40 % podílem do celkové ceny za vodu. Jsou to odpisy, které slouží na obnovu kanalizací, vodovodů apod. V ceně vody jsou zahrnuty i běžné opravy, použití chemikálií včetně laboratorních výzkumů nebo spotřeba energie, mzdy, různé služby, nákup vody z dostupných zdrojů nebo poplatky za vypouštění odpadní vody. Tyto nákladové položky neustále rostou. Zisk se dále společně s odpisy investuje do obnov a rozvoje vodohospodářství. Cena vody se skládá také z fixních nákladů, což je platba nájmu za provoz vodohospodářských sítí. Tento náklad tvoří významný podíl, který i při poklesu výroby a spotřeby vody nelze výrazně snižovat. Konečná cena vody je také určena DPH, v každé oblasti závislá na stavu kanalizací, vodovodů, na množství spotřebované vody a také na její dostupnosti. Cenu vodného a stočného zvyšují taktéž černé odběry (<http://www.cenavody.cz>). V podmínkách ČR se naplňuje princip doporučený Světovou zdravotnickou organizací a Světovou bankou, který upozorňuje na sociálně únosnou cenu vodného a stočného.

Modernizace, výstavba a udržitelnost vodohospodářské infrastruktury

Státní fond životního prostředí ČR zveřejňuje nástroj pro výpočet udržitelnosti vodohospodářských projektů předložených do prioritní osy 1 Operačního programu Životní prostředí (dále jen OPŽP) 2014-2020. Tvorba zdrojů k zajištění obnovy infrastrukturního majetku u projektů OPŽP 2014-2020 znamená, že vlastník infrastrukturního majetku by měl vytvořit do 30 let od zahájení realizace projektu takovou minimální výši finančních prostředků k pokrytí obnovy infrastrukturního majetku (ve formě nájemného, odpisů, zisku, opravy, prostředků na obnovu přímo určené podle Plánu financování vodovodů nebo kanalizací, apod.), která zajistí finanční udržitelnost projektu ve smyslu stanovení minimálních zdrojů, které by měly

být investovány zpět do infrastrukturního majetku vlastníka. Tyto finanční zdroje musí být tvořeny v takové výši, aby na konci 30-ti letého referenčního období bylo dosaženo tzv. plných odpisů, přičemž plné odpisy jsou definovány jako hodnota stávající a nově budované infrastruktury dělená průměrnou ekonomickou životností tohoto majetku: 15 let pro technologii, 60 let pro kanalizační stoky a 40 let pro ostatní stavby (Nástroj pro výpočet udržitelnosti vodohospodářských projektů, 2016).

Finanční zdroje na provoz, obnovu a rozvoj vodohospodářských zařízení musí být generovány z ceny vodného a stočného, tj. bez dotování provozních a ostatních nákladů. Toto postupné navyšování bylo stanoveno jako jedna ze základních podmínek udržitelnosti projektu rekonstrukcí a výstavby nových čistíren odpadních vod a nerespektování těchto podmínek by mohlo být důvodem k uložení finančních sankcí. Nové zrekonstruované čistírny odpadních vod mohou spolehlivě dodržovat všechny limity a standardy Evropské unie a šetřit životní prostředí. Vzhledem k podmínkám poskytnutých dotací a doporučení Státního fondu životního prostředí se nutně zvyšují ceny pro stočné, aby byla zajištěna udržitelnost tohoto projektu (Vodohospodářská společnost Dobříš).

Zpoplatnění odběru podzemních a povrchových vod

Vybrané finanční zdroje za odběr podzemních vod mají primárně sloužit k ochraně a rozvoji vlastních podzemních zdrojů, za což odpovídá stát, ovšem realitou je financování z jiných oblastí. U veřejných zdrojů není možné zdroj surové vody nahradit, což vede ke zvyšování cen vodného a stočného. Limitem zpoplatnění je odběr vody pod $500 \text{ m}^3 \cdot \text{měsíc}^{-1}$ (vyhláška č. 125/2004 Sb.).

Odběr podzemních vod je možné provádět pouze na základě časově omezeného povolení vydaného vodoprávními úřady, ke kterým je nutné dokládat mimo jiné hydrogeologické posouzení a pro větší odběry i zajistit dlouhodobé měření. Tato opatření zajišťují soulad se systémem bilancování v daném povodí.

8.4.2 Environmentální aspekty

Členské státy EU by měly být legislativně připraveny na dopady nízké produkce odpadní vody z ČOV, dopady ve snížení vodnatosti toků a vlivu znečištění na jakost povrchových vod, dopady sucha spočívající v nedostatku a šetření pitnou vodou.

Přísnější limity vypouštění odpadních vod v NV č. 401/2015 Sb.

Intenzifikace ČOV (bodových zdrojů) v oblastech postihovaných suchem by měly zohlednit požadavky na množství a jakost vypouštěných odpadních vod do recipientů. Důvodem je plnění imisních požadavků jakosti povrchových vod a plnění požadovaných limitů vnášeného znečištění do recipientů v t.rok^{-1} . Významný vliv má eutrofizace při snížených průtocích z ČOV, kdy odchází k nárůstu fytoplanktonu a zarůstání koryta vegetací.

Přísnější limity pro celkový fosfor v zákonu č. 274/2001 Sb.

V připravovaném novele zákona o vodách č. 274/2001 Sb. jsou přísněji nastaveny limity P_c a AOX.

Snížení vodnatosti vodních zdrojů

V České republice je mírně zhoršený stav životního prostředí, což se projevuje poklesem vydatnosti vodních zdrojů, narušením podpovrchového odtoku, zvýšenou rozkolísaností průtoků ve vodních tocích i zhoršením jakosti podzemních vod. Nejhorší situace extrémně vysušených půd, kdy voda okamžitě odtéká a půda není schopna zadržet vodu, je na území Jihomoravského kraje (Benešová, 2014).

V letních měsících dochází vlivem sucha k častému vysychání povrchových vod, které ohrožuje vodní stav. Hlavní problém sucha je nedostatek vody, snížení hladiny podzemní vody, povrchových vod a eroze půdy zachycující méně vody. Mimo nedostatku vody pro zásobení obyvatel se sucho projevuje v nedostatku vody pro hospodářské účely, či omezení až zastavení objektů energetického využití vody. Je běžnou praxí, že převážně vodnatost vodních toků v letních měsících tvoří čistírný odpadních vod (Příprava realizace opatření pro zmírnění negativních dopadů sucha a nedostatku vody, 2015).

Sucho s ohledem na vodní díla

Změny srážek jsou značně nejisté, nicméně většina klimatických modelů se shoduje na stagnaci ročních srážkových úhrnů a změně jejich rozložení během roku, konkrétně poklesu letních srážek a růstu srážek zimních. To ukazuje na zvýšené riziko nepříznivé hydrologické bilance v letním období, a to jak z hlediska zajištění odběrů vody pro lidskou potřebu a produkci potravin, tak z hlediska ekologického stavu vodních útvarů (Národní akční plán adaptace na změnu klimatu, 2015).

Doporučením je pro ČOV zvýšení četnosti monitoringu a vzorkování, aby byl lepší přehled doby kontroly, tj. nastavit a rozšířit kontrolu ČOV o denní a týdenní cykly.

Sucho a šetření pitné vody

Další příčinou je nedostatek vody ve vodních tocích spojený s šetřením pitné vody a snížením produkce odpadní vody. Lze zařadit mezi ekonomické i ekologické aspekty.

Přepočet emisních standardů na roční průměry

Emisní standardy vyjádřené v nařízení jako hodnoty „p“ a emisní standardy pro BSK₅, CHSK_{Cr} a NL uvedené ve směrnici Rady 91/271/EHS je třeba interpretovat jako hodnoty s pravděpodobností nepřekročení 95 %. Při použití kombinovaného přístupu musí být pro stanovení emisních standardů na odtoku z ČOV proveden přepočet koncentračních emisních standardů Nařízení vlády č. 401/2015 Sb. na roční průměry pro ukazatele BSK₅, CHSK_{Cr} a NL. Přepočet emisních standardů na roční průměry (podíl přípustné koncentrace 95 % a průměrné koncentrace) je pro kategorie do 500 EO a kategorie 500-2000 EO stejný s hodnotami: BSK₅ a NL = 1,7; CHSK_{Cr} = 1,4 (Věštník Ministerstva životního prostředí, 2007).

Pro modifikované hodnoty produkce znečištění a objemového přítoku odpadní vody je zapotřebí provést přepočet skutečných průměrů odtokových koncentrací kvality odpadní vody pro jednotlivé ukazatele. Pro tyto hodnoty je nutné provést přepočet emisních standardů na roční průměry a nově stanovit roční průměry emisních

standardů ukazatelů přípustného znečištění povrchových vod. Imisní standardy ukazatelů přípustného znečištění povrchových vod jsou stanoveny jako hodnoty c_{90} , tzn. nepřekročené hodnoty daného ukazatele s pravděpodobností 90 %.

Vliv znečištění na jakost vody ve vodních tocích

Většina ČOV v ČR dnes zásadně snižuje hodnoty $CHSK_{Cr}$ a BSK_5 v odpadní vodě a jejich vypouštění neovlivňuje jakost vody v recipientu nijak zásadně.

Nerozpuštěné a rozpuštěné látky se chovají v toku různě, rozpuštěné pevné látky (jako TDS nebo RAS) jednoznačně zvyšují obsah solí a elektrickou konduktivitu v toku, za sucha velmi významně (Fuksa, Šťastný, 2016).

Fosfor v odpadní vodě je významným faktorem eutrofizace, tedy zvyšování primární produkce v toku – jako makrovegetace nebo fytoplanktonu na dolních tocích a v nádržích. Dnes se obecně přijímá názor, že většina celkového fosforu v tocích pochází z bodových zdrojů, takže jeho přísun do toků za sucha může být i proti dnes neuspokojivé situaci extrémní (Fuksa, Šťastný, 2016).

Dusík je dnes v ČOV zčásti denitrifikován, u řady malých ČOV se objevují významná kolísání. Vypouštění amoniakálního dusíku vede obecně k otravám ryb apod., takže by za sucha mělo být zvláště kontrolováno. Za sucha ovšem může dusičnanový dusík z bodových zdrojů významně podpořit primární produkci a navíc bude s velkou pravděpodobností docházet i k denitrifikaci, protože kyslíkové podmínky budou narušeny rozkladem organické hmoty vytvořené v korytě primární produkcí (rozklad makrovegetace a fytoplanktonu). Navíc lze očekávat, že se mezi primárními producenty prosadí sinice (cyanobaktérie), které jsou schopny fixovat dusík ze vzduchu, a jeho přísun do systému se zvýší (Fuksa, Šťastný, 2016).

8.4.3 Technické aspekty

Mezi technické aspekty lze zařadit stávající (navrhovaný) systém odkanalizování obce s přímými dopady na množství odpadních vod přiváděných na ČOV a to jednak splaškových ale i srážkových.

Přepojení obyvatel na novou kanalizaci

Přepojení obyvatel na novou kanalizaci je žádoucí z důvodu požadovaného přítoku odpadní vody na novou ČOV. Přepojování nastává plynule společně s budováním kanalizace. Jedním z hlavních problémů nastává již při výstavbě kanalizace v obci, kdy obyvatelé obce jsou povinni přepojit systém odvádění odpadních vod ze stávajících septiků a žump na novou kanalizaci. Obzvláště starší lidé nejsou schopni fyzicky přepojení realizovat. Obec tak musí počítat již v přípravné fázi projektové dokumentace s vynaložením investičních prostředků, které použije na přepojení nemovitostí (někdy bývá investorem podceňováno).

Často diskutovanou otázkou obyvatel je, zda přepojení na novou kanalizaci je opodstatněné zákonem. Vlastník nemovitosti musí dostat časový prostor pro obstarání územního rozhodnutí (souhlasu) o umístění stavby kanalizační přípojky. Vlastník nemovitosti je povinen se na novou kanalizaci připojit.

Přepojení obyvatel na nově budovanou kanalizaci je zakotveno v následujících legislativních dokumentech:

- zákon č. 254/2001 Sb. o vodách (§ 5 zákona o vodách odstavce 3),
- zákon č. 183/2006 Sb. o územním plánování a stavebním úřadu (prováděcí vyhláškou č. 501/2006 Sb., o obecných požadavcích na využívání území, v § 24b odst. 2,
- zákon č. 274/2001 Sb. o vodovodech a kanalizacích (§ 3 odstavce 8),
- vyhláška č. 268/2009 Sb. (prováděcí vyhláška č. 268/2009 Sb. v technických požadavcích na stavbu, § 6 odstavec 3).

Přepojení srážkových odpadních vod

Čistírna odpadních vod není vybavena na likvidaci srážkových vod a při dešťové události může dojít k vyplavení hlavních objektů ČOV a eventuálně ekologickým škodám. Vypouštění srážkových vod do splaškové kanalizace je protizákonné, z právního hlediska jde o porušení zákona č. 274/2001 Sb. Řešení důsledku porušení zákona záleží na posouzení stavebního či vodoprávního úřadu.

Zatopení nejnižších míst na kanalizaci

Dalšími oprávněnými následkem je při dešťové události zatopení nejnižše položených nemovitostí, zejména při přivalových deštích. Provozovatelé tak napojení srážkových vod do splaškové kanalizace u nemovitostí v nutnosti zjišťují kouřovou metodou.

Přes veškeré uvedené informace je běžnou praxí, že někteří provozovatelé výjimečně povolí nebo spíše tiše tolerují napojení dešťového svodu na oddílnou splaškovou kanalizaci. Jedná se především o koncové nemovitosti, které se vyskytují v nepříznivých sklonových poměrech v obci. Důvodem tolerovaného napojení je při přivalových deštích pročištění problémových úseků vybrané kanalizační sítě.

Vyšší množství odváděné odpadní vody na ČOV

V současné době je u malých obcí problematika produkce odpadních vod na ČOV i opačná. Majitelé nemovitostí, kteří jsou napojeni na veřejný vodovod, využívají jednak veřejný vodovod a vodu z vlastních zdrojů (studny). Celkový součet spotřebované vody je pak nižší než množství vody přítékající na ČOV. V případě kanalizace gravitační (splaškové či jednotné) lze někdy menší rozdíl odůvodnit množstvím balastních vod, které se dostávají do kanalizace. Tento stav se vyskytuje i u obcí s tlakovou a podtlakovou kanalizací, kde se balastní vody nevyskytují a při návrhu nebo posouzení kanalizace a ČOV se zanedbávají.

Jedná se tedy o nekázeň občanů, kteří nedodržují podmínky kanalizačního řádu v obci. Doporučením je důkladná osvěta provozovatele, upozornit občany na dodržování podmínek při vypouštění odpadních vod do kanalizace.

Způsob stanovení ceny stočného při vyšším přítoku na ČOV

V případě negativního efektu osvěty občanů může být řešením pro provozovatele použití legislativních dokumentů. Způsoby zjišťování množství odpadních vod jsou v souladu s § 16 zákona č. 274/2001 Sb., a to ve stejné výši jako vodné tedy

odečtem vodoměru (dle velikosti odběru 1x ročně nebo 4x ročně nebo 12x ročně), použitím směrných čísel dle vyhlášky č. 120/2011 Sb., samostatným měřením zdroje nebo přímým měřením odpadních vod.

Podle zákona č. 274/2001 Sb., § 19, odst. 7 je uvedeno: „*Jestliže odběratel vodu dodanou vodovodem z části spotřebuje bez vypouštění do kanalizace a toto množství je prokazatelně větší než 30 m³ za rok, zjistí se množství vypouštěné odpadní vody do kanalizace buď měřením, nebo odborným výpočtem podle technických propočtů předložených odběratelem a ověřených provozovatelem, pokud se předem provozovatel s odběratelem nedohodli jinak.*“

Zvýšená koncentrace přitékajících odpadních vod na ČOV

V době sucha lze očekávat, že dojde k poklesu přitékajícího množství odpadních vod na ČOV. Vedle nedostatku srážkových vod, lze očekávat i důsledek nižší produkce splaškových vod z důvodu předpokládaných úsporných opatření ve spotřebě pitné vody. V oddílné kanalizaci dojde k poklesu balastních vod vlivem poklesu hladiny podzemní vody. Nižší průtoky kanalizací mohou mít za následek zvýšenou koncentraci přitékající odpadní vody na ČOV a zvýšenou sedimentaci v kanalizaci.

8.4.4 Ostatní faktory

Ostatní faktory nelze zanedbat a jsou výsledkem výše popsaných následků, mezi hlavní patří využívání srážkové vody, šedé vody, vybavení domácností úspornými spotřebiči, vlastní zdroje vody a sociálně ekonomické důvody obyvatel.

Využití srážkové vody

Využitím srážkové vody lze ušetřit až 50 % pitné vody. Nejčastější způsoby využití srážkové vody místo pitné je pro zalévání zelených ploch 79 %, splachování toalet 5 %, technickou údržbu 4 % (mytí aut, dvorů, napouštění bazénů a další) a praní 1 % (Raclavský, Biela, Vrána, Hluštík, Raček, Bartoník, 2013).

Využití šedé vody

Recyklace šedých vod je častým řešením především pro malé lokality. V České republice je využití šedých vod v počátcích, recyklaci vod využívá v novostavbách 2 % obyvatel (Raclavský, Biela, Vrána, Hluštík, Raček, Bartoník, 2013).

Úsporné spotřebiče

V dnešní době jsou spotřebiče různých energetických kategorií. U nových praček, myček a záchodů výrobci snižují nejen energetickou náročnost, ale i spotřebu vody. Šetrné spotřebiče vlastní a používá 86 % lidí, zbylých 14 % tvoří studenti bydlící na vysokoškolských kolejích a internátech (Benešová, 2014).

Vlastní zdroje pitné vody

Počet obyvatel, kteří vlastní a využívají zdroje pitné vody v malých obcích je cca 13 % (Benešová, 2014). Jedná se o studny využívající vodu pro přímou potřebu i k dalšímu užívání, což prakticky znamená, že vzniká další důvod odpojování se od

kolektivních distribučních systémů pitné vody z důvodu nezaplatnění individuálních odběrů (domovních studní).

Sociálně ekonomické aspekty

Produktivní obyvatelé z malých obcí odjíždí za prací do větších měst. V obci přitéká na ČOV přes den obvykle minimální průtok odpadní vody o nízkém znečištění, což je důvodem a doporučením pro redukci znečištění u obcí do 5000 EO.

8.5 DŮSLEDKY NÍZKÉ PRODUKCE VODY A ZNEČIŠTĚNÍ NA ČOV

Důsledky nízké produkce vody a znečištění na ČOV lze rozdělit do tří hlavních skupin: projekční důsledky, ekonomické důsledky a energetické důsledky.

8.5.1 Projekční důsledky při návrhu ČOV

Vzhledem k neustále se snižující spotřebě vody je důležité správné stanovení objemového množství a látkového zatížení, tzn. stanovení specifické produkce odpadní vody, určení ekvivalentních objemů stavebních objektů, strojních zařízení a dalších technologických objektů a zařízení.

Projekční fáze a kvalita zpracovávaných dat

Primární problém projektování může nastat již v přípravné fázi při nezajištění všech podkladů: občansko-technická vybavenost, podnikatelská činnost v obci, stavebně-technický stav stokové sítě, množství balastních vod, aktuální data o návrhových srážkách (období sucha s minimem srážek). Neaktuální a neúplná vstupní data mají negativní dopady na komplexní návrh stokové sítě a ČOV.

Novelizace legislativních dokumentů

Navrhování čistíren odpadních vod je zakotveno v tuzemské i evropské legislativě. Ne vždy se podařilo implementovat výklad evropské směrnice do legislativy jednotlivých států. Mnohdy obecné zpracování norem neposkytuje vždy potřebné informace pro návrh daného objektu, normy některé informace postrádají nebo jsou nedostačující pro návrh ČOV. Novelizace norem musí reagovat na aktuální trendy a novinky daného oboru s podporou názorů odborné veřejnosti a odborných skupin. V opačném případě může být návrh ČOV zatížen chybami již v projekční fázi.

Dřívější statistické vyhodnocení dat bylo z důvodu nedostupnosti výkonné výpočetní techniky v minulých letech zjednodušováno. Doposud však nebyla u některých dat provedena jejich aktualizace (př. stanovení přesnějších intenzit návrhových dešťů).

Akumulační schopnost nádrží

Na stávajících předimenzovaných čistírnách odpadních vod je možné využít volné kapacity nádrží pro připojení nových lokalit v obci a jsou schopny lépe odolávat nárazovému látkovému a hydraulickému zatížení. Technologie čištění musí být navržena s dostatečnou akumulační kapacitou objektů podle norem a na aktuální hodnoty návrhových parametrů. Důsledkem špatného návrhu ČOV jsou neadekvátní objemy nádrží pro reálné hodnoty látkového a objemového zatížení na přítoku.

Úprava technologie a zařízení

V současnosti se používají stále modernější technologie a strojně-technologická zařízení, které zvyšují efektivitu a současně minimalizují požadavky na obsluhu a energetické nároky. Při návrhu ČOV musí projektant sledovat vývoj nových zařízení a technologií, které by měl při návrhu zohlednit a doporučit. Příkladem je při snížení energetické náročnosti systému starších čistíren odpadních vod doporučení k osazení chybějících frekvenčních měničů na čerpadlech a dmyhadlech.

Změna produkce odpadů

Produkováný odpad na ČOV lze rozdělit z mechanického předčištění (shrabky z česlí - kód odpadu 190801, odpady z lapáku písku - kód odpadu 190802) a biologického čištění (stabilizovaný kal - kód odpadu 190805). Podle zákona č. 185/2001 Sb. o odpadech se jedná o ostatní odpad.

Produkce odpadů roste s počtem připojených osob na kanalizaci a vybaveností obce (často se podceňují vinařské obce a rekreanti), další vliv na množství odpadu má stavebně-technický stav kanalizace. Produkce odpadu shrabků, písku a kalu je přímo úměrná návrhovým parametrům a ovlivňuje ji množství, kvalita vody a návrhové technologické parametry. Dopady špatných návrhových parametrů jsou rozdílné produkované a objemové množství odpadů na ČOV s přímým dopadem na navrhovanou velikost objemů nádrží a kontejnerů, na změnu vnosu znečištění recipientů a úpravu svozu jednotlivých odpadů.

8.5.2 Ekonomické důsledky provozu ČOV

Pro země v Evropské Unii platí zásada samofinancování a návratnosti nákladů, pro čistírny odpadních vod je průměrná návratnost cca 85-90 %. Pro provozování infrastruktury je uváděno, že návratnost 100 % je dosažena na provozování, avšak rychle se snižuje při započtení nových investic a rekonstrukcí infrastruktury, a to na cca 10-15 %. Dlouhodobý pokles spotřeby vody má negativní vliv na ekonomiku vodárenských společností, které jsou nuceny zvednout vodné a stočné.

Vliv kapacity ČOV na investiční a provozní náklady

Navržená technologie čištění odpadních vod pro skutečný počet EO je rozhodující parametr pro stanovení provozně-investičních nákladů. Pro počet EO se navrhuje technologie, objemy nádrží a strojní vybavení ČOV a nastavují hodnoty emisních standardů na odtoku. Chybné stanovení kapacity ČOV (počet EO) technologických objektů a zařízení má zásadní vliv na předpokládané investiční a provozní náklady.

Investiční náklady

V přípravné fázi projektové dokumentace jsou v podmínkách směrnice Rady 91/271/EHS o splnění jakosti množství odváděných vod vynaloženy nepřiměřené náklady pro obce, které způsobují zbytečné zadlužení obcí. Přípravované projekty čistíren odpadních vod jsou často předdimenzované, navrhované na vyšší látkové zatížení a vyšší objemové množství odpadních vod. Jedná se především o investice do dříve schválených projektů realizovaných v současnosti.

Při aktualizaci výpočtu a návrhu technologické linky ČOV na skutečné hodnoty látkového a hydraulického zatížení lze předpokládat snížení investičních prostředků při výstavbě.

Provozní náklady

Cílem každého provozovatele by měla být finanční optimalizace provozu ČOV docílená zlepšením účinnosti čištění, energetickou náročností provozu a náročností na obsluhu. Provozní náklady na čistírnu odpadních vod lze předpokládat nižší při snížení objemového množství odpadní vody a látkového zatížení a naopak. Náklady zahrnují položky především na elektrickou energii, chemikálie, materiál a další.

Na stávajících ČOV je při její rekonstrukci (intenzifikaci) třeba zvážit výměnu strojního zařízení (čerpadla, dmyhadla), systém řízení množství dodávaného vzduchu do aktivační nádrže v závislosti na koncentraci amoniakálního a dusičnanového dusíku (podle velikosti ČOV), plnou automatizaci provozu ČOV, zohlednit stávající způsob likvidace odpadu z ČOV (skládka, kompostárna, spalování) pro reálné množství produkováných odpadů.

Analýza rizikovosti povrchových vod

V přípravné fázi projektové dokumentace je důležitá analýza rizikovosti povrchových vod z hlediska kvantitativního stavu (vztah odběrů k základnímu odtoku z recipientu) a z hlediska chemického stavu (dopady bodových zdrojů znečištění, vstup látek z plošných zdrojů ze zemědělství - dusík, pesticidy). Změna znečištění povrchových vod zvyšuje náklady na její úpravu (povrchový zdroj), která se promítá do vodného.

Pro vyhodnocení povrchových i podzemních vod podle ekologického hlediska se používají abiotičtí ukazatelé, biotické složky (fytoplankton, fytoENTOS, makrofyty a ryby), ale i znečišťující látky jako BSK₅, CHSK_{Cr}, NL, N_c a P_c (Durčák, 2014).

Požadavek terciárního stupně

Splnění neustále se zpřísňujících limitů (NV č. 401/2015 Sb.) pro odstranění fosforu již nebude možné splnit pouhým zvýšením dávkování chemikálií. V praxi tak bude nutné dosažení limitů P_c na odtoku zajistit další investicí, výstavbou třetího stupně čištění odpadních vod, což bude vyžadovat komplikovanější zadávání do výběrových řízení nad limity veřejných zakázek (Svaz měst a obcí České republiky, 2015).

Zpoplatnění obcí za nadměrné vypouštění znečištění

Výhledově lze předpokládat, že zpřísnění ukazatele P_c u obcí bez terciárního stupně čištění od velikosti cca 400 EO a obcí se znečištěnými odpadními vodami dokonce od cca 250 EO, způsobí zpoplatnění daného ukazatele za nadměrné vypouštění znečištění do recipientu (Připomínky k připravované novele zákona o vodách, 2018).

8.5.3 Energetické důsledky na ČOV

Čistírny odpadních vod nejsou často provozovány v optimálním energetickém režimu. Malé čistírny odpadních vod jsou provozně většinou neekonomické, protože nevyrábí elektrickou energii z kogenerace bioplynu.

Cílem energetického posouzení čistírny vod je snížení spotřeby elektrické energie jednotlivých spotřebičů. Problémem při plánování úsporných opatření u menších čistíren odpadních vod může být často nedostatek informací o spotřebě energie při stávajícím stavu. Toho je dosaženo energetickým auditem čistírny odpadních vod, optimalizací procesů provzdušňování, čerpání, optimalizací jednotlivých spotřebičů a optimalizací odvodnění kalu.

Nižší spotřeba elektrické energie

Většina zařízení na ČOV je navržena na vyšší průtoky než jsou průtoky reálné. Proto by hlavní strojní zařízení měly mít frekvenční měniče z důvodu nižší spotřeby elektrické energie. Zařízení bez frekvenčního měniče jsou provozně energeticky náročnější s nutností pravidelné regulace aktuálnímu průtoku média.

Spotřebiče s velkým příkonem

Pro provoz čistírny je nutné posoudit technologická zařízení, stroje a spotřebiče, které mají hlavní energetický vliv na celkové posouzení ČOV. Jedná se převážně o čerpadla na přítoku na ČOV, čerpadla přebytečného a vratného kalu, míchadla a dmychadla. Čím častěji se kontinuálně čerpadla používají, tím je důležitější, aby měla dostatečnou energetickou účinnost a byla provozně spolehlivá.

Zvýšené náklady na čerpání vlivem balastních vod

Stavebně-technický stav kanalizace má přímý vliv na spotřebu energie na ČOV. Balastní vody zvyšují náklady na čerpání, přičemž čerpadla jsou jedním z hlavních spotřebičů, které mají zásadní dopad na celkové energetické náklady.

Zvýšené náklady na čerpání vlivem srážkových vod

Přímé napojení srážkových vod do splaškové kanalizace je častým problémem při provozu oddílné kanalizace. Tento problém nastává často při výstavbě nové oddílné stokové sítě, kdy majitel nemovitosti neprovede oddělení splaškových a srážkových odpadních vod a ponechá původní společný systém odvodu odpadních vod.

Srážkové vody nesmí být podle kanalizačních řádů provozovatele napojeny do splaškové kanalizace a to z několika důvodů:

- a) zvyšují objemové množství odpadních vod přitékajících na ČOV,
- b) nařezávají odpadní vody a snižují koncentrace ukazatelů kvality odpadní vody,
- c) snižují teplotu odpadní vody,
- d) mohou upravovat hodnotu pH odpadní vody.

Tento problém lze řešit snížením množství srážkové vody pomocí kontroly napojení dešťových svodů na kanalizaci a zvýšením těsnosti kanalizačních poklopů, které zabrání nátoky srážkové vody do kanalizace.

Napojení srážkových vod do splaškové kanalizace zvyšuje náklady na čerpání odpadní vody na ČOV. Ojedinelé napojení srážkových vod do čerpacích jímek na tlakové kanalizaci u jednotlivých nemovitostí je zcela paradoxní. Vlastníci nemovitostí si sami platí náklady na elektrickou energii za odvod odpadních vod z čerpacích

jímek na ČOV a nátok srážkových vod zvyšuje četnost čerpání, opotřebením zařízení a provozní náklady vlastníků (Mazák, Dvorský, Václavík, Zajac, Hlušík, 2017).

Velký příkon starých spotřebičů a zařízení

Výrobci strojních zařízení už většinou plně využili všech nabízených možností pro optimalizaci jejich činnosti. Současná strojní zařízení jsou vyráběna v souladu s inovativními technologiemi. Cílem posouzení spotřebičů a zařízení je optimalizace návrhu spotřebiče v poměru cena, výkon a stáří zařízení. Provozovatel řeší výměnu zařízení v souladu s plány obnovy nebo v případě nutnosti havarijního stavu daného zařízení. Výměna spotřebičů a zařízení se provádí na základě ekonomické analýzy investičních a provozních nákladů. Při návrhu nového zařízení je důležité zohlednit aktuální parametry zatížení ČOV s vyhodnocením provozu za tři roky zpětně.

Neefektivní provoz strojního zařízení

Strojní zařízení (čerpadla a dmyhadla bez frekvenčních měničů), která dodávají menší nebo větší množství média, mohou mít za důsledek snížení účinnosti systému a změnu provozních parametrů objektů ČOV v jednotlivých stupních. Při snížené nebo zvýšené účinnosti strojního zařízení může dojít k práci motoru zařízení mimo pracovní oblast. V případě variabilního průtoku převáděného pouze jedním zařízením dochází k tomu, že v některých časových úsecích zařízení pracuje neefektivně.

Efektivita zařízení se zvýší využitím frekvenčního měniče, pro menší průtoky zůstává stále nízká. Možností je nahrazení jednoho zařízení, případně několika zařízení, větším počtem zařízení s menší kapacitou každého z nich. V tomto případě je kapacita celého systému zachována, je ale zvýšena jeho flexibilita. Na rozdíl od ostatních metod regulace průtoku je frekvenční měnič energeticky efektivní.

Využití obnovitelných zdrojů energie

Další možností snížení energetického potenciálu je využití obnovitelných zdrojů energie (tepla přitékající odpadní vody) pomocí tepelných čerpadel, s využitím tohoto tepla pro snížení provozních energetických nákladů ČOV.

8.6 CELKOVÉ SHRNUÍ

V případě návrhu odkanalizování a likvidace odpadních vod v obci dochází vždy k variantnímu řešení odkanalizování obce, které vychází z podnětů zastupitelstva obcí, plánu rozvoje vodovodu a kanalizací (PRVKÚK) daného kraje a doporučení zpracovatele. Každé variantní řešení se snaží o ekonomické posouzení investičních a provozních nákladů uvádějící obvyklou cenu uznatelných nákladů pro obec. Dokumentace variant odkanalizování obcí mnohdy končí jako nerealizovatelné projekty z důvodu nedostatečných ekonomických možností obce.

Z výše popsaných důvodů je důležité, aby projektant při návrhu ČOV byl kompletně seznámen s veškerými podklady posuzované obce. Při návrhu technologie čištění odpadních vod doporučuji vycházet z kapitoly 7. Doporučení při návrhu technologie ČOV. Projektant by měl navrhnout technologii čištění odpadních vod vždy s ohledem na volený nebo stávající způsob odkanalizování obce.

Již při zpracování prvního stupně projektové dokumentace (studie) se musí dobře zvážit použití návrhových parametrů pro výpočet ČOV. Velikost stavebních objektů a strojního zařízení se významně podílí na celkové velikosti plochy ČOV s přímými dopady na investiční náklady výstavby ČOV. Pro malé obce jsou investiční (i provozní) náklady na výstavbu ČOV limitující i s podporou dotačních titulů. Ekonomická realizovatelnost projektu se neobejde bez dotačních titulů a je zřejmé, že samofinancování ČOV je pro tyto obce nereálné. Cena za výstavbu (rekonstrukci či intenzifikaci) nové či stávající čistírny odpadních vod s modifikovanými parametry pak může být pro obce přijatelnější. Vysoká finanční spoluúčast obce a její zadlužení může být a bývá častým hlavním důvodem, proč obec centrální likvidaci a čištění odpadních vod nechce řešit. Alternativním řešením pro tyto obce zůstává pak decentralizované čištění odpadních vod u jednotlivých nemovitostí (obvykle domovní ČOV, žumpy, septiky doplněné v kombinaci se zemním filtrem a kořenové ČOV).

Při návrhu ČOV s modifikovanými parametry, lze teoreticky předpokládat, že při výstavbě hlavních stavebních objektů vybavených strojním zařízením za srovnatelných podmínek, budou investiční náklady v komparaci s používanými normovými hodnotami bez redukce znečištění (ČOV typu „C“):

- na splaškové kanalizaci nižší pro objekty aktivační, dosazovací a uskladňovací nádrže,
- na tlakové kanalizaci nižší pro objekt dosazovací nádrže a vyšší pro objekty aktivační a uskladňovací nádrže,
- na podtlakové kanalizaci nižší pro objekt dosazovací nádrže a srovnatelné pro objekty aktivační a dosazovací nádrže.

Hlavním důvodem jsou rozdílné návrhové hodnoty látkového zatížení a nižší hodnoty hydraulického zatížení ČOV. Při návrhu odkanalizování a čištění odpadních vod v obci, jsou investiční náklady rozhodující pro její realizaci. Finanční náklady jsou při hodnocení investičního záměru hlavním kritériem, kterým je posuzovaná investice na obyvatele (EO) v Kč.

Současná aktuální státní finanční podpora je Výzva č. 17/2017 v rámci Národního programu Životní prostředí, vyhlášená Ministerstvem životního prostředí (MŽP) prostřednictvím Státního fondu životního prostředí (SFŽP). Cílem výzvy je omezení znečištění povrchových a podzemních vod z komunálních zdrojů prostřednictvím domovních ČOV do kapacity 50 EO, kde není možné technické řešení v napojení na společnou kanalizaci (Národní program Životní prostředí, 2018). Druhou aktuální výzvou MŽP je 116. výzva „Operačního programu Životní prostředí 2014-2020“ na podporu výstavby kanalizace a retenčních nádrží za předpokladu existence vyhovujících ČOV v aglomeraci (Ministerstvo životního prostředí, 2019).

Cílem kapitoly je poukázat na odlišný návrh objektů ČOV pro různé systémy odkanalizování. Návrh ČOV je proveden pro velikostní řady 250, 500, 1000, 1500 a 2000 EO pro různé modifikované parametry specifické produkce odpadní vody a znečištění. Návrh ČOV zohledňuje současný aktuální stav a trend klesající potřeby vody v České republice.

9 ZÁVĚR

Česká republika patří k zemím se standardní evropskou úrovní v oboru čištění odpadních vod, a to v oblasti legislativy i navrhovaných čistírenských technologií.

Ať už jsou důvody jakékoliv, faktem je, že neustále klesá v České republice spotřeba vody a denní produkce odpadní vody na osobu za den. Skutečné látkové i objemové zatížení čistíren odpadních vod je mnohdy výrazně menší než projektovaná kapacita stanovená pomocí ukazatele EO-BSK₅.

Stávající normy a dosavadní přístup nezohledňují při návrhu čistírny odpadních vod způsob dopravy odpadní vody a pro její výpočet používají stejné návrhové hodnoty produkce znečištění odpadní vody. Tyto hodnoty byly stanoveny v době jiných ekonomických, sociálních a technických podmínek a jejich používání je projektanty dlouhodobě konzervativně zažito.

Předložená habilitační práce modifikuje použití návrhových normových parametrů podle ČSN EN 752, ČSN 75 60401 a ČSN 75 6402 u ČOV do 2000 EO. Až poslední novelizace normy ČSN 75 6402 (2017) doporučuje použití nižší specifické hodnoty produkce odpadní vody, ale při zachování stávajících hodnot redukce znečištění bez rozdílu způsobu dopravy odpadní vody na čistírnu odpadních vod.

9.1 VLASTNÍ PŘÍNOSY A DOPORUČENÍ

Hlavním přínosem habilitační práce je předložená modifikace návrhových parametrů pro výpočet čistíren odpadních vod do 2000 EO. Veškerá doporučení vychází ze získané praxe, ze zpracovávaných znaleckých posudků, odborných posouzení, vědecko-výzkumných expertních zpráv a grantových projektů, jehož jsem byl řešitelem nebo spoluřešitelem po dobu působení na VUT v Brně, FAST.

Modifikace návrhových parametrů je určena pro ukazatele specifické produkce odpadní vody a specifické produkce znečištění ukazatelů BSK₅, CHSK_{Cr}, NL, N_c a P_c pro různé systémy odkanalizování (gravitační jednotná, gravitační oddílná splašková, oddílná tlaková a podtlaková kanalizace). Specifická produkce znečištění ukazatelů kvality vody pro jednotlivé způsoby odkanalizování je vyjádřena v g.os⁻¹.den⁻¹ nebo variantně procentuální redukcí oproti současným normovým hodnotám.

Přínos práce spočívá v upřesnění stávajících návrhových hodnot používaných při návrhu čistíren odpadních vod na gravitační kanalizaci a stanovení nových hodnot při návrhu čistíren odpadních vod na oddílné tlakové a podtlakové kanalizaci. Při návrhu ČOV na gravitační oddílné splaškové a jednotné kanalizaci je doporučeno jakým způsobem stanovit množství balastních vod. Způsob stanovení balastních vod ve stokové síti není prozatím v legislativních podmínkách ČR zakotven.

Přínosem práce je doporučení k návrhu technologie ČOV, upřesnění návrhových normových parametrů používaných pro technologický výpočet jednotlivých objektů čistíren odpadních vod, získaných po dobu odborné praxe.

Pro čistírny odpadních vod je doporučena navržená metodika hodnocení energetické náročnosti, která je certifikovaná Ministerstvem Zemědělství.

Modifikované parametry ČOV jsou implementovány pro různé velikostní řady ČOV do 2000 EO a různé způsoby dopravy. Přínosem práce je výpočet pro 75 ČOV různých velikostních kategorií, který je možné aplikovat projektanty v praxi. Snahou byla komparace velikosti hlavních objektů ČOV pro stávající a modifikované hodnoty.

Povinnou součástí souhrnných technických zpráv projektových dokumentací je posouzení vlivu a dopadů na životní prostředí. Popsané důsledky nízké produkce odpadní vody a produkce znečištění jsou doporučením především pro projektanty, provozovatele a vlastníky kanalizací a ČOV, ale i odbornou veřejnost.

Stanovení kapacity ČOV pomocí ekvivalentních obyvatel vyjádřené ukazatelem BSK₅ je zakotveno v evropské směrnici Rady 91/271/EHS i české legislativě. Doporučuji zvážit možnost stanovení hodnoty EO přes jiný ukazatel nebo při budoucí novelizaci dokumentu NV č. 401/2015 Sb. upravit pojem „maximálního průměrného týdenního zatížení“. Vyhodnocení EO pomocí maximálního průměrného týdenního zatížení se v praxi nepoužívá s ohledem na technický postup stanovení ukazatele BSK₅.

V současné době není v České republice publikace v dané problematice, která by zohledňovala zpětnou vazbu a požadavky provozovatelů čistíren odpadních vod.

9.2 PŘÍNOSY PRO PRAXI

Hlavním přínosem práce je modifikace návrhových parametrů specifické produkce znečištění pro různé systémy odkanalizování. Návrhové parametry specifické produkce znečištění pro alternativní systémy odkanalizování lze uplatnit i v zahraničí, protože je zde obdobný přístup k výpočtu a návrhu ČOV.

Hlavní cílovou skupinou uživatelů navržených výsledků a doporučení jsou všechny projekční kanceláře v České republice působící v oblasti „Stokování a čištění odpadních vod“, které mohou aplikovat dané poznatky při návrhu, posouzení, rekonstrukci či intenzifikaci Čistíren odpadních vod do 2000 EO. Výsledky práce slouží pro provozovatele a vlastníky vodohospodářské infrastruktury, kteří provozují (vlastní) stokovou síť a čistírny odpadních vod.

Předpokládané skupiny uživatelů jsou také techničtí auditoři, certifikační autority při zpracování auditu, orgány provádějící benchmarkingová šetření výkonových ukazatelů ČOV, instituce provádějící statistická šetření v oblasti vodního hospodářství, instituce vyhodnocující rizika a dopady s důrazem na ochranu životního prostředí z pohledu environmentální bezpečnosti, projektové organizace při přípravě a vyhodnocení investičních projektů s dopady na hospodaření s energií, finanční instituce a orgány poskytující finanční prostředky pro investiční akce v rámci hodnocení ekonomické efektivity, neziskové organizace vyhodnocující sociální dopady, organizace zajišťující sociální služby pro veřejnost, management společností zabývajících se využitím obnovitelných zdrojů a inspekční orgány v oblasti vodního hospodářství.

Potenciálním uživatelem informací je také Odbor a regulace vodárenství na Ministerstvu zemědělství České republiky, jehož úkolem je sledování výkonnostních parametrů s případnými dopady do cen vodného stočného.

9.3 DALŠÍ ROZVOJ PROBLEMATIKY

V habilitační práci jsem definoval velké množství poznatků a výsledků, které jsem získal a dosáhl po celou dobu mé odborné praxe. Problematika je značně rozsáhlá a nelze ji považovat za uzavřenou.

9.3.1 Z hlediska praxe

Z hlediska praxe je důležité prosadit nový přístup pro navrhování čistíren odpadních vod v kategorii do 2000 EO. Zavedení nových návrhových parametrů bude souviset s ochotou managementu firmy přizpůsobovat se novým směrům v oblasti „Stokování a čištění odpadních vod“.

Zkušené projekční kanceláře si uvědomují rozdílnost kvality odpadní vody pro různé kanalizační systémy, tomu se snaží většinou přizpůsobit návrhové parametry pro výpočet nové ČOV. Parametry specifické produkce znečištění pro tyto systémy odkanalizování nelze interpretovat jako překvapivé, kvalita odpadní vody v těchto systémech vykazuje horší parametry pro všechny ukazatele.

Odborné skupiny v Asociaci pro vodu ČR (CzWA) zabývající se problematikou čistíren odpadních vod se podílejí na přípravě novelizací legislativních dokumentů, připomínají je a vyjadřují se k podaným návrhům. Diskuze nad problematikou návrhu ČOV je řešením jak provést rekodifikaci příslušných legislativních dokumentů.

Hlavními tematickými okruhy navrhované změny legislativních dokumentů by měla být problematika stanovení kapacity EO, tak aby odpovídala normám ČSN 75 6401, ČSN 75 6402 a Nařízení vlády č. 401/2015 Sb. a technické proveditelnosti stanovení pomocí daného ukazatele a byla jednotně používána provozovateli ČOV. Dalším cílem je sjednotit stanovení počtu EO z občansko-technické vybavenosti obce české a evropské legislativy. Tento způsob stanovení je důležité spojit s přesnějším určením hodnoty specifické produkce znečištění pro jednotlivou občansko-technickou vybavenost obce, tak aby odpovídala reálnějším hodnotám a nebyla jednotně do výpočtu používána hodnota $60 \text{ g.os}^{-1}.\text{den}^{-1}$. Dalším doporučením je upřesnění návrhu technologie jednotlivých objektů ČOV spočívající v doplnění chybějících parametrů, podrobnějším popisu návrhových parametrů a novelizací nepoužívaných hodnot.

Pro doplnění vytyčených cílů je vhodné zpracovat metodickou příručku, kterou je nutné pravidelně aktualizovat s ohledem na současný vývoj tuzemské a evropské legislativy, environmentálních dopadů na životní prostředí a nového výzkumu.

Popularizaci dané problematiky je vhodné rozšířit na tuzemských konferencích, seminářích a školeních celoživotního vzdělávání. Cílem popularizace nového směru je eliminace projekčních chyb při návrhu ČOV a snížení energetických nákladů a provozních problémů.

9.3.2 Z akademického hlediska

Závěry z habilitační práce určují směr modifikace návrhových parametrů pro městské čistírny odpadních vod v kategorii nad 2000 EO. Vytyčeným cílem je využití stávajících poznatků a její obdobná implementace pro vybrané kategorie čistíren odpadních vod. Zejména bude potřeba posoudit více stavebních objektů a strojních zařízení, především v kalovém hospodářství.

U městských čistíren odpadních vod se předpokládá reciproční vývoj produkovaného znečištění oproti obcím do 2000 EO. Důvodem jsou vyšší investice do obnovy vodohospodářského majetku, snížení množství nátok balastních vod a tím zvýšené koncentrace odpadní vody přitékající na ČOV. U městských ČOV převládají pouze gravitační systémy odkanalizování s lokálními místy pro čerpání splaškových odpadních vod.

Pro hodnocení městských ČOV bude zapotřebí vyžádat si více provozních dat a informací od provozovatele. Cílem stanovení by mělo být kromě standardních emisních koncentračních limitů posouzení zbytkového organického znečištění v odtocích z městských ČOV. Jedná se o koncentrace látek tzv. „emerging pollutants“, které se nově objevují v odpadních vodách z důvodu změny životního stylu obyvatelstva (zbytky léčiv, drog, hormonálních léků, dezinfekčních prostředků či prostředků osobní hygieny). Způsoby odstraňování těchto látek musí minimalizovat nepříznivé účinky na životní prostředí.

Zásadním problémem je nedostatečná legislativa v této problematice, kterou bude nutno implementovat do norem a legislativních dokumentů. Některé státy EU již vyčlenili finanční prostředky na podporu nových technologií, podporujících likvidaci zbytkových koncentrací organického znečištění. Tyto státy v současné době připravují legislativní změny v oblasti navrhovaných technologií pro „emerging pollutants“, což by měl být cíl novelizace legislativy i v ČR.

Zásadním při posouzení městských čistíren odpadních vod bude energetická modifikace a posouzení energetické náročnosti ČOV. Obecně platí, že čím má čistírna odpadních vod vyšší kapacitu, tím by měla být energetická náročnost nižší a měla by mít vyšší stupeň využití kalového plynu. Energetická náročnost ČOV závisí vždy na její velikosti a skutečném zatížení. Energetickou optimalizací jednotlivých strojně technologických zařízení a technologického procesu provzdušňování, čerpání a odvodnění kalu dosáhneme těmito opatřeními úspor cca 20 % pro čistírny odpadních vod do 20000 EO. U větších čistíren odpadních vod nad 20000 EO, kde je možnost modifikace kalového hospodářství, využití bioplynu po anaerobním zpracování kalu, je potenciál úspor cca 30 % stávajících provozních nákladů.

Dalším cílem by mělo být doporučení ke snižování eutrofizace povrchových vod postupným zvyšováním účinnosti odstraňování fosforu. Při současném vybavení mnohdy teprve nedávno dokončených ČOV se bude muset jednat skutečně o postupný proces, neboť tento úkol bude vyžadovat přestavbu většiny ČOV s kapacitou nad 10000 EO na provozy s terciárním srážením fosforečanů.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] AEMPFER, H.W.; BERNDT, M.; VOIGTLAENDER, G. *Estimation Of Residual Service Life For Existing Sewerage Systems*, 2002, [online], [cit. 2018-11-11]. Dostupné z: <http://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB9270.pdf>.
- [2] Al-Saati, Nabeel. (2006). *Design calculations of a municipal wastewater treatment plant at Al-Hur/Kerbala/Iraq*. 10.13140/RG.2.2.25938.15049.
- [3] BARNETT, Harold a A.W (Sandy) ORMISTON. *Manual for On-Site Wastewater Design and Management: Technical Report to Support Policy Development. : Report No: 2007/EXT/778* [online]. s. 95 [cit. 2018-12-13]. ISBN: 1-877413-69-0. Dostupné z: https://www.horizons.govt.nz/HRC/media/Media/One%20Plan%20Documents/On-Site-Wastewater-Design-Manual_April-07.pdf?ext=.pdf.
- [4] *Biofilter and odor control systems products and solutions*. Bioteg.com [online]. [cit. 2017-10-08]. Dostupné z: <http://www.bioteg.com/biofilter>.
- [5] *Conceptual Design of a Wastewater Treatment Plant for the Municipality of Cotorro, Province of Havana, Cuba*. The Association for the Study of the Cuban Economy [online]. 2005 [cit. 2018-12-09].
- [6] Council Directive 2010/75/EU. *On industrial emissions (integrated pollution prevention and control)*. Directive of the European Parliament and the Council, 2010.
- [7] Council Directive 2008/50/EC. *On ambient air quality and cleaner air for Europe*. Directive of the European Parliament and of the Council. 2008.
- [8] Council Directive Regulation (EC) No. 2003/2003. *Commission Regulation of the European Parliament and of the Council relating to fertilisers for the purposes of adapting Annexes I, II and IV thereto to technical progress*. Directive of the European Parliament and of the Council relating to fertilizers. 2003.
- [9] Crespo, P.G. *Sistema de esgotos*. Editora UFMG. 1997. 31 p. In Portuguese.
- [10] CUEVASANTA, E.; CARBALLAL, S.; ZEIDA, A.; ALVAREZ, B. *Insights into the mechanism of the reaction between Hydrogen sulfide and peroxyxynitrite*. Free Radical Biology and Medicine. 2014. [cit. 2018-11-09]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2014.12.017>.
- [11] Český statistický úřad: *Vodovody, kanalizace a vodní toky - 2017* [online]. [cit. 2018-10-17]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/vodovody-kanalizace-a-vodni-toky-2017>.
- [12] ČSN 75 6101. *Stokové sítě a kanalizační přípojky*. In: Praha: Český normalizační institut, 2004.
- [13] ČSN 75 6401. *Čistírny odpadních vod pro ekvivalentní počet obyvatel (EO) větší než 500*. In: Praha: Český normalizační institut, 2014.
- [14] ČSN 75 6401. *Čistírny odpadních vod pro než 500 ekvivaletních obyvatel*. In: Praha: Český normalizační institut, 2006.
- [15] ČSN 75 6402. *Čistírny odpadních vod do 500 ekvivalentní počet obyvatel*. In: Praha: Český normalizační institut, 2017.
- [16] ČSN EN 16932-1. *Odvodňovací a stokové systémy vně budov – Čerpací systémy – Část 1: Obecně*. In: Praha: Český normalizační institut, 2019.

- [17] ČSN EN 16932-2. *Venkovní tlakové systémy stokových sítí a kanalizačních přípojek. Čerpací systémy – Část 2: Přetlakové systémy*. In: Praha: Český normalizační institut, 2018.
- [18] ČSN EN 752. *Odvodňovací systémy vně budov – Vedení kanalizace*. In: Praha: Český normalizační institut, 2017.
- [19] ČSN EN 1085. *Čištění odpadních vod - Slovník*. In: Praha: Český normalizační institut, 1998.
- [20] ČSN EN 1899-1. *Jakost vod - Stanovení biochemické spotřeby kyslíku po n dnech (BSKn) - Část 1: Zředovací a očkovací metoda s přidavkem allylthiomocoviny*. In: Praha: Český normalizační institut, 1999.
- [21] ČSN EN 16247-1. *Energetické audity – Část 1: Obecné požadavky*. In: Praha: Český normalizační institut, 2013.
- [22] ČSN EN 16231. *Energetická účinnost – Metodika benchmarkingu*. In: Praha: Český normalizační institut, 2013.
- [23] ČSN EN 16212. *Energetická účinnost a výpočty úspor – Metody top-down a bottom-up*. In: Praha: Český normalizační institut, 2013.
- [24] ČSN EN 124-1. *Poklopy a vtokové mříže pro dopravní plochy - Část 1: Definice, klasifikace, konstrukční zásady, funkční požadavky a zkušební metody*. In: Praha: Český normalizační institut, 2017.
- [25] ČSN EN 12255-9. *Čistírny odpadních vod – Část 9: Kontrola pachů a odvětrání*. In: Praha: Český normalizační institut, 2003.
- [26] ČSN EN ISO 50 001. *Systémy managementu hospodaření s energií – Požadavky s návodem k použití*. In: Praha: Český normalizační institut, 2019.
- [27] DURČÁK, Martin. *Metodika hodnocení chemického a ekologického stavu útvarů povrchových vod kategorie řeka pro druhý cyklus plánů povodí v ČR: Metodika hodnocení chemického a ekologického stavu útvarů povrchových vod kategorie řeka pro druhý cyklus plánů povodí v ČR* [online]. Ministerstvo životního prostředí: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, 2014, , 1-18 [cit. 2019-01-02].
- [28] DWA-A 131. *Bemessung von einstufigen Belebungsanlagen: Wastewater - Waste*. 2016. German ATV rules and standards. 978-3-88721-331-2.
- [29] DWA-A 116-1. *Besondere Entwässerungssysteme Teil 1: Unterdruckentwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden*. Arbeitsblatt. Hennef : DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall, 2005. 1. vydání. ISBN: 978-3-937758-15-2.
- [30] DWA-A 126E. *Principles for Wastewater Treatment in Sewage Treatment Plants according to the Activated Sludge Process with Joint Sludge Stabilisation with Connection Values between 500 and 5.000 Total*. 1993. German ATV rules and standards. ISBN: 978-3-934984-15-8.
- [31] Evropská agentura pro životní prostředí. *Spotřeba vody v Evropě* [online]. 2018 [cit. 2019-04-08]. Dostupné z: <https://www.eea.europa.eu/cs/signaly/signaly-2018/clanky/spotreba-vody-v-evrope-2013>.
- [32] FUKSA, Josef a Václav ŠTASTNÝ. *Dopady odpadních vod na jakost povrchových vod v době sucha. Úkol: „Činnosti k podpoře výkonu státní správy v problematice SUCHO v roce 2016“, úkolový list 31* [online]. In: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, odbor 240. Praha, 2016 [cit. 2018-12-06].

- [33] Guidelines for the design of small sewage treatment plants. *Environmental Protection Department: The Government of the Hong Kong* [online]. [cit. 2018-12-09]. Dostupné z: https://www.epd.gov.hk/epd/sites/default/files/epd/english/environmentinhk/water/guide_ref/files/guide_wpc_stp_txt.pdf.
- [34] GRAY, N.F. *Biology Of Wastewater Treatment (2nd Edition): Series On Environmental Science And Management – Volume 4* [online]. Dublin. 2004 [cit. 2018-12-09]. ISBN: 978-1-78326-118-5. Dostupné z: <https://doi.org/10.1142/p266>.
- [35] HENZE, Mogens, Poul HARREMOES, Jes la Cour JANSEN a Erik ARVIN. *Wastewater Treatment: Biological and Chemical Processes* [online]. Published by Springer. ThriftBooks (AURORA, IL, U.S.A.), 2001 [cit. 2018-12-10]. ISBN: 9783540422280.
- [36] Heinonen-Tanski, H.; Matikka, V. *Chemical and Microbiological Quality of Effluents from Different On-Site Wastewater Treatment Systems across Finland and Sweden. Water* 2017, 9, 47.
- [37] HENZE, Mogens a Dr. Yves COMEAU. *Wastewater Characterization: Online Course on Biological Wastewater Treatment: Principiles, Modelling and Ddesign* [online]. 2008 [cit. 2018-12-10]. Dostupné z: https://ocw.un-ihe.org/pluginfile.php/463/mod_resource/content/1/Urban_Drainage_and_Sewerage/5_Wet_Weather_and_Dry_Weather_Flow_Characterisation/DWF_characterization/Notes/Presentation%20handouts.pdf.
- [38] HLAVÍNEK Petr, MIČÍN Jan, PRAX, Petr HLUŠTÍK, Petr MIFEK, Radim. *Stokování a čištění odpadních vod*. Studijní opora, modul 1, 2. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Brno, 2006.
- [39] HLAVÍNEK, P.; HLUŠTÍK, P. *Současný stav a blížký výhled městského odvodnění*. In Zborník z konferencie s medzinárodnou účasťou 9. Zdravotno-technické stavby-Malé vodné diela-Krajina a voda. 1. Košice: Elsewa, 2010. s. 1-2. ISBN: 978-80-89385-11-9.
- [40] HLAVÍNEK, P.; HLUŠTÍK, P.; ŠULCOVÁ, V. *Čistírna odpadních vod za deště*. In: *Odpadní vody - WASTEWATER 2003*. Praha, Česká republika: AČE ČR, 2003. s. 415-418. ISBN: 80-239-0573-2.
- [41] HLAVÍNEK, P.; HLUŠTÍK, P.; RAČEK, J. *Výzkumná zpráva HS12760004L/2017 Odborné posouzení projektové dokumentace i kntenzifikaci čistírny odpadních vod v obci Boskovice*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Centrum AdMaS, 2015. s. 1-85.
- [42] HLUŠTÍK, Petr. *Optimalizace návrhových parametrů ČOV v obcích do 2000 EO*. *Tzb-info* [online]. 28.1.2019 [cit. 2019-01-23]. ISSN: 1801-4399. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/t.py?t=55&i=124318>.
- [43] HLUŠTÍK, P. *Zakládání stok z pohledu uložení potrubí pod hladinu podzemních vod*. In: *Wavin Ekoplastik* [online]. 2018 [cit. 2018-11-10]. Dostupné z: <https://www.wavin.com/cs-cz/Novinky/Novinky/Zakladani-stok-z-pohledu-ulozeni-potrubu-pod-hladinu-podzemnich-vod>.
- [44] HLUŠTÍK, P. *Practical assessment of the SWMM programme*. AEE 2017, ISSN: 1755-1307. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Bristol, UK, 2017.
- [45] HLUŠTÍK, P.; RACLAVSKÝ, J. *Vliv kvality odpadní vody z alternativních způsobů odkanalizování na technologii ČOV*. In *Rekonštrukcie stokových sietí a čistiarní odpadových vod*. 1. Bratislava, Slovenská republika: Výskumný ústav vodného hospodárstva Bratislava, 2015. s. 362-366. ISBN: 978-80-89740-08-6.

- [46] HLUŠTÍK, P.; ÚTERSÝ M.; DVORSKÝ, T.; VÁCLAVÍK, V. *Use of the program SWMM to simulate rainfall runoff from urbanized areas*. Advances and Trends in Engineering Sciences and Technologies II - Proceedings of the 2nd International Conference on Engineering Sciences and Technologies, pp. 413-418. ESaT 2016.
- [47] HUŠTÍK P.; NOVOTNÝ J. *The testing of standard and recyclable filter media to eliminate hydrogen sulphide from sewerage systems*. Water (Switzerland), 10 (6), 689. ISSN: 2073-4441. MDPI AG, Basel, Switzerland, 2018.
- [48] HLUŠTÍK, Petr, Jaroslav RACLAVSKÝ a Petr KAVALÍR. *Metodika pro vyhodnocení energetické náročnosti kanalizačních sítí*. Osvědčení Ministerstva zemědělství o uznání certifikované metodiky č. 84196/2014-MZE-15100. Česká republika. 2014.
- [49] HLUŠTÍK, Petr. *Dosazovací nádrž za deště*. In Problematika vodního hospodářství 2003. Praha, Česká republika: ČVUT v Praze, 2003. s. 56. ISBN: 80-01-02844-5.
- [50] HLUŠTÍK, P.; ZELENÁKOVÁ M. *Risk analysis of failures on sewer systems in the municipalities of the Czech republic*. Polish Journal of Environmental Studies, 2019; 29.
- [51] <http://www.ovodarenstvi.cz>. *Ve světě je čištěno jen 20 % odpadních vod, v ČR vyčistíme 78 %*. [online]. 2013 [cit. 2018-11-07]. Dostupné z: <http://www.ovodarenstvi.cz/clanky/aprovak-ve-svete-je-cisteno-jen-20-odpanich-vod-v-cr-vycistime-78>.
- [52] <http://www.cenavody.cz>. *Podle jakých pravidel se stanovuje cena vody?* [online]. 2014 [cit. 2018-11-07]. Dostupné z: <http://www.cenavody.cz/clanky/podle-jakych-pravidel-se-stanovuje-cena-vody>.
- [53] CHMÁTAL, Petr a Jaroslav POLLERT. *Posouzení dosazovací nádrže pomocí matematického modelu a měření*. Studentská vědecká konference [online]. 2015, České vysoké učení technické v Praze, Katedra [cit. 2018-11-27].
- [54] Irena Benešová. *Dopady klesající spotřeby vody na čistírnu odpadních vod*. Brno, 2014. 81 s. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce Ing. Petr Hluštík, Ph.D.
- INAMORI, Yuhei, Kai- Qin XU, Ryuhei INAMORI a Hiroki INOUE. *On-site Domestic Wastewater Treatment (JHKASOU) performance evaluation and development status of environmental technology verification system in Japan: Workshop in China* [online]. 2012 [cit. 2018-12-17]. Dostupné z: <http://www.fais.or.jp/bioeco/pdf/120524ina.pdf>.
- [55] International comparisons of per capita consumption: *Water and the environment*. Environment Agency by Aquaterra [online]. 2008, 1-35 [cit. 2018-12-09]. Dostupné z: <https://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20140328161547/http://cdn.environment-agency.gov.uk/geho0809bqtd-e-e.pdf>.
- [56] Inventory of municipal wastewater treatment plants of coastal mediterranean cities (2010): mediterranean action plan. *United Nations Environment Programme* [online]. 2011 [cit. 2019-01-02]. Dostupné z: <https://wedocs.unep.org/rest/bitstreams/2175/retrieve>.
- [57] Irish Examiner: *Average water consumption declined in 2016* [online]. 2018 [cit. 2019-04-08]. Dostupné z: <https://www.irishexaminer.com/breakingnews/ireland/average-water-consumption-declined-in-2016-861187.html>.

- [58] JEDLIČKOVÁ, V.; HLAVÍNEK, P.; HLUŠTÍK, P. *Energetické úspory na čistírně odpadních vod v důsledku řízení biologického čištění*. In *Odpadové vody 2016*. 1. Bratislava: Asociácia čistiarenských expertov Slovenskej republiky, 2016. s. 43-47. ISBN: 978-80-89882-00-7.
- [59] Jenssen Sola, K.; Bjerkholt, J.T.; Lindholm, O.G.; Ratnaweera, H. *Infiltration and Inflow (I/I) to Wastewater Systems in Norway, Sweden, Denmark and Finland*. *Water* 2018, 10, 1696.
- [60] Karagiannidis, Avraam & Samaras, Petros & Kasampalis, Themistoklis & Perkoulidis, George & P, Ziogas & Zorpas, Antonis. (2011). *Evaluation of sewage sludge production and utilization in Greece in the frame of integrated energy recovery*. *Desalination and water treatment*. doi: 10.5004/dwt.2011.2613.
- [61] Karagozoğlu, Bunyamin & Altin, Ahmet. (2003). *Flow-rate and pollution characteristics of domestic wastewater*. *International Journal of Environment and Pollution - INT J ENVIRON POLLUTION*. 19. 10.1504/IJEP.2003.003314.
- [62] KARPFF, Ch.; KREBS, P. *Quantification of groundwater infiltration and surface water inflows in urban sewer networks based on a multiple model approach*. *Water Research*, 2011, (45): 3129-3136.
- [63] KOČÍ, Vladimír. *Prací prostředky způsobující eutrofizaci* [online]. 2002 [cit. 2019-01-13]. Dostupné z: <http://ekotoxikologie.sweb.cz/toxlab/knihovna/detergenty.htm>.
- [64] KUDRNOVÁ, E.; HLUŠTÍK, P. *Návrh hodnocení technických ukazatelů pro stokové systémy*. 12. *Zdravotno-technické stavby - Malé vodné diela - Krajina a voda*. 1. Košice: ELSEWA s.r.o., 2013. s. 1-9. ISBN: 978-80-89385-27-0.
- [65] LAITINEN, Jyrki. *Urban water supply and wastewater treatment in Finland Legislation and Practices*. *Finnish Environment Institute SYKE* [online]. 2015 [cit. 2018-12-13]. Dostupné z: [http://www.urban%20water%20supply%20and%20wastewater%20treatment%20in%20Finland%20\(1\).pdf](http://www.urban%20water%20supply%20and%20wastewater%20treatment%20in%20Finland%20(1).pdf).
- [66] LIN, Shundar a C. C. LEE. *Water and wastewater calculations manual*. 2nd ed. New York: McGraw-Hill, c2007. ISBN 978-0-07-147624-9.
- [67] LONG, Trinh Thi, Dang Minh CHUONG, Pham The VINH a Duong Cong CHINH. *Impacts of Urban Wastewater on Water Quality of the Lake at Rach Gia Bay in the Mekong Delta Vietnam*. *Journal of Geography, Environment and Earth Science International* [online]. (5(3): 1-12, 2016; Article no.JGEESI.23521) [cit. 2018-12-17]. ISSN: 2454-7352. Dostupné z: http://www.journalrepository.org/media/journals/JGEESI_42/2016/Feb/Long532015JGEESI23521.pdf.
- [68] MATCALF, Eddy. *Wastewater engineering: treatment, disposal and reuse*. Inc. 3. ud, 1334 p.
- [69] MALÝ, Josef, MALÁ, Jitka. *Chemie a technologie vody*. Studijní opora, modul 1, 2, 3, 4. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Brno 2006.
- [70] MAZÁK, J.; DVORSKÝ, T.; VÁCLAVÍK, V.; ZAJAC, R.; HLUŠTÍK, P., *The proposal of recommendations for the operation of vacuum sewerage*. AEE 2017, ISSN: 1755-1307. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Bristol, UK, 2017.

- [71] Nařízení vlády č. 401/2015 Sb.: *Nařízení vlády o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech*. In: ročník 015, Praha, číslo 401.
- [72] MAGTIBAY, Bonifacio B. *Philippine Regulations on Sanitation and Wastewater Systems: Biosphere Environment and Health Systems Series, Volume 2* [online]. 2006, 1-193 [cit. 2018-12-09]. ISSN: 971-92113-2-6. Dostupné z: <http://www.itnphil.org.ph/docs/sanitation%20-%20wastewater%20-magtibay.pdf>.
- [73] Mesdaghinia, A., Nasser, S., Mahvi, A.H. et al. *The estimation of per capita loadings of domestic wastewater in Tehran*. J Environ Health Sci Engineer (2015) 13:25. <https://doi.org/10.1186/s40201-015-0174-2>.
- [74] Mesdaghinia, A., Nasser, S., Mahvi, A. H., Tashauoei, H. R., & Hadi, M. (2015). *The estimation of per capita loadings of domestic wastewater in Tehran*. Journal of environmental health science & engineering. 13, 25. doi:10.1186/s40201-015-0174-2.
- [75] Ministerstvo životního prostředí - Výzva č. 116: k podávání žádostí o poskytnutí podpory v rámci „Operačního programu Životní prostředí 2014 - 2020“. *Ministerstvo životního prostředí* [online]. 20.8.2018 [cit. 2019-03-25]. Dostupné z: https://www.sfzp.cz/files/documents/storage/2019/01/04/1546613081_Text%20vyzvy_116_PO1_SC1-1.pdf.
- [76] Ministerstvo životního prostředí - Dotace Vodovody a kanalizace. *Ministerstvo životního prostředí* [online]. 17.2.2019 [cit. 2019-03-28]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/mze/dotace/narodni-dotace/dotace-ve-vodnim-hospodarstvi>.
- [77] Mucha, Zbigniew & Mikosz, J. (2018). *Analysis of unit pollution loads for small wastewater treatment plants*.
- [78] *Národní akční plán adaptace na změnu klimatu: Implementační dokument Strategie přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR* [online]. Ministerstvo životního prostředí, 2015, 1-60 [cit. 2019-01-02]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/narodni_akcni_plan_zmena_klimatu/\\$FILE/OEOK-NAP_text_20170127.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/narodni_akcni_plan_zmena_klimatu/$FILE/OEOK-NAP_text_20170127.pdf).
- [79] Národní program Životní prostředí - Výzva č. 17/2017: Výzva č. 17/2017 pro předkládání žádostí o poskytnutí podpory v rámci Národního programu Životní prostředí na téma: „Domovní čistírny odpadních vod“. Ministerstvo životního prostředí [online]. 3.7.2018 [cit. 2019-03-25]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/znečisteni_vod_prevence_vyzva.
- [80] *Nástroj pro výpočet udržitelnosti vodohospodářských projektů* [online]. 2016 [cit. 2019-01-02]. Dostupné z: <http://www.opzp.cz/o-programu/aktuality-a-tiskove-zpravy/nastroj-pro-vypocet-udrizitelnosti-vodohospodarskych-projektu>.
- [81] NESMĚRÁK, Ivan. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*. Města a obce jako zdroj dusíku [online]. 1996 [cit. 2018-11-01]. ISSN: 1805-6555.
- [82] Newsletter and Technical Publications. International Source Book On Environmentally Sound Technologies for Wastewater and Stormwater Management. 1.1 Wastewater characteristics (Topic a). *United Nations Environment Programme, sion of Technology, Industry and Economics* [online]. 2000 [cit. 2018-12-10]. Dostupné z: <http://www.unep.or.jp/ietc/Publications/TechPublications/TechPub-15/3-1Africa/11.asp>.

- [83] Onsite Wastewater Treatment Systems Manual: A Performance Based Approach for. *U.S Environmental Protection Agency* [online]. 2004 [cit. 2018-12-10].
- [84] *Operační program životního prostředí: Zlepšování kvality vod a snižování rizika povodní* [online]. Státní fond životního prostředí, 2015 [citace 2018-12-12]. Dostupné z: <http://www.ozp.cz/podporovane-oblasti/1-snit-mnozstvi-vypousteneho-znecistení-dopovrchovych-i-podzemnich-vod-z-komunalnich-zdroju-a-vnos-znecistujících-latek-dopovrchovych-a-podzemnich-vod?id=10>.
- [85] O vodarenstvi.cz. *Spotřeba vody se loni zvýšila na 88,7 litru na den a osobu*. [online]. 9.5.2018 [cit. 2019-01-29]. Dostupné z: <http://www.ovodarenstvi.cz/clanky/spotreba-vody-se-loni-zvysila-na-88-7-litru-na-den-a-osobu>.
- [86] PANDEY, S.K.; KIM, K.; TANG, K. *A review of sensor-based methods for monitoring hydrogen sulfide*. Trends Anal. Chem. 2012; 32:87–99.
- [87] PITTER, Pavel. *Hydrochemie. 4.*, aktualiz. vyd. Praha: Vydavatelství VŠCHT Praha, 2009. ISBN: 978-80-7080-701-9.
- [88] *Příprava realizace opatření pro zmírnění negativních dopadů sucha a nedostatku vody* [online]. 2015 [cit. 2019-01-02]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/mze/voda/legislativa/dalsi-metodicke-pomucky/zakon-o-vodach/priprava-realizace.html>.
- [89] Přípomínky k připravované novele zákona o vodách. Svaz měst a obcí České republiky [online]. 2015 [cit. 2018-12-02]. Dostupné z: <http://www.smocr.cz/cz/oblasti-cinnosti/zivotni-prostredi/pripominky-k-pripravovane-novele-zakona-o-vodach.aspx>.
- [90] *Public Water and Wastewater Services in France, Economic, Social and Environmental Data: Economic, Social and Environmental Data, 6th edition* [online]. 2015 [cit. 2018-12-09].
- [91] PYTL, Vladimír. *Příručka provozovatele čistírny odpadních vod. 2. vyd.* Líbeznice: Medim pro SOVAK ČR, 2012. ISBN: 978-80-87140-26-0.
- [92] Quantos litros de água consome por dia. *Diario de Noticias* [online]. 2018 [cit. 2019-01-02]. Dostupné z: <https://www.dn.pt/portugal/interior/agua-cada-consumidor-gasta-em-media-187-litros-por-dia---regulador-9194359.html>.
- [93] RACLAVSKÝ, J.; BIELA, R.; VRÁNA, J.; HLUŠTÍK, P.; RAČEK, J.; BARTONÍK, A. *Greywater and rainwater management in buildings*. Advanced Materials Research. ISSN: 1022-6680, Trans Tech Publications Ltd, Zurich-Durnten, Switzerland, 2013.
- [94] Raclavský, Jaroslav, HLUŠTÍK, Petr. *Vybrané statě ze stokování a ČOV*. Studijní opora, modul 1, A-Stokování, B-ČOV. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Brno, 2009.
- [95] RANGANATHAN, S.S. *Frequently asked Questions on WASTE WATER: India Water Portal is an Arghyam initiative* [online]. 2017 [cit. 2018-12-09]. Dostupné z: http://www.indiawaterportal.org/sites/indiawaterportal.org/files/IWP_FAQ_STP-wastewater_0.pdf.
- [96] *Revised EIA Report of Design Construction, Operation and, maintenance of STP & Sewer Network at Saidpur Patna Bihar under NGRBA.: Project Title: Design Construction, Operation and, maintenance of STP & Sewer Network at Saidpur Patna Bihar under NGRBA* [online]. 2015 [cit. 2018-12-17]. Dostupné z: https://nmcg.nic.in/writereaddata/fileupload/35_EIARreportof%20Saidpur%20Sewerage%20System.pdf.

- [97] ROTH, Susanna, Helene EJHED, Mona Olsson ÖBERG, Katarina HANSSON, IVL SWEDEN, Elmar DORGELOH a Berta HERSCHL. *Maintenance regulation of small wastewater treatment facilities: Case studies in Germany, Poland and Sweden* [online]. 2017, 1-38 [cit. 2018-12-09]. Dostupné z: <https://optitreat.ivl.se/download/18.1369484715f59ce4bab1cf9/1511945211876/Maintenance%20regulations%20Report%20WP%205.3%20Optitreat%202017-02-13.pdf>.
- [98] *Rozmístění a koncentrace obyvatelstva ČR: Velikostní struktura obcí*. Český statistický úřad [online]. 2016 [cit. 2018-10-11].
- [99] SELENE, CH. J. *1. Draft prepared. Hydrogen sulfide: human health aspects*. Geneva: World Health Organization, 2003. ISBN: 9241530537.
- [100] Sewer Sentry. *The Simple Solution for Sewer Inflow and Corrosio*. [online]. [cit. 2018-11-14]. Dostupné z: <http://sewersentry.com/>.
- [101] South Australian Community Wastewater Management System (CWMS) Design Criteria: The South Australian Local Government Association and the South Australian Department for Health & Ageing. *Local Government Asociation of South Australia* [online]. 2015, 1-54 [cit. 2018-12-09]. Dostupné z: <https://www.lga.sa.gov.au/webdata/resources/files/CWMS%20Design%20Guidelines%20Rev%20G%20-%20For%20Public%20Consultation.pdf>.
- [102] SPERLING, Marcos. *Biological Wastewater Treatmenr Series: Wastewater Characteristics, Treatment and Disposal* [online]. IWA Publishing: Alliance House, 12 Caxton Street, London SW1H 0QS, UK, 2007 [cit. 2018-12-08]. ISBN: 13:9781843391616. Dostupné z: <https://www.iwapublishing.com/sites/default/files/ebooks/9781780402086.pdf>.
- [103] SHUNOVA, Kristina. *COMMISSIONING OF A SMALL-SCALE WASTEWATER TREATMENT PLANT: Bachelor's Thesis Environmental Engineering* [online]. 2016 [cit. 2018-12-13].
- [104] Směrnice Evropského parlamentu a Rady č. 91/271/EHS o čištění odpadních vod, 1991.
- [105] Směrnice Evropského parlamentu a Rady č. 60/2000/ES, kterou se stanoví rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky, 2000.
- [106] ŠEVČÍK, J.; RAČEK, J.; HLUŠTÍK, P.; HLAVÍNEK, P.; DVOŘÁK, K. *Microwave pyrolysis full-scale application on sewage sludge*. Desalination and Water Treatment (online), 2018, vol. 112, no. 2018, p. 161-170. ISSN: 1944-3986.
- [107] TALAIEKHOZANI, A.; BAGHERI M.; GOLI, A. *An overview of principles of odor production, emission, and control methods in wastewater collection and treatment systems*. Journal of Environmental Management [online]. s. 186-206. ISSN: 0301-4797. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479716300196?via%3Dihub>.
- [108] *The Study on Improvement of Planning Capability in Sewerage Sector in Malaysia: Volume 1 - Sewerage Policy for New Developments* [online]. 2015, 1-157 [cit. 2018-12-09]. Dostupné z: http://open_jicareport.jica.go.jp/pdf/11932357_03.pdf.
- [109] TNV 75 6925 *Obsluha údržba stok*. In: Praha. Český normalizační institut. 2008.
- [110] TNV 75 6613. *Navrhování aeračních systémů čistíren odpadních vod. Pneumatická aerace*. In: Praha: Český normalizační institut, 1997.

- [111] TZB info. *Podmínky ovlivňující funkčnost a bezproblémový provoz biologických ČOV* [online]. 2005 [cit. 2018-11-09]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/likvidace-odpadnich-vod/2876-podminky-ovlivnujici-funkcnost-a-bezproblemovy-provoz-biologickych-cov>.
- [112] United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO). *Nature based solutions for water, The United Nations World Water Development Report 2018* [online]. France, 2018 [cit. 2018-11-08]. ISBN: 978-92-3-100264-9. Dostupné z: <http://unesdoc.unesco.org/images/0026/002614/261424e.pdf>.
- [113] Věstník Ministerstva životního prostředí. *Metodický pokyn k odboru ochrany vod MŽP k nařízení vlády č. 229/2007 Sb.* [online]. 2007, XVII [cit. 2018-11-14]. ISSN: tištěná verze 0862-9013.
- [114] VILMAIN, J.B.; Courousse V. *Kinetic study of hydrogen sulfide absorption in aqueous chlorine solution*. Chemical Engineering Research and Design. 2014. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.cherd.2013.07.015>.
- [115] VEOLIA [online]. Česká republika: VEOLIA, 2016 [cit. 2016-08-13]. Dostupné z: <http://www.veolia.cz/cs>.
- [116] The Scottish Government. *Non-household water charges* [online]. 2006 [cit. 2018-11-08]. Dostupné z: <http://www.gov.scot/Resource/Doc/154907/0041641.pdf>.
- [117] Vodohospodářská společnost Dobříš. *Informace o obnově vodohospodářské infrastruktury a vývoji ceny vody* [online]. 2015 [cit. 2019-01-29]. Dostupné z: <http://www.vhs-dobris.cz/informace-o-obnove-vodohospodarske-infrastruktury-a-vyvoji-ceny-vody/>.
- [118] Vyhláška č. 405/2017 Sb. *Vyhláška o dokumentaci staveb, kterou se mění vyhláška č. 499/2006 Sb., o dokumentaci staveb, ve znění vyhlášky č. 62/2013 Sb., a vyhláška č. 169/2016 Sb., o stanovení rozsahu dokumentace veřejné zakázky na stavební práce a soupisu stavebních prací, dodávek a služeb s výkazem výměr* [online]. Částka 144/2017. In: Praha, 2018 [cit. 2018-12-06].
- [119] Vyhláška č. 120/2011 Sb. *Vyhláška kterou se mění vyhláška Ministerstva zemědělství č. 428/2001 Sb., kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích), ve znění pozdějších předpisů* [online]. [cit. 2018-10-18]. 2011.
- [120] Vyhláška č. 125/2004 Sb. *kteou se stanoví vzor poplatkového hlášení a vzor poplatkového přiznání pro účely výpočtu poplatku za odebrané množství podzemní vody*. [online]. [cit. 2018-10-18]. 2004.
- [121] Vyhláška č. 501/2006 Sb. *Vyhláška o obecných požadavcích na využívání území*. [online]. [cit. 2018-10-18]. 2006.
- [122] Vyhláška č. 26/2009 Sb. *Vyhláška o technických požadavcích na stavby*. [online]. [cit. 2018-10-18]. 2009. [online]. [cit. 2018-12-12]. 2012.
- [123] Vyhláška č. 480/2012 Sb. *Vyhláška o energetickém auditu a energetickém posudku*.
- [124] WANNER, Jiří. *Čištění odpadních vod v ČR: Vývoj a současná situace*. In: Vodní hospodářství [online]. 2017. [cit. 2018-10-11].
- [125] WANNER, Jiří. *Čištění - Základní kritérium* [online]. In: 2000 [cit. 2018-11-03]. DOI: <https://odpady-online.cz/cisteni-zakladni-kriterium/>.

- [126] WANNER, Filip. *Češi platí za vodu devátou nejnižší částku v Evropě* [online]. 21.8.2018 [cit. 2018-12-08]. Dostupné z: <https://echo24.cz/a/SyYrL/cesi-plati-za-vodu-devatou-nejnizsi-castku-v-evrope>.
- [127] *Wastewater Treatment Manuals: Treatment Systems for Small Communities, Business, Leisure Centres and Hotels* [online]. Ireland: Environmental Protection Agency, 1999 [cit. 2018-12-11]. ISBN: 189996596. Dostupné z: <http://www.epa.ie/>.
- [128] Wastewater Produced In The UK Home. *Water Technology Engineering Ltd.* [online]. 2018 [cit. 2018-12-09]. Dostupné z: <https://www.wte-ltd.co.uk/wastewater-amounts-in-the-home.html>.
- [129] *Water and Wastewater Services in the Austria: A State of the Sector, Regional Report* [online]. 2015, 1-132 [cit. 2018-12-09]. Dostupné z: http://www.danube-water-program.org/media/publications/SoS_Report.pdf.
- [130] *WAREG: European Water Regulators* [online]. 2018 [cit. 2019-04-08]. Dostupné z: <http://www.wareg.org/index.php>.
- [131] WILLEY, B. F.; JENNINGS, H.; MUROSKI, F. *Removal of Hydrogen Sulfide With Potassium Permanganate. American Water Works Association: Page Count: 5* [online]. 1964 [cit. 2018-03-24]. Dostupné z: <http://www.jstor.org/stable/41264210>.
- [132] World Health Organization WHO: [online]. [cit. 2018-10-18]. Dostupné z: <http://www.euro.who.int/en/home>.
- [133] Zákon č. 274/2001 Sb. *Zákon o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích)*. In: ročník 2001, číslo 274.
- [134] Zákon č. 71/2000 Sb. *Zákon o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů, a některé další zákony*. In: ročník 2000, číslo 71.
- [135] Zákon č. 185/2001 Sb. *Zákon o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon)*. In: ročník 2001, číslo 185.
- [136] Zákon č. 183/2006 Sb. *Zákon o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon)*. In: ročník 2006, číslo 183.
- [137] ZHANG, D.; DU, J.; TANG, Ch.; HUANG, Y.; JIN, H. *H₂S-Induced Sulfhydration: Biological Function and Detection Methodology*. *Frontiers and Pharmacology* [online]. 2017 [cit. 2018-15-08]. Dostupné z: <https://doi.org/10.3389/fphar.2017.00608>.
- [138] *Zneškodňování odpadních vod v obcích do 2000 ekvivalentních obyvatel*. Ministerstvo životního prostředí České republiky: Metodická příručka [online]. Praha 10, 2009 [cit. 2018-10-26]. Dostupné z: <https://www.mzp.cz>.
- [139] *Zpráva o stavu vodního hospodářství ČR v roce 2016: Vodní hospodářství* [online]. Ministerstvo zemědělství, 2017 [cit. 2018-10-11]. ISBN: 978-80-7434-377-3.
- [140] ZSABOKORSKY, Ferenc. Present and Future Sewage Sludge Treatment in Hungary and its Energetic Utilisation. *Journal of Residuals Science & Technology* [online]. 2013, (Vol. 10, No. 4) [cit. 2018-12-13]. Dostupné z: <http://www.dpi-journals.com/index.php/JRST/article/viewFile/1938/1536>.

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1 Podíl napojených obyvatel na ČOV v kategorii do 2000 EO (ČSSÚ, 2016)</i>	14
<i>Obr. 2 Průměrná spotřeba vody ve členských státech EU</i>	20
<i>Obr. 3 Průměrná produkce odpadní vody</i>	59
<i>Obr. 4 Orientační stanovení množství balastních vod</i>	63
<i>Obr. 5 Druhy poruch na stokové síti provozované obcemi - vlastníky</i>	65
<i>Obr. 6 Průměrná produkce biochemické spotřeby kyslíku BSK₅</i>	67
<i>Obr. 7 Průměrná produkce chemické spotřeby kyslíku CHSK_{Cr}</i>	68
<i>Obr. 8 Průměrná produkce nerozpuštěných látek NL</i>	69
<i>Obr. 9 Průměrná produkce celkového dusíku N_c</i>	70
<i>Obr. 10 Průměrná produkce amoniakálního dusíku NH₄</i>	71
<i>Obr. 11 Průměrná produkce celkového fosforu P_c</i>	72
<i>Obr. 12 Vyhodnocení parametru pH</i>	83
<i>Obr. 13 Orientační procentuální rozdělení investičních prostředků na ČOV do 2000 EO</i>	122
<i>Obr. 14 Rozdělení investičních prostředků do výstavby hlavních stavebních objektů ČOV</i>	123
<i>Obr. 15 Rozdělení investičních prostředků do technologie ČOV</i>	123
<i>Obr. 16 Srovnání objemů aktivací nádrže pro různé systémy odkanalizování</i>	125
<i>Obr. 17 Požadované množství vzduchu pro různé systémy odkanalizování</i>	126
<i>Obr. 18 Srovnání objemů dosazovací nádrže pro různé systémy odkanalizování</i>	127
<i>Obr. 19 Srovnání objemů uskladňovací nádrže na kal pro různé systémy odkanalizování</i>	128

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Emisní standardy: koncentrace ukazatelů přípustného znečištění vypouštěných odpadních vod (NV č. 401/2015 Sb.)	11
Tab. 2 Emisní standardy: přípustná minimální účinnost čištění vypouštěných odpadních vod (NV č. 401/2015 Sb.)	12
Tab. 3 Hodnoty produkce odpadní vody vybraných členských států EU v $l.os^{-1}.den^{-1}$	17
Tab. 4 Hodnoty produkce odpadní vody vybraných států na světě v $l.os^{-1}.den^{-1}$	18
Tab. 5 Orientační hodnoty míry infiltrace v kanalizaci (Crespo, 1997)	24
Tab. 6 Návrhové hodnoty produkce znečištění v gramech na osobu za den	26
Tab. 7 Přepoččet občansko-technické vybavenosti obce na EO	27
Tab. 8 Hodnoty produkce odpadní vody a znečištění pro vybranou vybavenost obce	28
Tab. 9 Specifická produkce znečištění „s _o “ odpadních vod v $g.obyv^{-1}.den^{-1}$ (ČSN 75 6401, 75 6402)	33
Tab. 10 Orientační hodnoty znečištění průmyslových vod	37
Tab. 11 Přepoččet občansko-technické vybavenosti obce na počet EO (orientační hodnoty)	40
Tab. 12 Přepoččet průmyslového znečištění obce na počet EO (orientační hodnoty)	41
Tab. 13 Návrhové ukazatelé obcí s gravitační jednotnou kanalizací	44
Tab. 14 Rozbory kvality odpadní vody v obcích s gravitační jednotnou kanalizací	44
Tab. 15 Projektované informace o ČOV na gravitační jednotné kanalizaci	45
Tab. 16 Návrhové ukazatelé obcí s gravitační oddílnou splaškovou kanalizací	45
Tab. 17 Rozbory kvality odpadní vody v obcích s gravitační oddílnou splaškovou kanalizací	46
Tab. 18 Projektované informace o ČOV na gravitační oddílné splaškové kanalizaci	46
Tab. 19 Návrhové ukazatele obcí s oddílnou tlakovou kanalizací	47
Tab. 20 Rozbory kvality odpadní vody v obcích s oddílnou tlakovou kanalizací	47
Tab. 21 Projektované informace o ČOV na oddílné tlakové kanalizaci	48
Tab. 22 Návrhové ukazatelé obcí s oddílnou podtlakovou kanalizací	48
Tab. 23 Rozbory kvality odpadní vody v obcích s oddílnou podtlakovou kanalizací	49
Tab. 24 Projektované informace o ČOV na oddílné podtlakové kanalizaci	49
Tab. 25 Celkové srovnání ukazatelů kvality vody rozdílných kanalizačních systémů	50
Tab. 26 Celkové srovnání poměrů kvality vody rozdílných kanalizačních systémů	53
Tab. 27 Srovnání produkce vody a hydraulického zatížení ČOV pro různé systémy odkanalizování ..	58
Tab. 28 Hodnota koeficientu Y pro orientační určení balastních vod	64
Tab. 29 Srovnání počtu poruch na $10 km.rok^{-1}$ (Hlušík, Zeleňáková, 2019)	65
Tab. 30 Vyhodnocení specifické produkce znečištění ukazatelů kvality vody na ČOV	66
Tab. 31 Modifikace návrhových parametrů specifické produkce znečištění	73
Tab. 32 Srovnání kvality svozových a komunálních odpadních vod	77
Tab. 33 Vyhodnocení počtu EO pro jednotlivé ukazatele kvality vody	80
Tab. 34 Zatřídění ČOV do energetické třídy	105
Tab. 35 Návrhové parametry ČOV pro vzájemné posouzení	108
Tab. 36 Návrh normové ČOV typu „A“ pro zvolené kategorie EO pro všechny typy odkanalizování .	110
Tab. 37 Návrh normové ČOV typu „B“ pro zvolené kategorie EO pro všechny typy odkanalizování .	111
Tab. 38 Návrh normové ČOV typu „C“ pro zvolené kategorie EO pro všechny typy odkanalizování .	112
Tab. 39 Návrh modifikované ČOV typu „D“ pro zvolené kategorie EO na splaškové kanalizaci	113

<i>Tab. 40 Návrh modifikované ČOV typu „E“ pro zvolené kategorie EO na splaškové kanalizaci</i>	<i>114</i>
<i>Tab. 41 Návrh modifikované ČOV typu „F“ pro zvolené kategorie EO na splaškové kanalizaci</i>	<i>115</i>
<i>Tab. 42 Návrh modifikované ČOV typu „D“ pro zvolené kategorie EO na tlakové kanalizaci</i>	<i>116</i>
<i>Tab. 43 Návrh modifikované ČOV typu „E“ pro zvolené kategorie EO na tlakové kanalizaci</i>	<i>117</i>
<i>Tab. 44 Návrh modifikované ČOV typu „F“ pro zvolené kategorie EO na tlakové kanalizaci</i>	<i>118</i>
<i>Tab. 45 Návrh modifikované ČOV typu „D“ pro zvolené kategorie EO na podtlakové kanalizaci</i>	<i>119</i>
<i>Tab. 46 Návrh modifikované ČOV typu „E“ pro zvolené kategorie EO na podtlakové kanalizaci</i>	<i>120</i>
<i>Tab. 47 Návrh modifikované ČOV typu „F“ pro zvolené kategorie EO na podtlakové kanalizaci</i>	<i>121</i>

SEZNAM ZKRATEK

AOX	Halogenové organické sloučeniny
AN	Aktivační nádrž
ATV	Abwassertechnische Vereinigung
BAT	Nejlepší dostupné technologie
BET	Beton
BSK	Biochemická spotřeba kyslíku
BSK ₅	Pětidenní biochemická spotřeba kyslíku
CO ₂	Oxid uhličitý
CHSK	Chemická spotřeba kyslíku
CHSK _{Cr}	Chemická spotřeba kyslíku stanovena dichromanem draselným
CHSK _{Mn}	Chemická spotřeba kyslíku stanovena manganistanem draselným
CzWA	Asociace pro vodu ČR
C ₉₀	Percentil - pravděpodobnost překročení 90 %
C ₉₅	Percentil - pravděpodobnost překročení 95 %
ČOV	Čistírna odpadních vod
ČS	Čerpací stanice
ČSN	Česká technická norma
ČSN EN	Evropská převzatá norma
ČR	Česká republika
DČS	Domovní čerpací stanice
DPH	Daň z přidané hodnoty
DN	Dosazovací nádrž
DN 300	Dimenze potrubí (přibližný vnitřní průměr) průměru 300 mm
DSP	Dokumentace stavebního povolení
DUR	Dokumentace územního řízení
DWA	Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall
EAGRI	Webový portál Ministerstva zemědělství
EHS	Evropská hospodářské společenství
EO	Ekvivalentní obyvatel
EO-BSK	Ekvivalentní obyvatel určený přes parametr BSK ₅
EO-CHSK	Ekvivalentní obyvatel určený přes parametr CHSK _{Cr}
EU	Evropská unie
FAST	Fakulta stavební
GSM	Globální Systém Mobilní komunikace
H ₂ O	Voda
H ₂ S	Sirovodík
HPV	Hladina podzemní vody
IWA	International Water Association
KMnO ₄	Manganistan draselný
K ₂ Cr ₂ O ₇	Dichroman draselný
OPŽP	Operační program životního prostředí
LP	Lapák písku

MČOV	Malá čistírna odpadních vod (do 5000 EO)
MS	Mělnící systémy
MS Excel	Microsoft Office Excel, tabulkový procesor
MZe	Ministerstvo zemědělství
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
NL	Nerozpuštěné látky
NH ₄ ⁺	Amoniak a amonné ionty
N-NH ₃	Amoniakový dusík
N-NH ₄ ⁺	Amoniakální dusík
N-NO ₂ ⁻	Dusitanový aniont
N-NO ₃ ⁻	Dusičnanový aniont
N _{anorg}	Anorganický dusík
N _c	Celkový dusík
N _{Kjeldahl}	Kjeldahlův dusík
NV	Nařízení vlády
ORL	Odlučovač ropných látek
ORP	Oxidačně-redukční potenciál
OSN	Organizace spojených národů
OV	Odpadní voda
P _{anorg}	Anorganický fosfor
P _c	Celkový fosfor
P _{org}	Organický fosfor
PE	Populační ekvivalent
PE	Polyetylen
PP	Polypropylen
PVC	Polyvinylchlorid
PRVKÚK	Plán rozvoje vodovodů a kanalizací území krajů
R	Recirkulace kalu
RAS	Rozpuštěné organické soli
RTS	Cenová soustava, kterou spravuje společnost RTS Brno
SFŽP	Státní fond životního prostředí
SWMM	Storm Water Management Model
SMP	Systém mechanického předčištění
SMS	Short message service
TAČR	Technologická agentura České republiky
TDS	Rozpuštěné pevné látky
TNV	Odvětvová technická norma vodního hospodářství
TSK	Teoretická spotřeba kyslíku
VUT	Vysoké učení technické v Brně
ÚP	Územní plán obce
ÚRS	Cenová soustava, kterou spravuje společnost ÚRS Praha
UN	Uskladňovací nádrž na kal
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
US EPA	United States Environmental Protection Agency