

POSOUZENÍ STAVU ČOV JIHLAVA



Zak. č.: 1 768 – 91



Červenec 2022

Akce: **Posouzení stavu ČOV Jihlava**

Objednatel: **Statutární město Jihlava
Masarykovo náměstí 97/1
586 01 Jihlava**

Zak. číslo: **1 768 - 91**

Zhotovitel: **EKOEKO
Senovážné náměstí 1, České Budějovice
tel.: 385 775 111
fax: 385 775 125
E-mail: projekce@ekoeko.cz**

Řešitelé: **Ing. Josef Smažík
Ing. Vladimír Figalla**

Spolupráce: **Dr. Ing. Libor Novák, Aqua4you s.r.o.**

V Českých Budějovicích, červenec 2022

OBSAH:

1. TEXTOVÁ ČÁST

1.	Cíl práce	4
2.	Použité podklady	4
3.	Popis současného stavu a provozních problémů	5
3.1.	Kanalizační síť a hrubé předčištění	5
3.2.	Vstupní čerpání a mechanické předčištění	7
3.3.	Anaerobní reaktor a druhé čerpání	9
3.4.	Biologické čištění a zdroje vzduchu	10
3.5.	Dosazovací nádrže, recirkulace a nádrž regenerace kalu	11
3.6.	Chemické hospodářství	13
3.7.	Odkalování a zahuštění přebytečného kalu	13
3.8.	Kalové hospodářství	14
3.9.	Plynové a energetické hospodářství	16
3.10.	Strojní odvodnění kalu a linka termické degradace odpadů	17
3.11.	Řídící a informační systém	18
3.12.	Rekapitulace hlavních provozních problémů ČOV	18
4.	Návrhová kapacita stávající ČOV	22
5.	Analýza provozně technologického sledování	23
5.1.	Hydraulické zatížení	24
5.2.	Látkové zatížení	25
5.3.	Kvalita odpadních vod po primární sedimentaci	27
5.4.	Množství a složení kalové vody	28
5.5.	Teplota odpadní vody	28
6.	Množství a kvalita vyčištěných vod	29
6.1.	Legislativní požadavky	29
6.2.	Stávající vodoprávní rozhodnutí	29
6.3.	Současné množství a kvalita vyčištěných odpadních vod	30
7.	Rozměry a objemy hlavních nádrží stávající ČOV	31
8.	Ověření reálné kapacity biologické linky ČOV	33
9.	Očekávaný rozvoj lokality a nárůst zatížení ČOV	34
10.	Návrh intenzifikace ČOV	35
10.1.	Kanalizační síť a hrubé předčištění	36
10.2.	Vstupní čerpání a mechanické předčištění	37
10.3.	Anaerobní reaktor a druhé čerpání	37
10.4.	Biologické čištění a zdroje vzduchu	38
10.5.	Dosazovací nádrže, recirkulace a nádrž regenerace kalu	39
10.6.	Chemické hospodářství	39
10.7.	Odkalování a strojní zahuštění přebytečného kalu	39
10.8.	Kalové hospodářství	40
10.9.	Plynové a energetické hospodářství	42
10.10.	Strojní odvodnění kalu a linka termické degradace odpadů	43
10.11.	Řídící a informační systém	44
11.	Shrnutí	45
12.	Doporučení dalšího postupu modernizace	48
13.	Orientační odhad investičních nákladů	49
14.	Závěr	50

2. PŘÍLOHY

1. Situace areálu ČOV, Varianta 1, 1:500
2. Situace areálu ČOV, Varianta 2, 1:500
3. Nabídky vybraných strojních a technologických zařízení

1. Cíl práce

Hlavním cílem tohoto materiálu je zpracování a předložení nezávislého komplexního posouzení čistírny odpadních vod ve městě Jihlava.

Materiál nastíní vlastníkově a provozovateli reálný obraz současného technického stavu ČOV, poukáže na hlavní nedostatky a provozní problémy všech provozních souborů, poskytne informace o jejím současném zatížení, stanoví její reálnou kapacitu v porovnání s očekávanými výhledovými potřebami města a navrhne rámcový způsob řešení zjištěných problémů s cílem dosažení celkového zlepšení a zkvalitnění jejího provozu a optimalizace provozních nákladů.

V první, analytické části práce, je stručně popsáno stávající technologické uspořádání ČOV a poukázáno na hlavní technické problémy jednotlivých provozních souborů. Dále je provedeno vyhodnocení současného hydraulického a látkového zatížení ČOV a porovnání s její návrhovou kapacitou dle původní projektové dokumentace. Z výsledků pokročilé matematické simulace byla dále stanovena reálná hydraulická a látková kapacita biologické části ČOV při zohlednění současných a očekávaných výhledových nároků na kvalitu vyčištěné odpadní vody.

V další části práce je předložen rámcový návrh intenzifikace a optimalizace celé technologické linky ČOV, včetně souboru kalového a plynového hospodářství se zaměřením na zajištění maximální efektivity čistícího procesu, optimalizace provozních nákladů na čištění a vytvoření předpokladů pro splnění požadavků dnes již platné legislativy v oblasti nakládání s čistírenskými kaly.

2. Použité podklady

1. Intenzifikace ČOV Jihlava – projektová dokumentace pro stavební povolení, Hydroprojekt CZ, a.s. Praha, duben 2005
2. ČOV Jihlava - Provozní řád pro trvalý provoz, Vodárenská akciová společnost a.s., aktualizovaná verze, leden 2008
3. Provozní údaje o množství a kvalitě surové odpadní vody, přiváděné na ČOV Jihlava za období roku 2021, SMJ, a.s.
4. Provozní údaje o chodu ČOV Jihlava a vybraných technologických parametrech za rok 2021, SMJ, a.s.
5. Platné vodoprávní rozhodnutí k nakládání s vodami
6. Místní šetření a konzultace s pracovníky vlastníka a provozovatele ČOV

3. Popis současného stavu a provozních problémů

V následujícím textu je proveden stručný popis stávající technologie čištění odpadních vod na ČOV Jihlava. U každého provozního souboru je zároveň poukázáno na hlavní provozní problémy, zjištěné na základě provedeného místního šetření a po konzultacích s pracovníky obsluhy ČOV.

Čistírna odpadních vod pracuje na mechanicko-biologickém principu a slouží pro čištění splaškových a dešťových vod, přiváděných z území města Jihlava. Průtok odpadních vod souborem hrubého předčištění je gravitační, načež se odpadní vody přečerpávají na usazovací nádrž a dále spolu s aktivační směsí jsou opětovně čerpány na linku biologického čištění.

ČOV byla postupně budována, rozšiřována a modernizována jako reakce na aktuální potřeby města, jeho rozvoj a zpřísnující se požadavky na dosahovanou kvalitu vyčištěných vod. Původní čistírna odpadních vod byla vybudována koncem 60. let minulého století a zahrnovala kruhovou usazovací nádrž, podélnou linku biologického čištění, kruhovou dosazovací nádrž a související objekty kalového hospodářství. Současná podoba ČOV je výsledkem poměrně rozsáhlé modernizace a intenzifikace, realizované dle projektové dokumentace firmy Hydroprojekt CZ a.s. v letech 2005 – 2006. V rámci této intenzifikace byl vybudován zcela nový biologický stupeň čištění v podobě dvojice oběhových aktivačních nádrží, nový separační stupeň, tvořený dvěma kruhovými dosazovacími nádržemi, objekty čerpacích stanic a související spojovací potrubí. Nádrže původní ČOV byly zachovány a nyní slouží jako usazovací nádrž, nádrž regenerace kalu a anaerobní nádrž. Zachován zůstal rovněž po stavební stránce i soubor hrubého předčištění a nadzemní vyhnívací a uskladňovací nádrže kalu. Nově byl instalován soubor strojního odvodnění vyhnílého kalu, modernizován soubor pro energetické využití bioplynu, a souběžně byla realizována výstavba linky termické degradace odpadů.

Modernizovaný biologický stupeň čištění byl již navržen na plnění požadavků tehdy platného Nařízení vlády č. 61/2003 Sb., jehož limity jsou s drobnými modifikacemi platné prakticky do současnosti. Součástí této intenzifikace bylo samozřejmě vedle instalace nových strojně-technologických zařízení i poměrně rozsáhlá obměna a doplnění původního vybavení, doplnění elektroinstalace a osazení nového řídicího systému.

3.1. Kanalizační síť a hrubé předčištění

Město Jihlava, včetně jeho přilehlých místních částí je vesměs odkanalizováno jednotnou kanalizační sítí, ukončenou hlavním kmenovým sběračem „A“ o dimenzi DN 1 000, kterým jsou odpadní vody přiváděny k areálu ČOV. Před vlastní ČOV je osazena odlehčovací a vypínací komora, kde dochází k oddělení podílu srážkových vod, přesahujícího hydraulickou kapacitu souboru hrubého předčištění a zároveň umožňuje kompletní uzavření nátoky odpadních vod na ČOV pomocí ručně ovládaného hradítka.

Na přítoku do ČOV je na hlavním kanálu zařazen lapák šterku, umístěný vně budovy hrubého předčištění. Těžení sedimentu obstarává strojní drapák Fontana, ovládaný ručně obsluhou ČOV. Zachycený sediment je ukládán do přívěsu za traktor a odvážen k další likvidaci.

Na přítoku do ČOV, vedle lapáku štěrků je zřízena stanice pro příjem dovážených odpadních vod, vybavená systémem pro registraci dovozu a měřením dovezeného množství. Stáčené odpadní vody jsou přiváděny do otevřeného žlabu za lapák štěrků.

Odpadní vody dále přitékají na jemné strojně stírané česle firmy Hydropress s průlinami 3 mm a hydraulickou kapacitou 560 l/s, situované uvnitř zastřešené budovy hrubého předčištění. Zachycené shrabky jsou přiváděny do navazujícího lisu na shrabky téhož výrobce, který je po zhutnění a případném promytí provozní vodou dále dopravuje do přistaveného přívěsu, na němž jsou následně odváženy k likvidaci. Obě zařízení pracují automatizovaně a jsou spínána v závislosti na výšce hladiny odpadní vody ve žlabu před česlemi.

Za česlemi je otevřený žlab rozdvojen a přivádí odpadní vody na dvojici shodných, paralelně protékajících vírových lapáků písku o užitém průměru 4,8 m. Uzavření nátoků na jednotlivé lapáky písku či kompletní obtok této části hrubého předčištění lze provést za pomoci ručně ovládaných hradítek. Z prostorových důvodů je jeden z lapáků písku umístěn přímo uvnitř objektu česlovny, druhý pak vně na volném prostranství za česlovnou. Zachycený sediment je ze dna obou lapáků písku téžen prostřednictvím pískových bagrovacích čerpadel, jejichž výtlaky jsou zaústěny do společného separátoru písku s integrovanou pračkou. Pro usnadnění těžby písku a rozvíření zachyceného sedimentu je ke dnu lapáků písku přiváděn tlakový vzduch, dodávaný kompresorovou stanicí. Proces těžby písku je možné provádět automatizovaně bez přítomnosti obsluhy. Vytěžený a vypraný sediment je ukládán na přívěsný vozík za traktor.

Za lapáky písku se jednotlivé žlaby opět spojují a společně ústí do čerpací stanice před mechanickým stupněm.

Komentář a provozní problémy

Soubor hrubého předčištění je datován do období vzniku čistírny a v rámci provádění její poslední modernizace nebyl po stavební stránce a technologické skladbě nikterak zásadně měněn.

Na nátok do ČOV zcela chybí předřazené hrubé česle, kde by došlo k zachycení nejrozměrnějších částic, unášených zejména za deště přiváděnou odpadní vodou. Tento materiál tak nekontrolovatelně proniká až do souboru hrubého předčištění na ČOV. Zde se jeho část neřízeně zachytí v lapáku štěrků a následně působí problémy při jeho vyklízení. Další podíly hrubých shrabků pronikají až na jemné strojní česle, kde rovněž negativně ovlivňují jejich chod a způsobují tak provozní problémy při separaci shrabků.

Dalším závažným nedostatkem souboru hrubého předčištění je existence pouze jedné strojní česle bez adekvátní provozní zálohy. Platný provozní řád ČOV doporučuje v případě eventuální poruchy či odstávky česle jejich vyzdvížení pomocí zdvihacího zařízení a provizorní instalaci ručně stíraných česle s průlinami 25 mm, uložených ve skladu. Je zcela evidentní, že pro danou velikost ČOV a množství zde zpracovávané odpadní vody je tento systém zcela nevyhovující a provozně velmi komplikovaný a problematický, zejména pokud dojde k neočekávanému výpadku či poruše chodu strojních česle.

Lapáky písku jsou standardně dimenzovány na zachycení pískových zrn o průměru větším než 0,3 mm při návrhovém výpočtovém průtoku. Při zvýšených dešťových průtocích tudíž může dojít ke krátkodobému zhoršení separační účinnosti lapáků písku, což je však na většině čistíren odpadních vod běžná záležitost.

V technologické skladbě chybí objekt pro eventuální krátkodobou akumulaci odlehčovaných dešťových vod ve vstupní odlehčovací komoře, který by napomohl ke zvýšené ochraně recipientu za dešťových událostí či alespoň zařízení pro předčištění odlehčených vod v podobě hrubých česlí, lapáku šterku, apod..

Stanice pro příjem odpadních vod je v současné době nefunkční a pro svůj účel se nevyužívá. Dovážené odpadní vody jsou tak stáčeny napřímo do přítokového kanálu na ČOV.

Automatické vzorkovače kvality přiváděné odpadní vody jsou v nevyhovujícím technickém stavu.

3.2. Vstupní čerpání a mechanické předčištění

Odpadní vody po hrubém předčištění odtékají gravitačně do čerpací stanice před mechanickým stupněm čištění. Čerpací stanice pochází z původní ČOV a v rámci provedené modernizace v roce 2006 byla kompletně nově technologicky vystrojena. Čerpání odpadních vod je zajišťováno celkem čtyřmi shodnými horizontálními čerpadly Hidrostral v provedení do suché jímky. Čerpadla pracují v sestavě 3+1R, přičemž maximální výkon každého čerpadla činí cca 131 l/s a při souběhu všech tří je tak na mechanicko-biologickou linku ČOV přiváděno za deště celkem cca 393 l/s odpadních vod. Čerpadla pracují v kaskádovém režimu s postupným připínáním a odepínáním jednotlivých strojů. Výkon všech čerpadel je navíc plynule regulován pomocí frekvenčních měničů a čerpací stanice tak může při setrvalém chodu čerpadel pracovat v rozsahu 50 – 393 l/s. V automatickém režimu je čerpání řízeno na udržení zvolené konstantní hladiny v čerpací jímkce. Zvýšení přítoku odpadních vod vyvolá navýšení provozní hladiny vody v čerpací stanici, na což systém zareaguje zvýšením aktuálního čerpaného množství a naopak. Okamžité čerpané množství je měřeno indukčním průtokoměrem.

Do vstupní čerpací stanice jsou kromě čištěných vod přivedeny i další interní zdroje odpadních vod, jako např. vody z gravitačního zahuštění primárního kalu, strojního zahuštění přebytečného kalu, areálová kanalizace, prosáklé vody a další.

Mechanický stupeň čištění, na který jsou odpadní vody čerpány, je realizován kruhovou usazovací nádrží o průměru 30 m, vybavenou standardním stíracím zařízením dna a hladiny, osazeném na pojezdovém mostu. Ten je otočně uložen na středovém železobetonovém sloupu. Shrabování kalu ze dna nádrže do kalové jímky je zajišťováno škrabkami, osazenými na konstrukci pojezdového mostu. Plovoucí nečistoty jsou separátně stahovány do jímky plovoucích nečistot, odkud jsou následně periodicky přepouštěny do jímky surového kalu.

Odtok předčištěné vody je realizován přepadovou hranou s oboustranným automatizovaným čištěním pomocí rotačních kartáčů.

Mechanicky předčištěná odpadní voda odtéká otevřeným žlabem do jímky za usazovací nádrží, tzv. obtokové jímky, která kromě standardního provozu umožňuje i obtok anaerobního reaktoru, případně i celého biologického stupně ČOV. Z obtokové jímky odtéká předčištěná voda do směšovacího objektu, kde se smísí s vratným aktivovaným kalem z regenerační nádrže, viz dále.

Vznikající primární kal je na dně usazovací nádrže stírán shrabovacím zařízením ke středu nádrže, odkud za běžného provozního režimu odtéká do jímky primárního kalu. Odtah kalu je prováděn automatizovaným otevřením armatury s elektropohonem v nastavitelných časových intervalech. Z jímky primárního kalu je kal dále čerpán dvěma vřetenovými čerpadly do nové nadzemní ocelové zahušťovací nádrže. Režim čerpání je automaticky přizpůsoben požadovanému dennímu množství odtahovaného primárního kalu. Množství čerpaného primárního kalu na strojní zahuštění je měřeno pomocí indukčního průtokoměru.

Na přítoku do zahušťovací nádrže primárního kalu je uprostřed umístěn uklidňovací vtokový válec. Nádrž je dále vystrojena pomaluběžným míchadlem, které navíc v dolní části shrnuje usazený kal do jímky uprostřed nádrže. Odsazená voda přepadá odtokovým žlabem, umístěným v horní části nádrže a odtéká do vstupní čerpací stanice. Odběr zahuštěného kalu ze dna nádrže je zajišťován prostřednictvím šoupátka s pneumatickým pohonem, pracujícím v časové automatické. Kal gravitačně odtéká do jímky směsného (surového) kalu, kde se mísí se zahuštěným přebytečným kalem a tato směs je následně přiváděna do vyhnívacích nádrží. Odtah primárního kalu a plovoucích nečistot je alternativně možné provádět i původní trasou do jímky vedle usazovací nádrže. Z ní je pak možné tento kal gravitačně přepouštět přímo do jímky surového kalu bez zařazení gravitačního zahuštění v nově zřízené zahušťovací nádrži.

Komentář a provozní problémy

Soubor vstupní čerpací stanice a mechanického předčištění byl při zachování původních stavebních objemů modernizován v roce 2006 instalací nového technologického vystrojení. Vstupní čerpací stanice je vystrojena standardními a osvědčenými typy čerpadel pro provoz v suché jímce, které jsou kapacitně dostačující pro přečerpání potřebného maximálního průtoku odpadní vody. Sestava čerpadel skýtá i namontovanou provozní rezervu pro případ poruchy jednoho z čerpadel. Automatizované řízení čerpaného množství od konstantní hladiny v čerpací jímce pracuje rovněž správně.

Mechanické předčištění odpadních vod je realizováno kruhovou usazovací nádrží, standardně vystrojenou pojezdovým mostem pro stírání dna a hladiny. Tento systém pracuje setrvale bez větších provozních potíží a je kapacitně dostačující. Efekt primární sedimentace je velmi uspokojivý a její účinnost odpovídá běžně dosahovaným provozním výsledkům na jiných obdobných ČOV, jak bude podrobněji diskutováno v dalším textu materiálu.

Za zmínku však stojí systém odtahu primárního kalu a jeho následného strojního zahuštění. Pro odtah primárního kalu je využíváno šoupě s elektro pohonem s poměrně dlouhými časy otevření a následného zpětného uzavření. V důsledku

delší doby uzavírání šoupěte tak může do primárního kalu pronikat neúměrně velké množství vody, které tak snižuje jeho sušinu, což je provozně nežádoucí.

Navržený způsob následného gravitačního zahuštění primárního kalu je poněkud neobvyklé a nestandardní řešení. Užité objem zahušťovací nádrže kalu činí cca 35 m³, doba zdržení primárního kalu v nádrži je tak relativně nízká a nepostačuje pro dosažení očekávaného efektu zahuštění. Toto tvrzení dokládají i provozní měření koncentrace sušiny odtahovaného a zahuštěného primárního kalu, které jsou prakticky shodné. Zařazení zahušťovací nádrže je tak dle našeho názoru zcela kontraproduktivní, zbytečně složitá a v důsledku chodu souvisejících strojních zařízení (podávací vřetenová čerpadla, míchací zařízení a další) i energeticky náročné bez dosažení kýženého výsledku.

3.3. Anaerobní reaktor a druhé čerpání

Mechanicky předčištěná odpadní voda z usazovací nádrže odtéká do výše zmiňovaného směšovacího objektu, kam je přiváděn vratný kal z nádrže regenerace kalu. Vzniklá směs obou médií následně odtéká do anaerobní nádrže (reaktoru), zřízeného z původní dosazovací nádrže. Směs je přiváděna do středové vnitřní nátokové části, z níž je vytvořen předřazený anaerobní selektor. Obsah selektoru je míchán prostřednictvím ponorného míchadla. Ze selektoru ve vnitřním mezikruží odtéká aktivační směs do vnějšího mezikruží nádrže, jehož objem funguje jako vlastní anaerobní reaktor. Potřebné proudění aktivační směsi a udržení kalu ve vznosu je zajišťováno vhodným ponorným míchadlem. Původní odtokový žlab vyčištěné vody, umístěný po celém obvodu nádrže, byl zrušen a ponechán pouze v malé části pro umožnění odtoku aktivační směsi.

Aktivační směs z anaerobního reaktoru dále přitéká do druhé čerpací stanice před nově vybudovaným biologickým stupněm. V čerpací stanici jsou osazeny celkem 3 ks ponorných kalových čerpadel, provozovaných v sestavě 3 + skladová rezerva. Výkon každého z čerpadel činí cca 188 l/s. Čerpadla jsou provozována v kaskádovém uspořádání, kdy se k pracovnímu čerpadlu v závislosti na aktuálním průtoku ČOV postupně připínají nebo odepínají dle potřeby další dvě čerpadla. Kromě toho je výkon čerpadel ještě možné přesněji regulovat prostřednictvím frekvenčních měničů. Čerpaný rozsah sestavy se tak pohybuje v rozmezí 90 l/s – 564 l/s směsi odpadní vody a recirkulovaného vratného kalu, což představuje při maximálním čerpaném množství cca 392 l/s odpadní vody a cca 172 l/s vratného kalu. Ovládání chodu čerpadel je prováděno automatizovaně v závislosti na výšce hladiny v čerpací jímce.

Komentář a provozní problémy

Zařazení anaerobní nádrže do technologické linky čištění s využitím objemu původního dosazovací nádrže je po technologické stránce správné. Přiváděná odpadní voda disponuje dostatkem dostupného organického substrátu, potřebného pro zdárný průběh zvýšeného odstraňování fosforu polyfosfátovými bakteriemi v anaerobním prostředí.

Druhé čerpání aktivační směsi společně s vratným kalem na biologickou část ČOV je poměrně neobvyklé, nicméně principiálně funkční technické řešení. Důvodem

zařazení čerpání byla pravděpodobně snaha o získání maximálního užitého objemu nádrží biologického čištění a dosazovacích nádrží na velmi omezeném prostoru, v důsledku čehož zde bylo nutné navýšit kótu hladiny oproti výšce hladiny v usazovací nádrži.

Na základě provedených technologických výpočtů se navržená sestava ponorných čerpadel o celkovém čerpaném množství na úrovni 564 l/s jeví z pohledu zajištění požadovaného množství vráceného kalu při maximálním průtoku ČOV jako výkonově nedostačující. V důsledku toho může při déletrvajícím dešťovém průtoku docházet ke snížení stability procesu separace aktivovaného kalu v dosazovacích nádržích s možnými následky úniků kalu ze systému. Problémem může být i absence namontované provozní rezervy s možností automatizovaného okamžitého uvedení záložního čerpadla do provozu namísto nutnosti jeho fyzické výměny za skladovou rezervu.

3.4. Biologické čištění a zdroje vzduchu

Nové objekty biologického čištění a separace kalu jsou z prostorových důvodů umístěné v zadní části areálu ČOV za souborem kalového a plynového hospodářství, pocházejícího z původní ČOV. S ohledem na velmi stísněný disponibilní prostor byl potřebný užitný objem nádrží docílen poměrně vysokou užitnou hloubkou vody (7,0 m) a navýšením hrany nádrží nad okolní terén, což si vyžaduje i začlenění zmiňované druhé čerpací stanice aktivační směsi.

Hlavní část souboru biologického čištění je tvořena dvojicí paralelně uspořádaných nádrží oběhové aktivace.

Výtlačné potrubí čerpadel aktivační směsi je zaústěno do rozdělovacího objektu před biologickým stupněm, který zajišťuje rovnoměrné rozdělení nátoky na obě biologické linky a umožňuje rovněž provedení odstávky kterékoliv z nich.

V každé nádrži oběhové aktivace je osazen jemnobublinný aerační systém s aeračními elementy typu AME – D firmy Fortex, jenž zajišťuje potřebný vnos rozpuštěného kyslíku do aktivační směsi, a celkem trojice ponorných míchadel, zajišťujících její cirkulaci v nádrži.

Aktivační systém je navržen nejen na odstraňování organického znečištění, ale i na zvýšené odstraňování dusíkatých látek na principu biologické nitrifikace a denitrifikace. Dle údajů v projektové dokumentaci lze tohoto dosáhnout simultánní nitrifikací a denitrifikací v objemu oběhové aktivace nebo pravidelným střídáním oxických a anoxických fází procesu s časově řízenou délkou chodu a odstávky aerace, která je provozně na ČOV využívána. Po dobu aerace je dodávka vzduchu řízena na základě signálu kyslíkové sondy o aktuální koncentraci rozpuštěného kyslíku v dané nádrži. Chod cirkulačních míchadel je spínán ručně a v běžném provozu jsou všechna trvale v chodu.

Zdrojem stlačeného vzduchu jsou celkem tři shodná rotační dmychadla, LUTOS, každé o výkonu cca 3 500 m³/h, umístěná spolu s dalším příslušenstvím v objektu dmyháreny aktivace. Do každé linky je vzduch dodáván samostatným dmychadlem s nezávislou regulací výkonu dle příslušné kyslíkové sondy. Třetí dmychadlo je záložní pro jednu či druhou biologickou linku s automatickým záskokem v případě poruchy.

Aktivační směs z obou nádrží biologického čištění odtéká přes odběrná místa do společného potrubí vyústěného do rozdělovacího objektu před dosazovacími nádržemi. Ten funguje na podobném principu jako rozdělovací objekt před aktivačními nádržemi a kromě rovnoměrného rozdělení nátok umožňuje i provedení odstávky jedné či druhé dosazovací nádrže.

Komentář a provozní problémy

Linka biologického čištění v podobě dvojice oběhových aktivací byla v uvedené době projekční přípravy stavby relativně oblíbeným technickým řešením aktivačních nádrží. Prvotní představy o simultánním průběhu denitrifikačních a nitrifikačních procesů v důsledku průchodu aktivační směsi provzdušňovanými a neprovzdušňovanými sekcemi nádrže sice vzaly za své, nicméně podmínky pro zvýšený průběh odstraňování dusíku lze úspěšně docílit systémem řízené časově přerušované aerace, což je i případ ČOV Jihlava.

Navržený užitiný objem nádrží biologického čištění je pro zpracování současného a návrhového zatížení ČOV dostačující a poskytuje i rezervy pro další rozvoj města, jak bude diskutováno dále v odstavci č. 8. Pozitivní je i poměrně velká užitná hloubka obou nádrží (7,0 m), která významně přispívá ke zvýšení účinnosti vnosu kyslíku.

Jako zdroje vzduchu slouží standardní dmychadlová soustrojí s rotačními písky. S ohledem na poměrně vysoký provozní přetlak na úrovni 75 – 80 kPa jsou tato dmychadla provozována prakticky na hraně možností tohoto principu komprese. To se negativně projevuje na jejich účinnosti a nutnosti provádění častějších servisních úkonů v podobě výměny olejových náplní, apod..

Membrány aeračního systému jsou v současné době v provozu již zhruba 6 let. Běžná fyzická a ekonomická životnost obdobných aeračních systémů se pohybuje okolo 8 let a bude tedy nutné uvažovat s jejich výměnou, případně posílením aeračního systému. Stárnutím aerační membrány dochází ke zhoršení účinnosti fyzikálního procesu přenosu kyslíku a tím i k navýšení provozních nákladů na aeraci. Kromě toho reálně hrozí i fyzické poškození systému a vyřazení jeho částí z provozu.

V aktivačních nádržích chybí dnes již standardní sondy pro měření sušiny aktivovaného kalu a pro kontinuální stanovování jednotlivých forem dusíku, které by poskytovaly okamžitý obraz o koncentraci kalu v nádržích a o procesu odstraňování dusíku a jeho jednotlivých fázích.

Dosahovaná účinnost čištění je velmi uspokojivá a bude ještě podrobněji diskutována v dalším textu.

3.5. Dosazovací nádrže, recirkulace a nádrž regenerace kalu

Separační stupeň je navržen v podobě dvou paralelně řazených kruhových dosazovacích nádrží o užitém průměru 30 m s užitnou hloubkou cca 5 m u stěny. Nádrže jsou standardně vystrojeny vtokovým flokulačním válcem, pojezdovým mostem se zařízením na stírání dna a hladiny, systémem pro sběr a odtah plovoucích nečistot a dalším potřebným příslušenstvím.

Vyčištěná odpadní voda z každé dosazovací nádrže odtéká přes pilovité přepadové hrany do soutokové šachty, kde se obě potrubí spojují. V šachtě je zřízeno sání pro

AT stanici provozní vody. Odtud vyčištěná voda odtéká přes nový měrný objekt do recipientu.

Odsazený aktivovaný kal ze dna obou dosazovacích nádrží odtéká gravitačně do odtokového objektu vratného kalu. Odebírané množství kalu z každé dosazovací nádrže je měřené indukčním průtokoměrem a je regulováno elektrouzávěrem tak, aby z obou nádrží bylo odebíráno shodné množství kalu. Kromě toho lze odběr kalu z kterékoliv dosazovací nádrže zavřít pro případ její odstávky. Obě potrubí vratného kalu jsou vyústěna do společné mokré komory, odkud kal dále gravitačně odtéká do nádrže regenerace kalu, situované na začátku vodní linky ČOV.

V objektu vratného kalu je dále umístěna i AT stanice provozní vody.

Vratný kal z dosazovacích nádrží odtéká do nádrže oddělené regenerace kalu, zřízené z původní aktivační nádrže. Regenerační nádrž je rozdělena na čtyři postupně protékané sekce. První tři sekce jsou vestrojeny jemnobublinným aeračním systémem Fortex s aeračními elementy AME – D a jsou provozovány pouze v oxických podmínkách. Čtvrtá poslední sekce je kromě zmiňovaného aeračního systému vestrojena i ponornými míchadly a lze ji provozovat v alternativním anoxicko-oxickém režimu dle aktuální potřeby technologického procesu.

Z regenerační nádrže kal dále odtéká do výše popisovaného směšovacího objektu, kde se smísí s mechanicky předčištěnou odpadní vodou a vzniklá směs následně odtéká do anaerobního reaktoru.

Jako zdroje stlačeného vzduchu pro aeraci nádrže regenerace kalu slouží celkem tři shodná rotační dmychadla LUTOS, pracující v sestavě 2+1R, jež pocházejí z původní ČOV z období roku 1996. Dmychadla jsou poháněna dvouotáčkovými motory, přičemž každé disponuje provozním výkonem 809/1 882 m³/h. Množství dodávaného vzduchu do regenerační nádrže je řízeno a základě signálu kyslíkové sondy změnou provozních otáček či připnutím dalšího dmychadla v kaskádovém režimu.

Komentář a provozní problémy

Separální stupeň je řešen dvojicí standardních kruhových dosazovacích nádrží. Jejich užitná hloubka na úrovni 5 m u stěny je navržena dostatečně, odpovídá všem normám, včetně přísné německé normy ATV 131, a dává tak předpoklad pro zajištění účinné separace kalu za předpokladu dodržení dostatečného výkonu recirkulace, jak bylo diskutováno výše.

Zařazení nádrže oddělené regenerace je v systému s anaerobní stabilizací kalu, kde lze předpokládat zvýšený zpětný tok dusíkatých látek, jednoznačně správné. Amoniakální dusík, obsažený ve fugátu, je z převážné části znitřifikován přímo zde a nezatěžuje tak nadměrně vodní linku ČOV.

Zdroje stlačeného vzduchu pro nádrž regenerace kalu pocházejí z roku 1996, tedy z období před provedením velké intenzifikace ČOV, v rámci níž byla provedena jejich repase a doplnění protihlukových krytů. S ohledem na fyzické stáří agregátů, jakož i dnes již zastaralý systém řízení výkonu prostřednictvím dvouotáčkových motorů lze doporučit jejich výměnu za nové moderní stroje s lepšími účinnostními parametry, umožňujícími dosažení úspory elektrické energie.

Aerační elementy nádrže regenerace kalu jsou v současné době v provozu již zhruba 6 let a z výše popsaných důvodů snížení účinnosti aerace a možného fyzického poškození bude potřeba provést jejich výměnu.

3.6. Chemické hospodářství

Na ČOV je nainstalován standardní soubor chemického srážení fosforu prostřednictvím železitého koagulantu. Zařízení sestává ze zásobní nádrže koagulantu a příslušných dávkovacích čerpadel. Výtlač dávkovacích čerpadel je zaústěn do odtoku aktivační směsi před dosazovací nádrže, čímž má být kromě prvotního záměru snížení odtokové koncentrace celkového fosforu docíleno i zlepšení průběhu separace aktivovaného kalu v dosazovacích nádržích.

Komentář a provozní problémy

Soubor chemického hospodářství patří mezi standardní zařízení bez provozních problémů. Potřebná dávka koagulantu je na ČOV velmi nízká, jelikož systém zahrnuje předřazenou anaerobní nádrž, která zvyšuje účinnost biologického odstraňování fosforu, a na ČOV jsou přiváděny odpadní vody z úpravy pitné vody se zbytkovým množstvím nezreagovaného síranu železitého.

3.7. Odkalování a zahuštění přebytečného kalu

Čistírna odpadních vod Jihlava pracuje na mechanicko-biologickém principu. Jelikož se jedná o ČOV s primární sedimentací, vznikají zde v zásadě dva druhy kalů, a to primární kal z usazovací nádrže a dále přebytečný biologický kal s eventuální příměsí chemického kalu.

Primární kal z usazovací nádrže je za běžného provozu automatizovaně odtahován do jímky primárního kalu. Odtud je čerpán do nadzemní zahušťovací nádrže, kde má probíhat jeho gravitační zahuštění. Ze dna zahušťovací nádrže je primární kal následně odtahován do jímky surového směsného kalu, jak bylo podrobněji popsáno výše.

Přebytečný biologický kal o parametrech vratného kalu je odtahován z odtokové sekce nádrže regenerace kalu prostřednictvím odstředivého čerpadla. Výtlač tohoto čerpadla je zaústěn do sání podávacího čerpadla na soubor strojního zahuštění. Ten je realizován tlakovzdušnou flotační jednotkou o nominálním výkonu 27,5 m³/h, sestávající z vlastní flotační nádrže se stíracím zařízením, recirkulačního okruhu pro sycení směsi vzduchem a vzduchového okruhu. Provoz flotační jednotky je automatizovaný a její provoz je nepřetržitý. Zahuštěný přebytečný kal v podobě flotační pěny odtéká gravitačně do jímky surového směsného kalu, kde se smísí se zahuštěným primárním kalem. Odloučená kalová voda odtéká do vstupní čerpací stanice. V případě odstávky nádrže regenerace kalu lze provádět odťah přebytečného kalu i odbočkou na potrubí vratného kalu. Při odstávce flotační jednotky je možné přivádět přebytečný kal před usazovací nádrž a odtahovat jej dříve zcela běžným způsobem společně s primárním kalem.

Provozní instrumentací je zde měřeno množství odtahovaného gravitačně zahuštěného primárního kalu a množství přebytečného kalu na vstupu do flotační jednotky.

Komentář a provozní problémy

Systém dodatečného gravitačního zahuštění primárního kalu v oddělené zahušťovací nádrži není zcela optimálním řešením a jeho úskalí byla podrobněji diskutována v předchozím textu. Dosahovaná roční průměrná sušina dodatečně zahuštěného primárního kalu na úrovni 3,4 % není nikterak vysoká a při optimálním řízení odtahu přebytečného kalu takovou i lepší lze dosáhnout přímo na odběru z usazovací nádrže.

Odběr přebytečného kalu z nádrže regenerace kalu, kde se nachází částečně zahuštěný kal na parametrech vratného kalu je principiálně správný.

Strojní zahuštění přebytečného kalu tlakovzdušnou flotací je sice funkční, nicméně v současné době se jedná o poměrně unikátní řešení. Dosahovaná průměrná roční sušina zahuštěného kalu činila cca 4,2 %, což lze považovat za uspokojivý, nicméně ne za zcela optimální výsledek. Flotační jednotka je sice poměrně stabilní a robustní zařízení, avšak jeho zásadní nevýhodou jsou vedle značných rozměrů především vysoké energetické nároky na provoz. Instalovaný příkon samotné flotační jednotky činí cca 22 kW. Spolu s dalšími perifériemi, jako je např. zdroj vzduchu, cirkulační čerpadlo a další zařízení se pohybuje celkový instalovaný příkon tohoto provozního souboru na úrovni okolo 50 kW, čemuž následně odpovídá i neúměrně vysoká spotřeba elektrické energie.

3.8. Kalové hospodářství

Surový kal je z čerpací jímky surového kalu čerpán pomocí dvou vřetenových čerpadel do souboru kalového hospodářství, tvořeného dvěma vyhnívacími a dvěma uskladňovacími nádržemi.

Vlastní anaerobní proces je navržen ve dvoustupňovém uspořádání a využívá nadzemních železobetonových nádrží, jejichž stáří sahá do období výstavby původní ČOV v roce 1968. Veškeré původní technologické vystrojení vyhnívacích nádrží bylo v rámci provedené modernizace v letech 2005 – 2006 kompletně nahrazeno novým, včetně nového plynotěsného stropu a dalšího příslušenství. Systém byl navržen na provoz v mezofilní teplotní oblasti. V běžném provozu jsou vyhnívací nádrže protékány sériově, avšak trubní propojení umožňuje i samostatný provoz pouze jedné či druhé vyhnívací nádrže.

Ohřev kalu je zajišťován přes tepelný cirkulační okruh prostřednictvím výměníku voda – kal s využitím tepla, produkovaného spalováním vyvíjeného bioplynu v plynové kotelně, viz dále. Primárně je prováděn ohřev pouze 1. stupně vyhnívací nádrže, avšak je možné ohřívat 1. i 2. stupeň najednou či pouze 2. stupeň, pokud je např. první stupeň odstaven.

Míchání zpracovávaného kalu je v obou nádržích primárně zajišťováno mechanicky pomocí nově instalovaných pomaloběžných ponorných míchadel Scaba. Míchání

nádrží lze provádět rovněž hydraulicky užitím příslušného cirkulačního okruhu. Vyvíjený bioplyn z obou vyhnívacích nádrží je jímán v nadzemním suchém plynojem, viz dále.

Vyhnílý kal z druhé vyhnívací nádrže je přiváděn do soustavy dvou nadzemních kruhových uskladňovacích nádrží. Původ obou nádrží je rovněž datován do období vzniku ČOV, tedy do roku 1968. V rámci provedené modernizace ČOV v roce 2006 byla provedena nezbytná oprava a sanace železobetonových konstrukcí nádrží a provedena výměna technologického vystrojení obou nádrží.

V běžném provozu jsou obě uskladňovací nádrže provozovány v sériovém uspořádání, kdy vyhnílý kal je přiváděn do první nádrže a z druhé nádrže je následně odebírán pro strojní odvodnění. Obě nádrže byly vystrojeny novými ponornými míchadly, čerpadly pro přečerpávání kalu a byla provedena modernizace dalšího souvisejícího vystrojení.

Vyhnílý, anaerobně stabilizovaný kal z uskladňovacích nádrží je dále přiváděn na soubor strojního odvodnění kalu, viz dále.

Komentář a provozní problémy

Anaerobní způsob zpracování surového směsného kalu je pro ČOV dané velikosti zvolen správně a za správné řešení lze považovat i jeho dvoustupňové uspořádání umožňující provedení odstávky jedné či druhé nádrže.

Do systému vyhnívacích nádrží bylo průměrně přivedeno cca 95 m³/den surového kalu o průměrné vstupní sušině na úrovni 4,2 % a organickém podílu okolo 74 %. Dimenze vyhnívacích nádrží o celkovém užitém objemu na úrovni 1960 m³ je pro zpracování současného množství surového kalu dostačující a zajišťuje dobu zdržení kalu v systému okolo 20 dní. Provozní zatížení nádrží přiváděnou sušinou se pohybuje okolo 2,1 kg/(m³.den), organickou sušinou cca 1,5 kg/(m³.den). Obě hodnoty jsou velmi nízké a dávají předpoklad pro účinný průběh anaerobního procesu, k čemuž by mělo napomoci rovněž jejich technologické vystrojení v podobě relativně účinných pomaluběžných mechanických míchadel.

Vyhnívací nádrže jsou původní, pocházejí zhruba z roku 1968, a po stavební stránce nebyly v rámci velké modernizace ČOV nikterak zásadně opravovány. Jejich technický stav je tak poplatný svému stáří, které nyní dosahuje zhruba 55 let a jejich životnost se tak již blíží ke konci. O této problematice již nyní svědčí např. nestabilní konstrukce výstupní věže, která se zvolna nahýbá, a to i přes opakované snahy tomuto jevu zabránit.

Vytápění vyhnívacích nádrží je řešeno standardně cirkulací kalu přes výměník voda-kal, jenž je zásobován teplou vodou z plynové kotelny. Teplota ve vyhnívací nádrži prvního stupně by měla být udržována v mezofilní oblasti na hodnotě okolo 40°C. V praxi se však uvedené teploty vesměs nedaří dosáhnout. Průměrná roční teplota za rok 2021 se pohybovala na hodnotě 38°C, avšak v určitých obdobích roku byly naměřeny i hodnoty okolo 36°C – 37°C. Příčinou těchto stavů je dle výpovědi obsluhy autonomní řídicí systém ovládání chodu kotlů, který nelze obsluhou patřičně nastavovat a toto nastavení nebyl schopen změnit ani jeho dodavatel. Nedostatečná teplota anaerobního procesu může být i jednou z příčin nižší hloubky anaerobního

rozkladu i nižší dosahované specifické produkce bioplynu, jak bude diskutováno dále.

Průměrná výstupní sušina vyhnílého kalu dosahovala cca 2,4 % a organický podíl klesl na cca 61,7 %. Stupeň degradace organických látek dosahoval cca 42 %. Oproti obdobně navrženým systémům je podíl organických látek ve vyhnílému kalu poměrně vysoký a stupeň degradace organických látek naopak relativně nízký. Příčinou tohoto jevu může být mimo jiné i výše uvedená nízká procesní teplota anaerobního procesu a nemožnost jejího provozního navýšení na potřebnou úroveň.

Uskladňovací nádrže kalu disponují dostatečným vyrovnávacím objemem před strojním odvodněním kalu. Nádrže jsou obdobného stáří jako vyhnívací nádrže a rovněž je zapotřebí uvažovat o provedení jejich celkové modernizace.

3.9. Plynové a energetické hospodářství

Bioplyn vznikající anaerobním rozkladem zpracovávaného kalu je jímán z vrchní části obou vyhnívacích nádrží, odkud je následně přes vodní uzávěru a plynovou kompresorovnu přiváděn do nadzemního suchého plynojemu s plovoucím stropem o užitém objemu cca 500 m³. Membrána s plovoucím ocelovým stropem plynotěsně odděluje vnitřní plynový prostor od vnějšího vzduchového prostoru, který je uvnitř ocelového pláště nad plovoucím stropem. Požadovaný tlak plynu je vytvořen vahou stropu, která je zvýšena na požadovanou hodnotu betonovou zátěží. Strojovna a technologické vystrojení plynojemu a bylo v rámci intenzifikace ČOV v roce 2006 kompletně modernizováno při zachování původního dna plynojemu. Další dílčí rekonstrukce plynojemu proběhla v roce 2017, při níž byl i navýšen jeho užitný objem až na cca 600 m³.

Akumulovaný bioplyn je následně odebírán do třech různých míst jeho spotřeby, a to do plynové kotelny, spalovny kalu a hořáku zbytkového plynojemu. Celkové množství vyprodukovaného bioplynu a podíl spotřebovaný v jednotlivých zařízeních je měřen příslušnými plynoměry.

V současné době, kdy není provozována linka termické degradace odpadů, viz dále, je vyprodukovaný bioplyn dominantně využíván v plynové kotelně pro ohřev kalu, zpracovávaného ve vyhnívacích nádržích.

Za tímto účelem jsou v plynové kotelně instalovány celkem 2 ks kotlů, zajišťujících výrobu horké vody pro následný ohřev kalu ve výměnících voda – kal.

První, starší kotel o výkonu 310 kW, je určen pouze pro spalování bioplynu. Pochází z období před velkou modernizací ČOV a v rámci ní byl pouze modernizován výměnou hořáků. Druhý kotel s kombinovaným hořákem pro spalování bioplynu a zemního plynu o výkonu 264/120 kW byl na ČOV osazen v roce 2006. V případě nedostatku produkce bioplynu či při najíždění anaerobního procesu umožňuje provoz i na zemní plyn.

Další větev bioplynového potrubí odvádí plyn do souboru dnes nevyužívané linky termické degradace odpadů.

Případné přebytky produkce bioplynu po vyčerpání akumulární kapacity plynojemu jsou řízeně spalovány v hořáku zbytkového plynu, nově instalovaného na ČOV v roce 2006.

Komentář a provozní problémy

Plynové hospodářství včetně plynojemu bylo po technologické stránce kompletně modernizováno v rámci intenzifikace ČOV, provedené v roce 2006 a pracuje standardním způsobem.

Průměrná denní produkce bioplynu se v roce 2021 pohybovala na úrovni okolo 1 800 m³/den. Specifický vývin bioplynu, vztažený na přivedenou sušinu do vyhnívací nádrže, dosahoval cca 495 l/kg a vztažená na přivedenou organickou sušinu pak cca 667 l/kg. V porovnání s jinými lokalitami s obdobnou koncepcí anaerobní kalové koncovky jsou tyto dosahované hodnoty mírně nižší, což souvisí s výše diskutovanou nižší hloubkou anaerobního rozkladu kalu.

Akumulační kapacita plynojemu činí cca 600 m³, což může být pro objem vyvíjeného bioplynu nedostačující.

Z celkového ročního objemu vyrobeného bioplynu je zhruba 26 % plynu spalováno bez užítu v hořáku zbytkového plynu. Paradoxem je, že tento plyn nelze z důvodu nesprávného nastavení provozu kotlů a topné soustavy využít pro ohřev vyhnívacích nádrží, kde je evidentně vykazován teplotní deficit.

Na ČOV zcela chybí zařízení umožňující kromě výroby tepla rovněž vyrábět elektrický proud a docílit tak lepších hodnot energetické bilance čistícího procesu.

3.10. Strojní odvodnění kalu a linka termické degradace odpadů

Anaerobně stabilizovaný kal z druhé uskladňovací nádrže je dále přiváděn na soubor strojního odvodnění kalu, vybudovaný kompletně nový v roce 2006. Ten je spolu s dalším příslušenstvím situován v novém stavebním objektu ve východní části areálu ČOV za linkou biologického čištění v prostoru dřívějších kalových polí.

Odvodňovaný kal je přiváděn přes macerátor do podávacího čerpadla kalu, které zajišťuje jeho další transport na vlastní odvodňovací linku. Ta je tvořena dekantační odstředivkou firmy Alfa Laval, doplněnou o další nezbytné příslušenství, jakým je především indukční průtokoměr množství odvodňovaného kalu, automatizovaná stanice pro přípravu roztoku flokulantu a řídicí rozvaděče.

Odvodněný kal je transportován systémem dopravníků do zatepleného nadzemního stacionárního kalového sila o objemu 100 m³, jež se nachází vedle objektu strojního odvodnění. Z tohoto sila je možné kal dalším systémem dopravníků přivádět do objektu linky termické degradace odpadů (spalovny), případně jej lze jiným dopravníkem transportovat do přistaveného nákladního automobilu pro odvoz k dalšímu alternativnímu zpracování.

Souběžně s prováděním intenzifikace ČOV byla nezávisle realizována i výstavba výše již zmiňované linky termické degradace odpadů. Tato technologie měla dominantně sloužit pro spalování anaerobně stabilizovaného odvodněného kalu, který je do místa přímo transportován systémem dopravníků, s eventuální možností přidavného spalování dalších obdobných druhů odpadů.

Zařízení však bylo v chodu pouze velmi krátkou dobu po jeho výstavbě a zprovoznění. Brzy se provozně prokázala jeho zcela nevhodná koncepce s velmi vysokými nároky na množství dodané energie, pomocných chemikálií pro čištění vznikajících spalin i fyzickou obsluhu. Zařízení tak bylo následně odstaveno z provozu a nevyužívá se. Odvodněný kal je tak přímo odvážen přímo z kalového sila k dalšímu zpracování v kompostárně.

Komentář a provozní problémy

Linka pro strojní odvodnění kalu je řešena dnes zcela standardním technologickým vystrojením na principu dekantační odstředivky. Dosahovaná výstupní sušina odvodněného kalu na úrovni 23,4 % je uspokojivá.

Soubor odvodnění kalu je tvořen pouze jedním odvodňovacím zařízením a nedisponuje tak žádnou provozní rezervou, což může v případě jeho nenadálé poruchy způsobit provozní potíže.

Systém dopravníků odvodněného kalu a na ně navazujícího kalového sila je poměrně složitý a byl koncipován pro následnou dopravu kalu do objektu linky termické degradace odpadů, kde měl být dále zpracováván. V současné době je využívána pouze dopravní cesta do kalového sila, odkud je kal po otevření jeho dna vysypáván na kontejner nákladního automobilu. Přímý výpad odvodněného kalu do kontejneru tento systém neumožňuje.

Linka termické degradace odpadů, která měla zajistit snížení jeho objemu, vývin energie a z dnešního pohledu i hygienizaci kalu, byla z výše popsaných provozních obtíží po krátké době provozu odstavena. Z ČOV je tak odvážen pouze standardně anaerobně zpracovaný odvodněný kal, u kterého není zajištěna dnes již legislativně požadovaná trvalá hygienizace. Jelikož je kal v současné době odvážen ke zpracování do kompostárny na výrobu průmyslových kompostů, není zatím zajištění jeho hygienizace na ČOV striktně požadováno a tento proces se tak přesouvá na finálního odběratele kalu. V případě změny systému nakládání s kalem může být odvoz a odběr nehygienizovaného kalu problematický a bude potřeba hledat alternativní řešení jeho dalšího zpracování.

Dle výpovědi obsluhy ČOV a z provozních výsledků rozborů dále vyplývá, že kal disponuje zvýšeným obsahem některých těžkých kovů a jeho výhledové využití v kompostárně tak nebude ani z těchto důvodů možné.

3.11. Řídicí a informační systém

Na ČOV byl v rámci poslední modernizace nainstalován nový řídicí a informační systém. Ten je v současné době zatím funkční, nicméně s ohledem na jeho fyzické stáří a předpokládanou životnost obdobných systémů bude do výhledu potřeba uvažovat s provedením jeho modernizace či kompletní výměny.

3.12. Rekapitulace hlavních provozních problémů ČOV

S ohledem na poměrně značnou obsáhlost předchozího textu uvádíme na tomto přehledný výčet nejzávažnějších problémů jednotlivých hlavních provozních souborů

ČOV Jihlava, které by měly být v rámci provádění její eventuální modernizace řešeny.

Kanalizační síť a hrubé předčištění

- Kanalizační síť není hlavním předmětem této studie.
- Na přítoku do ČOV chybí hrubé strojní česle a přiváděné rozměrnější shrabky jsou zachycovány v lapáku šterku a působí problémy na jemných strojních česlích.
- Odtok ze vstupní odlehčovací komory není vybaven objektem dešťové zdrže pro zachycení nejvíce znečištěného podílu srážkových vod či jiným způsobem předčištění
- Stanice pro řízený příjem dovážených odpadních vod je v současné době nefunkční a tyto vody jsou tak stáčeny napřímo do přítoku na ČOV.
- Automatické vzorkovače kvality surové vody jsou v nevyhovujícím stavu

Vstupní čerpání a mechanické předčištění

- Uzavírací armatura pro odtah primárního kalu je nevhodně řešena šoupětem s elektropohonem s malou rychlostí otevření a uzavření, čímž do odtahovaného primárního kalu proniká nadměrné množství vody.
- Systém následného gravitačního zahuštění primárního kalu v oddělené nadzemní zahušťovací nádrži je provozně složitý a bez zásadního přínosu na zvýšení jeho sušiny.

Anaerobní reaktor a druhé čerpání

- Sestava čerpadel aktivační směsi o třech čerpadlech pracujících v sestavě 3+0, nedisponuje potřebnou provozní rezervou a v případě poruchy některého z čerpadel je potřeba provést jeho fyzickou výměnu.
- Výkonnostní parametry čerpadel sestavy jsou nedostatečné a systém tak není schopen zajistit potřebné čerpané množství dešťových vod včetně udržení požadované recirkulace vratného kalu, což je pro udržení stabilního chodu dosazovacích nádrží zcela zásadní.

Biologické čištění, zdroje vzduchu a separace kalu

- Zdroje vzduchu pro aeraci nádrží biologického čištění v podobě standardních dmychadel s rotačními písty pracují s ohledem na potřebný provozní přetlak 80 kPa na hraně svých technických možností. Jejich provoz je tak energeticky náročný s nutností častějších servisních úkonů.
- Aerační elementy jsou v provozu již více než 6 let, čímž se snižuje účinnost vnosu kyslíku do nádrží a hrozí rovněž fyzické poškození systému.
- V aktivačních nádržích chybí pokročilá technologie pro monitoring průběhu čistícího procesu v podobě sond pro stanovení sušiny kalu, forem výskytu dusíkatých látek, fosfátů, apod..

Dosazovací nádrže, recirkulace a nádrž regenerace kalu

- V dosazovacích nádržích chybí pokročilá provozní instrumentace pro stanovení rozhraní voda – kal pro optimální řízení procesu separace kalu.
- Zdroje vzduchu pro nádrž regenerace kalu pocházejí z roku 1996, jsou tedy zastaralé s nižší energetickou účinností a bez možnosti plynulé regulace výkonu pomocí frekvenčních měničů.
- Aerační elementy v nádrži regenerace jsou obdobně jako elementy v aktivačních nádržích v provozu cca 6 let a z výše popsaných důvodů bude potřeba provést jejich výměnu.

Chemické hospodářství

- Chemické hospodářství je standardní provozní soubor bez zjevných problémů a nedostatků.

Odkalování a zahuštění přebytečného kalu

- Strojní zahuštění přebytečného kalu tlakovzdušnou flotací je v dnešní době neobvyklé řešení.
- Flotační jednotka je značně rozměrné a složité zařízení s velkým množstvím mechanických částí a pohonů.
- Provoz flotační jednotky s celkovým příkonem na úrovni 50 kW je energeticky velmi náročný a neúměrný vykazovanému efektu zahuštění kalu.

Kalové hospodářství

- Stavební objekty vyhnívacích a uskladňovacích nádrží pocházejí z roku 1968 a jejich fyzická životnost se blíží ke svému konci.
- Konstrukce výstupní věže mezi vyhnívacími nádržemi je nestabilní a nahýbá se.
- Provozní teplota zpracovávaného kalu ve vyhnívacích nádržích je nízká a její navýšení obsluhou autonomní řídicí systém neumožňuje.
- V důsledku nedostatečné teploty neprobíhá anaerobní proces s optimální účinností, což se projevuje vedle vyššího obsahu organických látek ve vyhníleém kalu i nižším vývinem bioplynu.

Plynové a energetické hospodářství

- V důsledku nižší procesní teploty a dalších faktorů anaerobního procesu není vývin bioplynu optimální.
- Z celkové produkce bioplynu je zhruba čtvrtina jeho vyprodukovaného množství bez užitku spalována v hořáku zbytkového plynu.
- Na čistírně zcela chybí zařízení, umožňující vedle produkce tepla vyrábět z vyvíjeného bioplynu rovněž elektrickou energii a využít ji pro zlepšení energetické bilance ČOV.

Strojní odvodnění kalu a linka termické degradace odpadů

- Ve strojovně odvodnění chybí záložní odvodňovací linka kalu.
- Systém dopravníků odvodněného kalu společně s kalovým silem byl navržen pro předpokládaný automatizovaný transport kalu do linky termické degradace. Pro současný přímý odvoz kalu je tak zařízení zbytečně složité a energeticky náročné.
- Linka termické degradace odpadů, která měla mimo jiné zajistit snížení objemu produkovaného kalu a z dnešního pohledu i jeho hygienizaci, se provozně prokázala jako zcela nevyhovující a byla kompletně odstavena.
- Současný způsob přímého zpracování kalu v kompostárně může být z důvodu nezajištěné hygienizace a obsahu těžkých kovů výhledově problematický.

Řídící a informační systém, MAR

- Řídící systém pochází z doby poslední modernizace ČOV a s ohledem na reálnou životnost těchto systémů bude potřeba uvažovat po zhruba 20 letech provozu o jeho výměně či zásadní modernizaci.

4. Návrhová kapacita stávající ČOV

Návrhová hydraulická a látková kapacita modernizované čistírny odpadních vod Jihlava v současném uspořádání dle projektové dokumentace a platného provozního řádu z roku 2007 byla stanovena následovně.

Hydraulické zatížení

Veličina	Rozměr		
	m ³ /den	m ³ /h	l/s
Q ₂₄	12 891	537,0	149,0
Q _d	14 560	607,0	168,0
Q _h	-	904,0	251,0
Q _{max B}	-	1 410,0	392,0
Q _{max OK}	-	13 680,0	3 800

Legenda

- Q₂₄ - průměrný bezdeštný denní přítok odpadních vod na ČOV včetně vod balastních a průmyslových
Q_d - maximální bezdeštný denní přítok odpadních vod na ČOV
Q_h - maximální bezdeštný hodinový přítok odpadních vod na ČOV
Q_{max B} - maximální množství odp. vod přiváděných za deště na mechanickou a biologickou část ČOV
Q_{max OK} - maximální množství odpadních vod přiváděných za deště na vstupní odlehčovací komoru před ČOV

Maximální průtok mechanickou a biologickou částí ČOV je dán odlehčovacím poměrem ve vstupní odlehčovací komoře.

Látkové zatížení

Návrhová bilance látkového zatížení je uvedena v následující tabulce. Koncentrační hodnoty byly vypočteny pro výše uvedený průměrný denní průtok Q₂₄.

V prvním sloupci tabulky je vypočten počet připojených ekvivalentních obyvatel užitím směrných hodnot specifické produkce znečištění dle ČSN 74 6401.

Sledovaný ukazatel	Produkce znečištění		Počet EO dle ČSN
	kg/den	mg/l	
CHSK _{Cr}	11 878	921	98 983
BSK ₅	5 995	465	99 916
NL	8 526	661	155 018
N-NH ₄ ⁺	715	55,5	-
N _c	1 100	85,0	100 000
P _c	190	14,7	76 000

Návrhová projektovaná látková kapacita ČOV dle parametru BSK₅ činí cca 98 983 EO₆₀. V návrhové bilanci byl zohledněn i přísun průmyslových odpadních vod z místních větších podniků a závodů.

5. Analýza provozně technologického sledování

V následující kapitole je uvedeno stručné vyhodnocení současného hydraulického a látkového zatížení ČOV Jihlava dle doložených rozborů a měření, dodaných provozovatelem tamní vodovodní a kanalizační sítě, firmou SMJ, a.s. za níže uvedená časová období. Detailní vyhodnocení současného zatížení ČOV včetně četných tabelárních a grafických příloh je zpracováno v samostatné příloze tohoto dokumentu, v kapitole č. 3.

Na území města Jihlava žije v současné době dle veřejně dostupných statistických údajů zhruba 51 125 trvale žijících obyvatel, z nichž je pravděpodobně naprostá většina napojena na veřejnou vodovodní a kanalizační síť.

Ve městě se dále nachází standardní objekty a zařízení občanské vybavenosti (školy, obchody, restaurační a ubytovací zařízení, apod.) a v neposlední řadě i četné průmyslové závody a provozovny. Mezi největší producenty potravinářských průmyslových odpadních vod patří především závod na zpracování mléka a produkci mléčných výrobků Moravia Lacto, dále jihlavský pivovar Ježek a další menší závody na výrobu masných a uzenářských produktů, apod. Kromě potravinářského průmyslu je ve městě hojně zastoupen i strojírenský a kovozpracující průmysl, jako např. závod Jihlavan, zabývající se galvanickým pokovováním různých součástí pro letecký a jiný průmysl, dále se zde nachází závod Moravské kovárny, zabývající se výrobou výkovků z oceli za tepla, závod Motorpal, produkující vstřikovací systémy a čerpadla a v neposlední řadě firma Bosch, vyrábějící součásti pro dieselové motory, a další.

Na ČOV jsou kromě odpadních vod přiváděných kanalizační sítí rovněž zpracovávány dovážené odpadní vody. Jedná se především o vody z akumulčních a bezodtokých jímek a rovněž jsou zde zpracovávány prosáklé vody ze skládky komunálních a stavebních odpadů.

Odpadní vody z průmyslových závodů výraznou měrou ovlivňují nejen výslednou kvalitu a složení odpadních vod přiváděných na ČOV, ale i kvalitativní vlastnosti produkovaných kalů, vyznačující se zvýšeným výskytem těžkých kovů a jiných specifických polutantů.

Současné hydraulické zatížení ČOV bylo vyhodnoceno na základě dodaných provozních měření a rozborů za období let 2017 – 2021. Látkové zatížení bylo vyhodnoceno pouze za období roku 2021, jelikož starší provozní údaje neměl nový provozovatel ČOV k dispozici.

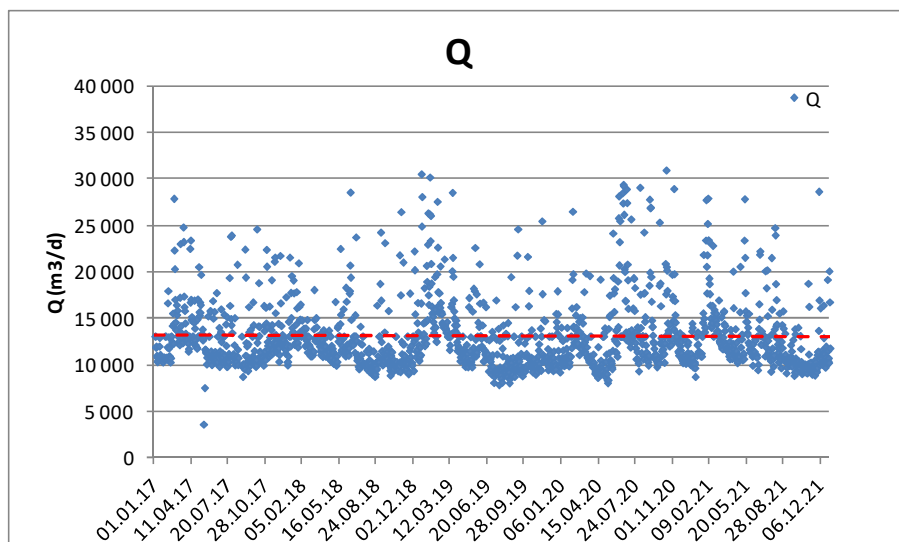
5.1. Hydraulické zatížení

V následujícím oddílu je pojednáno o reálném dosahovaném hydraulickém zatížení ČOV ve sledovaném období let 2017 - 2021.

Odpadní vody, produkované na odkanalizovaném území, jsou na ČOV odváděny jednotnou kanalizační sítí. Statistické vyhodnocení průměrných měsíčních a denních průtoků za období let 2017 – 2021 je přehledně uvedeno v následující tabulce. Jako měrný objekt slouží Parshallův žlab s kontinuálním snímáním a zaznamenáváním naměřených hodnot, osazený na odtoku z ČOV.

Parametr	Průtok ČOV za období let 2017 a 2021			
	m ³ /měsíc	m ³ /den	m ³ /h	l/s
Průměr	392 672	13 046	543,6	151,0
Medián	391 554	12 511	521,3	144,8
Maximum	584 148	50 410	2 100,4	583,4
Minimum	257 943	3 730	155,4	43,2

Průběh denního množství vyčištěných odpadních vod v letech 2017 až 2021 je znázorněn v následujícím grafu.



Z grafu je patrný velmi vyrovnaný dlouhodobý trend průměrného denního průtoku biologicky vyčištěných odpadních vod s mírným vlivem aktuální srážkové činnosti. Průtoková maxima byla dosahována v roce 2020, který byl srážkově výrazně nadprůměrný. Minima byla naopak vykazována ve srážkově podprůměrném roce 2018.

Porovnání průměrného denního průtoku ČOV v jednotlivých letech sledovaného období ve vztahu k návrhovému průměrnému průtoku ČOV (12 891 m³/den) a aktuální srážkové činnosti v daném roce je uveden v následující tabulce. V posledním sloupci tabulky je uvedeno procentuální dosažení průměrného dlouhodobého ročního srážkového úhrnu v kraji Vysočina, který činí 673 mm/rok.

Rok	Roční průtok	Denní průtok	Naplnění projektu	Srážkový úhrn	Naplnění normálu
	m ³ /rok	m ³ /den	% Q ₂₄	mm/rok	%
2017	4 641 880	12 717	99	652	97
2018	4 499 521	12 294	95	517	77
2019	4 674 697	12 807	99	645	96
2020	4 952 226	13 568	105	834	124
2021	4 791 991	13 129	102	653	97
Průměr	4 712 063	13 046	101	660	98

Z tabulky vyplývá, že návrhový průměrný denní průtok ČOV na úrovni 12 891 m³/den, tj. 149 l/s je naplněn. To ovšem rozhodně neznamená, že mechanicko-biologická linka ČOV není schopna zpracovat i vyšší zatížení, jelikož její maximální hydraulická kapacita činí cca 392 l/s.

Současný průměrný podíl balastních vod z celkového průtoku ČOV lze na základě podrobnějšího vyhodnocení dodaných provozních měření odhadovat na úrovni okolo 20 % z celkového ročního, resp. denního průtoku, tj., okolo 2 610 m³/den, což je s ohledem na existenci starší jednotné kanalizační sítě hodnota velmi příznivá.

Množství dovážených odpadních vod činilo dle dodaných podkladů v roce 2021 cca 26 580 m³/rok a představuje tak zhruba 0,55 % průměrného ročního průtoku ČOV, což je hydraulicky vcelku zanedbatelné množství. U skládkových a jiných koncentrovaných odpadních vod je potřeba zajistit jejich pokud možno rovnoměrné dávkování.

5.2. Látkové zatížení

Současné látkové zatížení čistírny bylo vyčísleno pouze za období roku 2021, jelikož kvalitativní údaje za předešlé období nemá současný provozovatel ČOV k dispozici. Měření kvality přiváděné odpadní vody byla převážně prováděna ve čtyřadvacetihodinových směsných vzorcích, sléváných automatickým odběrákem a analyzovaných v akreditované laboratoři provozovatele ČOV s průměrnou četností 1x týdně.

Vyhodnocené koncentrační údaje o naměřené kvalitě surových vod v hlavních chemických ukazatelích jsou obsahem následující tabulky.

Parametr	Jednotka	CHSK _{Cr}	BSK ₅	NL	NH ₄ ⁺	Nc	Pc
Počet stanovení	-	51	51	51	51	51	50
Aritmetický průměr	mg/l	771	355	327	49,6	76,5	9,3
Medián	mg/l	780	320	310	48,0	71,0	9,1
Maximum	mg/l	2 200	1 100	910	99,0	260,0	22,0
Minimum	mg/l	430	160	160	23,0	36,0	1,5

V následující tabulce je provedeno další vyhodnocení získaných provozních údajů, užitím výše uvedených hodnot mediánů, které eliminují odlehlá měření a lépe tak vystihují daný soubor měření.

Z vypočtených hodnot mediánu byly na základě znalosti průměrného denního průtoku v roce 2021 ve výši 13 129 m³/den vypočteny bilanční hodnoty přiváděného znečištění. Z těchto hodnot byl dále na základě hodnot specifické produkce znečištění v jednotlivých ukazatelích dle ČSN 75 6401 (poslední sloupec tabulky) vypočten teoretický počet připojených ekvivalentních obyvatel v jednotlivých ukazatelích. Současné zatížení bylo dále porovnáno s návrhovými hodnotami látkového zatížení a byla vypočtena vytíženost ČOV v jednotlivých ukazatelích.

Parametr	Současné zatížení - medián			Projekt	Vytížení ČOV	Specifická produkce
	mg/l	kg/d	Počet EO			
CHSK_{Cr}	780	10 240,4	85 337	11 878	86,2	120
BSK₅	320	4 201,2	70 020	5 995	70,1	60
NL	310	4 070,0	73 998	8 526	47,7	55
NH₄⁺	48,0	630,2	-	715	88,1	-
Nc	71,0	932,1	84 740	1 100	84,7	11
Pc	9,1	118,8	47 526	190	62,5	2,5

Průměrné látkové zatížení těchto vod dosahovalo ve sledovaném období cca 70 000 EO dle BSK₅, cca 85 500 EO dle CHSK_{Cr} a cca 84 740 EO dle Nc.

Reálná látková kapacita ČOV při zohlednění všech místních specifik bude stanovena v další části tohoto materiálu, v odstavci č. 8.

Odpadní vody disponují mírně nižším poměrem mezi ukazateli BSK₅ a CHSK_{Cr}, který zde oproti normové hodnotě 0,5 dosahuje pouze 0,4, což může být způsobeno přirozenou degradací lehce rozložitelných organických látek přímo v kanalizační síti.

Poměr mezi ukazateli $CHSK_{Cr}$ a N_c zde dosahuje hodnoty cca 10,98, což velmi dobře koresponduje s normovou hodnotou na úrovni 10,90.

Odpadní vody svým poměrovým složením velmi dobře odpovídají charakteru a složení splaškových odpadních vod v souladu s ČSN 75 6401.

Nižší podíl organického znečištění a vyšší podíl dusíkatých látek, který je na mnoha obdobných lokalitách v ČR běžný, se zde neprojevuje, což pravděpodobně způsobuje přítomnost odpadních vod z potravinářského průmyslu s vysokým obsahem organického znečištění.

Na ČOV je dle dostupných statistických údajů napojeno cca 51 125 stálých obyvatel. Na jednoho připojeného obyvatele tak připadá v jednotlivých ukazatelích níže uvedený počet ekvivalentních obyvatel (EO).

Počet připojených obyvatel	Znečištění připadající na 1 obyvatele – dle mediánu EO/obytel					
	$CHSK_{Cr}$	BSK_5	NL	$N-NH_4^+$	N_c	P_c
51 125	1,68	1,37	1,45	-	1,65	0,83

Na 1 fyzického obyvatele připadá zhruba 1,68 EO dle $CHSK_{Cr}$ a cca 1,37 EO dle BSK_5 což jsou poměrně vysoké hodnoty a zcela evidentně jsou ovlivněny přítokem průmyslových odpadních vod.

5.3. Kvalita odpadních vod po primární sedimentaci

Technologická linka ČOV Jihlava disponuje stupněm primární sedimentace v podobě kruhové stírané usazovací nádrže o užitém objemu cca 1 736 m³ a účinné separační ploše cca 632 m². Střední doba zdržení v nádrži činí pro výše uvedený průměrný denní průtok 521,3 m³/h zhruba 3,4 h.

V následující tabulce jsou uvedeny hodnoty látkového zatížení surových odpadních vod a odpadních vod po mechanickém stupni čištění, odpovídající účinnost primární sedimentace, průměrná kvalita takto předčištěných odpadních vod na vstupu do biologického stupně čištění a odpovídající účinnost separace v jednotlivých ukazatelích v porovnání s hodnotami dle ČSN 75 6401 pro dané zatížení usazovací nádrže.

Parametr	Vstupní zatížení			Zatížení po mechanickém stupni			Účinnost separace	
	mg/l	kg/d	Počet EO	mg/l	kg/d	Počet EO	Skutečná %	Dle ČSN %
$CHSK_{Cr}$	780	10 240,4	85 337	480	6 301,8	52 515	38,5	33,3
BSK_5	320	4 201,2	70 020	230	3 019,6	50 327	29,2	33,3
NL	310	4 070,0	73 998	110	1 444,2	26 257	64,5	58,2
NH_4^+	48,0	630,2	-	44,0	577,7	-	8,3	0,0
N_c	71,0	932,1	84 740	58,0	761,5	69 224	18,3	9,1
P_c	9,1	118,8	47 526	5,5	72,2	28 883	37,9	8,0

Z výše uvedené tabulky vyplývá, že účinnost primárního stupně čištění v ukazatelích organického znečištění a nerozpuštěných látek zhruba odpovídá deklarované účinnosti dle ČSN 75 6401 pro dané parametry provozu nebo je mírně vyšší. Výrazně vyšší je však reálná účinnost odstraňování celkového dusíku a především pak celkového fosforu, kde se pozitivně projevuje výše již popisovaná přítomnost zbytkového železitého koagulantu, obsaženého v odpadních vodách z úpravy vody, kde je tento koagulant při procesu čiření využíván.

5.4. Množství a složení kalové vody

Jak již bylo výše uvedeno, je na biologickou linku ČOV, do nádrže regenerace kalu přiváděn fugát z odvodnění anaerobně stabilizovaného kalu.

Množství a kvalita fugátu byla vyhodnocena na základě dodaných provozních sledování za období roku 2021. Při výpočtu ověření kapacity biologické linky ČOV je zpětný vnos znečištění zohledněn.

Sledovaný ukazatel	Složení kalové vody	
	kg/den	mg/l
CHSK _{Cr}	97,9	1050
BSK ₅	19,6	210
NL	14,0	150
N-NH ₄ ⁺	96,5	1035
N _c	71,3	765
P _c	3,2	34

5.5. Teplota odpadní vody

Teplota přiváděných odpadních vod patří mezi velmi významné faktory při návrhu a posuzování dimenze nádrží biologického čištění a při výpočtech potřebné oxygennační kapacity aeračního systému. Z vyhodnocení teplotního profilu za reprezentativní sledované období let 2017 – 2021 lze odvodit níže uvedené limitní hodnoty.

Parametr	Teplota aktivací směsi
	°C
Minimální návrhová	9
Průměrná návrhová	15
Maximální návrhová	22
Legislativní	12

Z předcházejících hodnot vyplývá, že pro výpočet aktivačního systému z hlediska stáří kalu je potřeba uvažovat s minimální teplotou okolo 9°C a pro výpočet oxygenační kapacity bude uvažováno s maximální teplotou 22°C.

6. Množství a kvalita vyčištěných vod

V následujícím oddílu bude pojednáno o množství a kvalitě vyčištěných odpadních vod na odtoku z ČOV.

6.1. Legislativní požadavky

Aktuálně platné nařízení vlády ČR č. 401/2015 ukládá pro návrhovou velikost zdroje znečištění (99 916 EO) povinnost dodržet níže uvedené emisní standardy ukazatelů přípustného znečištění ve vyčištěných odpadních vodách. Velikost čistírny spadá dle citovaného nařízení vlády do velikostní kategorie 10 001 – 100 000 EO.

Legislativně požadované limity jsou uvedeny v následující tabulce. Pro úplnost jsou v druhých sloupcích tabulky uvedeny limity pro nejlepší dostupné technologie (tzv. BAT limity) pro danou velikostní kategorii ČOV v souladu s Nařízením vlády č. 401/2015 v aktuálním znění.

Ukazatel	„p“/„průměr“ (mg/l)		„m“ (mg/l)	
	Emisní standard	„BAT“ limit	Emisní standard	„BAT“ limit
CHSK _{Cr}	90	60	130	100
BSK ₅	20	14	40	20
NL	25	18	50	25
N-NH ₄ ⁺	-	-	-	-
Nc	15*	14*	30	25
Pc	2*	1,5*	6	3

* roční průměry

6.2. Stávající vodoprávní rozhodnutí

Množství a kvalita vypouštěných odpadních vod je v současné době upravována platným vodohospodářským povolením číslo jednací KUJI 698/2005 ze dne 2. 2. 2005. Platnost tohoto povolení byla prodloužena do roku 2025 při ponechání stejných požadovaných limitů.

Recipientem vyčištěných vod je vodní tok Jihlava, říční kilometr 140,7 číslo hydrologického pořadí 4-16-01-049.

Uvedenými rozhodnutími jsou aktuálně předepsány následující limity množství a kvality vyčištěné odpadní vody pro trvalý provoz:

Množství odpadních vod

Průměr		Maximum	Maximum roční
206 l/s	17 808 m ³ /den	391,6 l/s	6 500 000 m ³ /rok

Kvalita vyčištěných vod

Ukazatel	p	m	Bilanční hodnoty
	mg/l	mg/l	t/rok
CHSK _{Cr}	75	125	353
BSK ₅	15	30	70,2
NL	20	40	94,2
Ukazatel	průměr	m	Bilanční hodnoty
Nc	12	20	78
Pc	1	3	6,5

Z porovnání obecně platných legislativních požadavků dle Nařízení vlády č. 401/2015 Sb. s požadavky platného vodohospodářského povolení vyplývá, že v parametrech CHSK_{Cr}, BSK₅ a NL jsou hodnoty požadované vodohospodářským rozhodnutím stanoveny v rozmezí hodnot emisních standardů a limitů BAT. V parametrech Nc a Pc jsou průměrné roční hodnoty stanoveny přísněji než legislativní požadavek pro nejlepší dostupné technologie. Důvodem je pravděpodobně ta skutečnost, že řeka Jihlava je poměrně málo vodný tok a zvýšený přísun nutrientů je zde tudíž z tohoto pohledu nežádoucí.

6.3. Současné množství a kvalita vyčištěných odpadních vod

V následující kapitole jsou přehledně shrnuty dosahované výsledky množství a kvality vyčištěných odpadních vod na odtoku z ČOV Jihlava za období roku 2021. Podrobnější výsledky včetně grafického zpracování a dalších komentářů jsou k nahlédnutí v příloze tohoto dokumentu.

Množství vyčištěných vod

Roční množství biologicky čištěných odpadních vod v letech 2017 – 2021 bylo statisticky vyhodnoceno v oddílu č. 5.1. Celkový průtok ČOV v roce 2021 činil 4 791 111 m³/rok a v roce 2020 s nejvyšším srážkovým úhrnem za celé sledované období cca 4 952 226 m³/rok.

Z porovnání povoleného a reálně dosaženého množství odpadních vod vyplývá, že roční vypouštěné množství odpadních vod ve všech letech sledovaného období s dostatečnou rezervou splňuje legislativní požadavek ve výši 6 500 000 m³/rok. Rovněž požadovaná hodnota denního maxima ve výši 17 808 m³/den nebyla v tomto období nikdy překročena.

Kvalita vyčištěných vod

V následující tabulce jsou přehledně uvedeny základní statistické parametry souboru naměřených dat kvality vyčištěné odpadní vody v daném sledovaném období leden – prosinec 2021.

Parametr	Jednotka	CHSK _{Cr}	BSK ₅	NL	NH ₄ ⁺	Nc	Pc
Počet stanovení	-	51	51	51	51	51	51
Aritmetický průměr	mg/l	36,7	3,8	4,4	1,7	9,5	0,2
Medián	mg/l	37,0	3,0	4,0	1,3	9,2	0,2
Maximum	mg/l	48,0	7,0	10,0	8,3	16,0	1,4
Minimum	mg/l	17,0	3,0	3,0	0,2	4,8	0,1
Vypuštěné znečištění dle průměru	t/rok	175,8	18,2	21,1	8,1	45,5	0,96
Celková účinnost čištění	%	96	99	99	97	86	98

Z předchozí tabulky je patrné, že ČOV ve všech sledovaných parametrech setrvale a s dostatečnou rezervou plní veškeré koncentrační i látkové požadavky platného povolení k nakládání s vodami. Překročeny nebyly ani maximální hodnoty „m“ v žádném ukazateli a rovněž nebyl překročen koncentrační limit zpoplatnění v parametru CHSK_{Cr} ve výši 40 mg/l.

Z jednotlivých provozních měření je patrná vysoká stabilita čistícího procesu ve všech sledovaných ukazatelích. Drobnou výjimku lze pozorovat pouze u parametru N-NH₄⁺, kdy v letním období roku 2021 došlo k mírnému navýšení jeho odtokové koncentrace, a to v s největší pravděpodobností v důsledku krátkodobého deficitu rozpuštěného kyslíku v aktivačních nádržích či nárazovému látkovému přetížení ČOV.

Odstraňování celkového fosforu probíhalo s velmi vysokou účinností i při minimálním dávkovaném množství síranu železitého, k čemuž jednoznačně přispívá zařazení anaerobního reaktoru do technologické linky čištění, příznivé složení odpadní vody s vysokým obsahem organického substrátu a výše již zmiňovaná přítomnost zbytkového koagulantu v čištěných vodách.

7. Rozměry a objemy hlavních nádrží stávající ČOV

V následujícím přehledu jsou uvedeny rozměry a užité objemy hlavních nádrží stávající ČOV Jihlava. Údaje byly převzaty z projektové dokumentace, provozního řádu a ověřeny z dostupné výkresové dokumentace.

Usazovací nádrže	1 ks
průměr	30 m
užitná plocha nádrže	cca 632 m ²
užitná hloubka vody	2,3 m
užitný objem nádrže	cca 1 736 m ³
Anaerobní nádrž včetně selektoru	1 ks
průměr	30 m
užitná hloubka vody	2,5 m
užitný objem nádrže	cca 1 840 m ³
Nádrž regenerace kalu	1 ks
šířka	16,5 m
délka	28,0 m
užitná hloubka vody	4,0 m
celkový užitný objem	cca 1 810 m ³
Oběhové aktivační nádrže	2 ks
šířka	20,0 m
délka	60,0 m
užitná hloubka vody	7,0 m
užitný objem jedné nádrže	cca 7 750 m ³
celkový užitný objem	cca 15 500 m ³
Dosazovací nádrže	2 ks
průměr	30 m
užitná hloubka vody u stěny	5,0 m
užitná plocha jedné nádrže	cca 700 m ²
užitný objem jedné nádrže	2 400 m ³
celková užitná plocha nádrží	cca 1 400 m ²
celkový užitný objem nádrží	4 800 m ³
Vyhnívací nádrže	2 ks
průměr	10 m
užitná hloubka nádrže	12,5 m
užitný objem jedné nádrže	cca 980 m ³
celkový užitný objem nádrží	1 960 m ³
Uskladňovací nádrže kalu	2 ks
průměr	24 m
užitná hloubka vody	4,4 m
užitný objem jedné nádrže	cca 1 980 m ³
celkový užitný objem	cca 3 960 m ³

8. Ověření reálné kapacity biologické linky ČOV

Následující oddíl je zaměřen na stanovení reálné hydraulické a látkové kapacity stávající linky biologického čištění a separace kalu při optimálním technologickém využití existujících reakčních objemů aktivačních a dosazovacích nádrží. Jelikož tento údaj je z hlediska návrhu dalšího rozvoje ČOV zcela zásadní, byla tomuto tématu věnována zvýšená pozornost.

Ověření skutečné kapacity ČOV ve stávajícím uspořádání bylo provedeno specializovanou odbornou firmou s využitím pokročilého výpočetního programu matematické simulace chování aktivačního procesu při reálných dynamických procesech v systému. Ve výpočtech byla mimo mnoha dalších parametrů zohledněna stávající konfigurace a členění nádrží biologického čištění a jejich užitných objemů, reálné výše vyhodnocené poměrové složení odpadní vody, doložený roční teplotní profil aktivační směsi, zpětný vnos znečištění z filtrátu vyhnílého odvodněného kalu a požadovaná kvalita vyčištěné odpadní vody ve všech sledovaných ukazatelích nejen na úrovni požadavků současného povolení k nakládání s vodami, ale i pro možné výhledové zpřísnění odtokových limitů dle připravované novely nařízení vlády č. 401/2015 Sb. s prioritním zaměřením na bezpečné dodržení odtokové koncentrace celkového dusíku na úrovni 10 mg/l a celkového fosforu ve výši 0,2 – 0,8 mg/l.

Model kalkuluje s provozem všech nádrží biologického čištění při zachování jejich současného funkčního využití bez výstavby jakýchkoliv nových reakčních objemů při optimálně nastavených technologických parametrech procesu a dodávky vzduchu.

Kompletní technologický výpočet spolu s množstvím doprovodných tabulek, grafů a komentářů je obsahem samostatné přílohy k tomuto dokumentu v odstavci č. 5. Zde se, s ohledem na udržení koncepční struktury materiálu, omezíme na konstatování získaných závěrů.

Ve výpočtech je jako zásadní požadavek uvažováno s udržením celoročního stabilního průběhu procesu nitrifikace s maximální odtokovou koncentrací amoniakálního dusíku do 2 mg/l i při minimální zimní teplotě aktivační směsi na úrovni 9°C, která dává předpoklad pro dodržení zmiňované odtokové koncentrace celkového dusíku na úrovni 10 mg/l. Provozní sušina v aktivaci byla s ohledem na dodržení ověřených optimálních zatěžovacích parametrů dosazovacích nádrží zvolena na úrovni 4 g/l. Výpočet dále mimo jiné kalkuluje i s eventuální potřebou stechiometrického dávkování síranu železitého na srážení fosforu pro případ výpadku přísunu nezreagovaného koagulantu, obsaženého v odpadních vodách z úpravy pitné vody.

Z provedených matematických simulací vyplývají následující závěry:

- Dimenze dosazovacích nádrží je pro zpracování projektem navrženého maximálního dešťového průtoku na úrovni 392 l/s a přiváděné sušiny aktivovaného kalu na úrovni 4 g/l při dodržení optimálních provozních parametrů dostačující. Zásadní podmínkou je zajištění potřebné recirkulace aktivační směsi posílením výkonu čerpadel ve druhé čerpací stanici.

- Objemy nádrží biologického čištění umožní při výše uvedených požadavcích a optimalizované dodávce vzduchu dlouhodobě zpracovat látkové zatížení odpovídající cca 86 000 EO dle BSK₅, přičemž krátkodobé týdenní maximum zpracovávaného znečištění činí cca 105 000 EO dle BSK₅.
- Za předpokladu, že nedojde k zásadním změnám v kvalitě a složení přiváděných odpadních vod a účinnost mechanického stupně čištění (primární sedimentace v usazovacích nádržích) zůstane srovnatelná jako v současnosti, tedy na úrovni okolo 30 % na organické znečištění, dokáže ČOV zpracovat vstupní látkové zatížení na úrovni okolo 122 000 EO dle BSK₅ s krátkodobým týdenním maximem okolo 150 000 EO dle BSK₅.
- Oproti projektem deklarované vstupní látkové kapacitě ČOV ve výši 98 983 EO₆₀ činí její reálná kapacita při optimálním využití všech funkčních nádrží cca 122 000 EO₆₀, což představuje navýšení o cca 23 000 EO₆₀.
- Oproti současnému vstupnímu zatížení ČOV na úrovni 70 000 EO₆₀ činí volná látková kapacita ČOV zhruba 50 000 EO₆₀.
- Současná produkce znečištění, připadajícího na 1 fyzického obyvatele včetně průmyslu a vybavenosti města se pohybuje na úrovni 1,35 EO dle BSK₅ a 1,65 EO dle CHSK_{Cr} a Nc. Za předpokladu, že tento poměr zůstane zachován i do budoucna, disponuje ČOV volnou kapacitou pro připojení dalších zhruba 25 000 obyvatel včetně související občanské vybavenosti a průmyslu.
- Kapacita biologické linky ČOV je tedy v tomto ohledu dostačující a nebude tak limitním faktorem rozvoje města při očekávaném výhledovém nárůstu počtu obyvatel města.

9. Očekávaný rozvoj lokality a nárůst zatížení ČOV

Platný územní plán města Jihlava uvažuje s dalším výhledovým rozvojem města a jeho místních částí, odkanalizovaných na centrální čistírnu odpadních vod. Jsou zde specifikovány plochy pro rozvoj občanské bytové a smíšené zástavby, rozvoj občanské vybavenosti a průmyslové zóny.

Dle poskytnutých informací zastupitelů Magistrátu města z odboru územního plánování je v současné době již projekčně připravován rozvoj bytové výstavby pro zhruba 5 000 nových obyvatel města a jeho místních částí, včetně souvisejících objektů občanské vybavenosti.

V dlouhodobém časovém horizontu by pak mělo dojít k dalšímu rozvoji bytové výstavby a dalšímu nárůstu počtu obyvatel o dalších zhruba 10 000 osob.

V souvislosti s rozvojem bytové výstavby bude postupně docházet i k dalšímu rozšiřování infrastruktury města a jeho standardní občanské vybavenosti v podobě nákupních center, škol, sportovních areálů, apod. Související rozvoj zaznamená zcela evidentně i sféra služeb.

Co se týče průmyslu, je zde uvažováno především s výstavbou menších průmyslových provozoven a závodů. S výstavbou velkých závodů se v územním plánu v současné době již neuvažuje.

Kanalizační síť v rozvojových lokalitách bude realizována jako čistě oddílná a nebude tudíž zdrojem nátoku balastních ani dešťových vod. Výhledovým připojením dalších, městem předpokládaných 15 000 obyvatel dojde k průměrnému navýšení množství přiváděných odpadních vod při uvažované hodnotě specifické produkce 150 l/(os.den) o zhruba 2 250 m³/den, tj. cca 26 l/s. Hodnota mediánu denního průtoku ČOV by se tak navýšila ze stávajících 12 511 m³/den, resp. 145 l/s na cca 14 760 m³/den, resp. 171 l/s, tj. o zhruba 18 %. Jelikož maximální hydraulické zatížení biologické linky ČOV se pohybuje na úrovni 392 l/s, nebude mít toto navýšení průtoku na její provoz a dosahovanou kvalitu vyčištěné vody žádný negativní vliv.

Připojením dalších 15 000 obyvatel dojde za předpokladu zachování stávajícího poměru produkce znečištění 1 obyvatelem na úrovni 1,35 EO₆₀ k navýšení látkového zatížení o zhruba 20 000 EO₆₀. Z předchozího odstavce vyplývá, že biologická linka ČOV disponuje volnou kapacitní rezervou pro zpracování dalšího látkového zatížení až 50 000 EO₆₀ a tedy zmiňovaný nárůst zatížení tak bude schopna zpracovat. Rezervy v hydraulické kapacitě biologického stupně ČOV jsou však výrazně nižší a umožňují v budoucnu připojit maximálně 25 000 obyvatel včetně související občanské vybavenosti.

Z tohoto pohledu lze konstatovat, že dimenze nádrží biologického stupně čištění, které jsou pro zpracování přiváděného znečištění zcela zásadním článkem ČOV, jsou pro další výhledový rozvoj města v souladu s výše uvedenými předpoklady dostačující a vyhovující bez nutnosti jejich dostavby či dalšího rozšiřování.

Běžná životnost železobetonových stavebních konstrukcí nádrží se pohybuje v horizontu zhruba 50 let. Poté ji lze dále prodloužit provedením opravných a sanačních prací v potřebném rozsahu.

10. Návrh intenzifikace ČOV

V následujícím textu je zpracován rámcový návrh intenzifikace celé technologické linky ČOV Jihlava za účelem vyřešení výše specifikovaných provozních problémů a nedostatků, zvýšení stability čistícího procesu, zlepšení provozní spolehlivosti ČOV a komfortu obsluhy a v neposlední řadě zlepšení ekonomiky jejího provozu a vytvoření podmínek pro dodržení legislativních požadavků v oblasti nakládání s čistírenským kalem.

Návrh intenzifikace ČOV je metodicky prezentován po jednotlivých provozních souborech jako jeden ucelený komplet, jehož výsledkem by měla být nadčasová, moderní spolehlivá a plně funkční ČOV, která bude schopna vyřešit problematiku čištění odpadních vod ve městě Jihlava v horizontu několika následujících desetiletí. To však nevylučuje budoucí postupnou realizaci modernizace ČOV ve větším počtu na sebe vzájemně navazujících etap s ohledem na aktuální finanční možnosti investora. Popis všech navržených úprav je potřeba chápat jako ryze koncepční, tedy jeho úkolem je především nastínit vlastníkově dle našeho názoru optimální způsob řešení bez zabíhání do větších technických podrobností, které budou po rámcovém odsouhlasení navrženého řešení předloženy v dalších stupních projektové dokumentace.

10.1. Kanalizační síť a hrubé předčištění

Stávající jednotná kanalizační síť v centrálních částech města Jihlava zůstane i nadále zachována. Dle potřeby budou prováděny opravy kritických úseků, avšak s jejím kompletním přebudováním na oddílnou síť se ani ve výhledovém období neuvažuje. Rozvojové lokality již budou odkanalizovány striktně oddílnou splaškovou sítí s kompletním odkloněním dešťových vod. Na ČOV tak nebudou přiváděny další podíly dešťových ani balastních vod z nově odkanalizovaných území, které by přispívaly ke zvyšování jejího hydraulického zatížení za deště.

Odlehčované odpadní vody ze vstupní odlehčovací komory nejsou v současné době nikterak předčišťovány. Z důvodu zlepšení nakládání s dešťovými vodami, a to i z možných výhledových legislativních požadavků, doporučujeme na obtokovém potrubí osadit zařízení pro hrubé předčištění těchto vod v podobě hrubých strojních česlí v kombinaci s lapákem šterku. Nákladnější alternativou je i vybudování dešťové zdrže, kde by došlo k zachycení prvního, nejvíce znečištěného podílu dešťových vod, který by byl následně, po odeznění dešťové události, přečerpán zpět na ČOV a vyčištěn.

Před přítokem na stávající soubor hrubého předčištění doporučujeme na vhodném místě v areálu ČOV osadit hrubé strojně stírané česle s průlinami okolo 20 mm a nový lapák šterku. Tyto česle budou za běžného provozu sloužit pro prvotní zachycení rozměrnějších shrabků, které v současné době pronikají do lapáku šterku nebo až na jemné strojní česle, kde působí provozní problémy. V případě poruchy či odstávky stávajících jemných strojních česlí by bylo možné po dobu nezbytně nutnou využít nově instalované česle i jako adekvátní provozní zálohu jemných česlí bez nutnosti složité instalace provizorních ručních česlí do česlicového žlabu.

Nově navrhované česle by bylo dobré doplnit ještě o lis na shrabky s promýváním, který zároveň zaručí transport shrabků do zvoleného přepravního prostředku. Celou sestavu nových strojních česlí, lisu na shrabky a zařízení na odvoz shrabků doporučujeme umístit do uzavřeného, zatepleného a temperovaného stavebního objektu, čímž budou eliminovány negativní vlivy venkovního prostředí na chod česlí a naopak nežádoucí vlivy česlí a skladovaných shrabků na jejich okolí.

Stávající dvojice vírových lapáků písku, pocházející z původní ČOV, nejsou sice pro ČOV o kapacitě okolo 100 000 EO v současné době standardním technickým řešením, nicméně svůj účel zde dokáží dle našeho názoru rovněž splnit.

Jejich eventuální náhrada za zdvojený podélný provzdušňovaný lapák písku by si vyžádala výstavbu nového podzemního železobetonového objektu o půdorysných rozměrech zhruba 8 x 25 m. Z prostorových důvodů by bylo nutné nový lapák písku situovat do místa stávající česlovny, která by tudíž musela být kompletně zrušena a zdemolována. Z tohoto důvodu by poté bylo potřeba vybudovat zcela nový objekt česlovny jako u předchozí varianty, avšak o větších půdorysných rozměrech, nutných pro umístění nových nejen hrubých, ale i jemných strojních česlí včetně lisu na shrabky a kontejneru či přívěsu na odvoz shrabků. Před novým objektem česlovny by byl rovněž umístěn nový lapák šterku, těžený strojním drapákem. Obě varianty řešení jsou graficky znázorněny v příložených situačních výkresech. Toto řešení je oproti variantě zachování stávajících vírových lapáků písku investičně výrazně náročnější. Je velmi pravděpodobné, že vynaložené investiční náklady by nebyly

úměrné přínosu stavby v podobě eventuálního mírného zvýšení účinnosti separace písku, které však není zcela zaručeno.

Z uvedených důvodů doporučujeme stávající lapáky písku ponechat v provozu a případné zlepšení separační účinnosti se pokusit hledat v optimalizaci jejich provozu, zejména co se týče četnosti a způsobu provádění těžení sedimentu v závislosti na proteklém množství odpadních vod.

10.2. Vstupní čerpání a mechanické předčištění

Vstupní čerpací stanice je osazena moderní čerpací technikou s dostačujícím výkonem, namontovanou provozní zálohou a systémem automatizovaného řízení čerpaného množství v závislosti na aktuálním průtoku ČOV a nepřináší žádné provozní problémy.

Rovněž mechanický stupeň čištění v podobě kruhové usazovací nádrže pracuje správně a vykazuje velmi dobré provozní efekty ve všech sledovaných ukazatelích, jak bylo podrobněji diskutováno výše.

Stávající systém odtahu a následného strojního zahuštění vnikajícího primárního kalu v oddělené zahušťovací nádrži je provozně složitý, energeticky náročný a nepřináší prakticky žádný pozitivní přínos ohledně zvýšení sušiny kalu. Z tohoto důvodu navrhujeme celý soubor strojního zahuštění kalu odstavit a systém odtahu primárního kalu optimalizovat tak, aby bylo dosaženo maximálního možného zahuštění kalu přímo v prostoru usazovací nádrže. Za tímto účelem bude zapotřebí stávající elektricky ovládané uzavírací armatury pro odtah kalu s pomalým chodem nahradit rychlými uzávěry s pneumatickým pohonem. Optimálním nastavením doby odtahu primárního kalu v krátkých časových cyklech bude zamezeno jeho nežádoucímu ředění odpadní vodou a bude tak docíleno vyšší provozní sušiny kalu, která by se měla pohybovat v rozmezí od 4,0 – 4,5 %, jak je na jiných ČOV u tohoto typu usazovacích nádrží provozně běžně dosahováno.

10.3. Anaerobní reaktor a druhé čerpání

Anaerobní reaktor pracuje správně a zcela evidentně a prokazatelně přispívá ke zlepšení účinnosti odstraňování celkového fosforu na ČOV a minimalizaci potřeby dávkování železitého koagulantu.

Stávající sestava ponorných čerpadel 3+0 ve druhé čerpací stanici aktivací směsi není z výkonnostního ani provozního hlediska zvolena správně. Celkový výkon čerpací stanice je pro zajištění požadovaného recirkulačního poměru nízký a sestava dále nedisponuje potřebnou provozní zálohou. Z tohoto důvodu navrhujeme stávající sestavu čerpadel demontovat a nahradit zcela novými čerpadly s odpovídajícím vyšším výkonem tak, aby maximální potřebné čerpané množství odpadní vody a vratného kalu za deště bylo realizováno dvěma provozními čerpadly a třetí čerpadlo sestavy sloužilo jako namontovaná provozní rezerva. Orientační maximální výkon každého čerpadla by se měl pohybovat na úrovni 250 – 300 l/s s možností řízení čerpaného množství prostřednictvím frekvenčního měniče s vazbou na aktuální průtok ČOV, výšku hladiny v čerpací stanici a nastavený recirkulační poměr.

10.4. Biologické čištění a zdroje vzduchu

Soubor biologického čištění, založený na principu oběhové aktivace, byl pro daný účel a druh odpadních vod navržen principálně správně a je kapacitně dostačující nejen pro zpracování současného a projektovaného zatížení, ale poskytuje i dostatečnou kapacitní rezervu pro další rozvoj města na dobu několika příštích desetiletí, jak bylo uvedeno výše. Po stavební stránce disponují nádrže biologického čištění dostatečnou provozní hloubkou, která dává předpoklady pro dosažení vysoké účinnosti využití dodávaného vzdušeného kyslíku.

Stávající zdroje vzduchu jsou z dnešního pohledu však již technicky a konstrukčně zastaralé, což se negativně projevuje na celkové účinnosti jejich provozu při daných podmínkách aplikace s vysokým provozním přetlakem a velkým objemem dodávaného vzduchu.

Z tohoto důvodu navrhujeme stávající sestavu dmychadel nahradit alternativními zdroji vzduchu nové generace, pracujícími na principu vysokorychlostního turbokompresoru, výkonnostně dimenzovaného na budoucí výhledové požadavky dodávaného množství vzduchu. Osazení takového zdroje vzduchu namísto běžného rotačního dmychadla je zde opodstatněno relativně velkou hloubkou provzdušňovaných nádrží a z toho plynoucí potřeby vysokého provozního přetlaku vzduchu a rovněž poměrně vysokým potřebným výkonem. Provoz běžných rotačních dmychadel v takovýchto podmínkách je již neefektivní, dmychadla jsou značně mechanicky namáhána, mají problémy s chlazením a regulace výkonu frekvenčním měničem je velmi omezená. Turbokompresory oproti tomu disponují ve srovnání s běžnými rotačními dmychadly vyšší účinností dodávky vzduchu téměř po celém pracovním rozsahu s možností efektivní regulace výkonu. Orientační výkon turbokompresorů se bude pohybovat na úrovni 4 500 m³/h a bude upřesněn v dalším stupni projektové dokumentace. Instalovaný příkon nově osazených strojů nepřekročí příkon stávajících rotačních dmychadel, a tudíž si nevyžádá větší zásahy do silových rozvodů elektrické energie. Instalací nových zdrojů vzduchu dojde k úsporám provozních nákladů na aeraci v rozpětí 15 - 20 %.

Po provozní stránce jsou turbokompresory rovněž přívětivější zařízení než stávající dmychadla. Rotor kompresoru je uložen na elektromagnetickém nebo vzduchovém ložisku, čímž odpadá nutnost pravidelné výměny olejové náplně a dalších opotřebitelných součástí jako u běžného dmychadla.

Náhradu stávajících dmychadel novými turbokompresory lze provést u všech zdrojů vzduchu, případně pouze u dvou provozních strojů a jako zálohu ponechat stávající rotační dmychadlo.

Další nedílnou součástí vystrojení nádrží biologického čištění je vedle ponorných míchadel rovněž aerační systém. Pružné membrány provzdušňovacích elementů postupem času ztrácejí své původní fyzikální vlastnosti, stávají se méně pružnými, čímž dochází ke zvětšování průměru vytvářených bublin vzduchu a tím i ke snížení účinnosti aerace. Pro dodání stejného množství kyslíku je pak požadován větší dodaný objem vzduchu a tím i větší příkon dmychadel, což má za následek nežádoucí zvýšení spotřeby elektrické energie. Tento jev je zcela běžný na všech čistírnách odpadních vod a z tohoto důvodu je potřeba realizovat pravidelnou obnovu aeračních elementů v časovém horizontu 7 – 9 let.

Při případné další výměně aeračního systému doporučujeme prověřit jeho kapacitu s ohledem na potřebné výhledové množství dodávaného vzduchu a případně provést jeho patřičné posílení a optimalizaci.

V současné době je aerační systém aktivačních nádrží v provozu déle než 6 let a je tudíž potřeba uvažovat s jeho obměnou v horizontu cca 2 - 3 let.

10.5. Dosazovací nádrže, recirkulace a nádrž regenerace kalu

Dosazovací nádrže jsou pro zpracování současného i očekávaného výhledového hydraulického zatížení ČOV za předpokladu zajištění požadované recirkulace aktivační směsi, docílené zmiňovanou výměnou čerpadel ve druhé čerpací stanici, kapacitně dostačující. Vysoká užitná hloubka nádrží dává předpoklady ke kvalitnímu průběhu procesu separace kalu.

Pro aeraci nádrže regenerace kalu doporučujeme nainstalovat jiný vhodnější a modernější typ zdrojů vzduchu s požadovaným výkonem pro očekávané výhledové zatížení ČOV a s vyšší účinností, umožňující dosažení úspory elektrické energie.

U aeračního systému nádrže regenerace kalu platí podobná doporučení jako u výše popisovaného aeračního systému oběhových aktivačních nádrží.

Stáří aeračního systému nádrže regenerace kalu je obdobné jako u aktivační nádrže a jeho pravidelná výměna či obnova je nutná i zde.

10.6. Chemické hospodářství

Soubor chemického hospodářství je plně funkční a nevyžaduje vyjma běžné údržby či případné výhledové výměny dávkovacích čerpadel žádné další úpravy.

10.7. Odkalování a strojní zahuštění přebytečného kalu

Navrhované úpravy v systému odtahu primárního kalu a jeho gravitačního zahuštění byly podrobněji popsány výše v odstavci č. 10.2.

Strojní zahuštění přebytečného kalu tlakovzdušnou flotací je sice funkční, avšak tato technologie je primárně určena pro jiné účely, zejména pro separaci látek tukové povahy. Po stránce technologické a především provozně - ekonomické nelze flotaci v daném případě považovat za optimální způsob strojního zahuštění kalu.

Jako adekvátní řešení navrhujeme stávající flotační linku nahradit novým kompaktním zařízením pro strojní zahuštění přebytečného kalu v podobě dnes preferovaného a osvědčeného rotačního zahušťovače s příslušenstvím, který je pro daný účel využití optimální. Nespornou výhodou tohoto řešení jsou nejen výrazně menší nároky na zabraný prostor, ale především podstatně nižší spotřeba elektrické energie. Nominální příkon obdobného zahušťovače kalu s veškerým příslušenstvím se pohybuje na úrovni 10 kW, namísto celkového instalovaného příkonu flotační jednotky, který činí cca 50 kW. Pro zajištění optimálního chodu rotačního zahušťovače a dosažení požadované výstupní sušiny kalu na úrovni 5,0 – 6,0 % je do zahušťovaného kalu dávkován roztok organického kalu, připravovaný

v automatizovaném rozpouštěcím zařízení, obdobném jako u strojního odvodnění kalu. Přídavek flokulantu sice mírně navyšuje provozní náklady na zahuštění kalu, které jsou však bohatě vykompenzovány výrazně nižší spotřebou elektrické energie. Dávka flokulantu pro strojní zahuštění kalu není tak vysoká jako pro strojní odvodnění a navíc je zde zahušťován pouze přebytečný kal, jehož produkce činí zhruba 40 % celkové produkce směsného kalu na ČOV.

S ohledem na zajištění potřebné provozní zálohy navrhujeme výhledově na ČOV nainstalovat i druhé, shodné zařízení na zahuštění přebytečného kalu, včetně kompletního příslušenství. Výkon každého zahušťovacího zařízení by se měl s ohledem na bezproblémové zpracování očekávané výhledové denní produkce kalu pohybovat na úrovni 15 – 25 m³/h, což představuje látkově zhruba 150 – 200 kg/h NL.

Dostatečné zahuštění kalu, jak primárního, tak přebytečného je zcela zásadní podmínkou pro zajištění ekonomického provozu navazujícího souboru kalového hospodářství.

10.8. Kalové hospodářství

Soubor kalového hospodářství, jehož základem je dvojice vyhnívacích a uskladňovacích nádrží, pochází z doby výstavby původní ČOV v roce 1968. V rámci velké intenzifikace ČOV v roce 2006 nebyly tyto nádrže po stavební stránce nikterak zásadně modernizovány a intenzifikace se soustředila především na jejich strojně – technologické vybavení. V současné době jsou tak zmiňované stavební objekty v provozu již zhruba 55 let, nacházejí se na hraně své fyzické životnosti a je tudíž potřeba reálně uvažovat o provedení celkové modernizace souboru kalového hospodářství v maximálním časovém horizontu 5 – 8 let.

S ohledem na aktuální trend dosažení úspor provozních nákladů a současný vývoj legislativy v oblasti nakládání s čistírenskými kaly navrhujeme soubor kalového hospodářství koncipovat tak, aby bylo dosaženo naplnění následujících hlavních cílů intenzifikace:

- maximální účinnost anaerobního procesu
- vysoký stupeň konverze organických látek
- minimalizace výsledného objemu kalu
- vysoká výtěžnost produkovaného bioplynu
- energetická soběstačnost procesu
- možnost využití přebytků energie pro zpětné uplatnění v čistícím procesu
- zajištění požadovaných fyzikálních a hygienických vlastností kalu
- dlouhodobá životnost, stabilní chod a náležitá provozní záloha

Při návrhu modernizace kalového hospodářství je mimo výše specifikované požadavky potřeba zohlednit nutnost zachování jeho provozu po celou dobu realizace stavby a dále velmi omezený prostor pro výstavbu nových objektů.

Pro dosažení výše popsaných požadavků bude potřeba provést komplexní modernizaci souboru kalového hospodářství, včetně souvisejících stavebních objektů a instalace zcela nového technologického vystrojení.

Modernizaci souboru vyhnívacích nádrží lze provést v zásadě dvěma možnými způsoby, lišícími se jejich skladbou a technologickým uspořádáním.

První varianta modernizace představuje zachování stávajícího principu dvoustupňové mezofilní stabilizace výstavbou dvou shodných vyhnívacích nádrží, které budou v běžném provozu pracovat v sériovém uspořádání. Trubní propojení nicméně umožní nezávislý provoz pouze jedné či druhé vyhnívací nádrže, čímž bude zajištěna provozní záloha pro případ možné odstávky jedné či druhé vyhnívací nádrže, obdobně jako je tomu dnes.

Z důvodů velmi stísněných prostorových podmínek navrhujeme výstavbu nových vyhnívacích nádrží situovat do prostoru stávajících uskladňovacích nádrží, jejichž dimenze je pro vybudování potřebného užitného objemu po provedených úpravách vyhovující. Stávající uskladňovací nádrže budou za tímto účelem vyčištěny, bude upraveno jejich dno a vnější skelet bude využit jako ztracené bednění. Do nádrží bude provedena nová železobetonová vestavba spolu s potřebnou izolační vrstvou. Stěny nádrží budou náležitě navýšeny tak, aby jejich užitná hloubka činila cca 6,0 – 6,5 m, čímž bude zajištěno dosažení užitného objemu každé vyhnívací nádrže na úrovni 2 400 – 2 500 m³, který je pro zpracování očekávané výhledové produkce kalu na úrovni cca 250 m³/den dostačující a umožní i případný dovoz externích substrátů.

Stávající vyhnívací nádrže budou po zprovoznění nových vyhnívacích nádrží přebudovány na uskladňovací nádrže. Dle jejich aktuálního technického stavu, zjištěného podrobným stavebně-technickým průzkumem budou nádrže buď podrobeny opravám a sanacím nebo kompletně zdemolovány a v jejich místě vybudovány nádrže nové.

Harmonogram výstavby bude sestaven tak, aby byl vždy zachován provoz alespoň jedné vyhnívací a jedné uskladňovací nádrže bez potřeby kompletní odstávky celého souboru kalového hospodářství.

Orientační navrhované umístění objektů kalového hospodářství v této variantě je patrné z přiloženého situačního výkresu Varianta 1.

Druhá varianta modernizace představuje nahrazení standardního mezofilního procesu vyhnívání tzv. vícefázovým teplotním procesem, který je v poslední době stále více na ČOV využíván. Anaerobní proces bude v této variantě probíhat ve dvou oddělených reaktorech v různých teplotních úrovních, a to v prvním reaktoru v termofilní oblasti při teplotě okolo 60 °C s dobou zdržení zhruba 3 – 5 dní a následně v druhém reaktoru v mezofilní oblasti při teplotě okolo 40 °C s dobou zdržení okolo 10 – 12 dní.

V prvním reaktoru dojde působením vysoké teploty a příslušné kultury mikroorganismů k termicko-biologickým hydrolytickým procesům, jejichž výsledkem je rozrušení buněčné struktury vloček kalu, které napomůže ke zlepšení průběhu anaerobního rozkladu a ke zvýšení množství a efektivity produkovaného bioplynu v dalším stupni procesu. Zahřátí na teplotu okolo 60 °C dále zaručí poměrně spolehlivý proces hygienizace kalu a snížení počtu sledovaných patogenních mikroorganismů pod legislativně stanovenou úroveň.

Ve druhém stupni bude probíhat standardní mezofilní anaerobní proces, jehož účinnost bude zmiňovanou termickou hydrolýzou kalu zvýšena oproti standardnímu procesu o cca 5 – 10 %. Tím bude dosažena nejen vyšší specifická produkce energeticky bohatého bioplynu, ale i vyšší stupeň konverze organických látek a tedy i

nižší organický podíl ve vyhnílem kalu a tím i celkově nižší produkce kalu na odvodnění a jeho následnou likvidaci. Positivem je i docílení výše zmiňované hygienizace kalu, což může výhledově přispět ke zjednodušení procesu transportu a dalšího zpracování produkovaného kalu.

Pro intenzifikaci souboru kalového hospodářství bude opět potřeba využít prostoru stávajících uskladňovacích a vyhnívacích nádrží. Druhý mezofilní stupeň vyhnívání bude, obdobně jako u předchozí varianty, vytvořen užitím objemu stávající uskladňovací nádrže po provedení náležitých, výše popsanych úprav. Pro první termofilní stupeň bude po úpravách využit objem jedné ze stávajících vyhnívacích nádrží. Proces výstavby bude opět koordinován tak, aby byl po celou dobu alespoň v omezené míře zajištěn provoz kalového hospodářství. Zbývající druhá vyhnívací nádrž a druhá uskladňovací nádrž budou po provedených úpravách využity jako uskladňovací nádrže kalu. Navrhované rozmístění jednotlivých objektů kalového hospodářství je patrné ze situačního výkresu – Varianta 2.

Volba konkrétní varianty řešení intenzifikace kalového hospodářství bude závislá na výběru vlastníka ve spolupráci s provozovatelem ČOV, přičemž není vyloučeno ani navržení jiného technického řešení.

10.9. Plynové a energetické hospodářství

Pro krátkodobé uskladnění produkovaného bioplynu bude na ČOV vybudován plynojem či jejich sestava o celkovém užitém objemu na úrovni 1 200 – 1 500 m³, který zajistí zhruba půldenní akumulaci očekávané výhledové denní produkce bioplynu. Umístění plynojemu bude záležet na volbě konkrétní varianty intenzifikace souboru kalového hospodářství. V první variantě řešení s dvojicí mezofilních reaktorů se nabízí umístit plynojem na jednu, druhou či obě nové vyhnívací nádrže a tím přispět k výrazným prostorovým úsporám. Ve druhé variantě je možné umístit plynojem obdobně nad vyhnívací nádrž mezofilního stupně, případně může být situován i samostatně v prostoru stávajícího plynojemu či na jiném vhodném místě.

Současně s intenzifikací kalového hospodářství bude provedena i kompletní modernizace souvisejícího souboru energetického využití bioplynu výstavbou zcela nového energobloku za účelem maximálního využití energetického potenciálu produkovaného bioplynu. Ten bude dominantně spalován ve dvou nových kogeneračních jednotkách, každá o elektrickém výkonu 150 – 200 kW, které kromě výroby elektrické energie pro zpětné využití na ČOV zajistí rovněž produkci tepla, jež bude prioritně využíváno pro ohřev kalu ve vyhnívacích nádržích. Předpokládáme, že po většinu roku bude anaerobní proces energeticky plně soběstačný, nicméně v chladnějším období pravděpodobně bude potřeba využít k dohřevu externí zdroj tepla. Za tím účelem bude v kotelně nainstalována kromě dvou kogeneračních jednotek ještě dvojice nových plynových kotlů, umožňujících kromě bioplynu spalovat i zemní plyn, který je na ČOV zaveden.

Hořák zbytkového plynu zůstane na ČOV zachován, nicméně v provozu bude pouze ve výjimečných případech odstávky zařízení v plynové kotelně a jiných havarijních událostech.

Pro další vylepšení celkové energetické bilance ČOV lze na ČOV doplnit solární termické nebo fotovoltaické panely pro výrobu elektrické energie nebo tepla. Dále lze na ČOV nainstalovat tepelné čerpadlo se systémem voda – voda, jež bude využívat tepelného potenciálu čištěné odpadní vody pro vytápění či temperaci provozních budov nebo ohřev teplé užitkové vody.

10.10. Strojní odvodnění kalu a linka termické degradace odpadů

Zařízení na strojní odvodnění kalu v podobě dekantační odstředivky je na ČOV v provozu od roku 2006 a je pravidelně servisováno. Z důvodu zajištění provozní zálohy doporučujeme v hale odvodnění kalu nainstalovat ještě jedno paralelní odvodňovací zařízení, pracující rovněž na principu dekantační odstředivky nebo dnes stále oblíbenějšího šnekového lisu, jehož hlavní předností je nižší energetická náročnost a nižší náklady na údržbu a servis. Nové odvodňovací zařízení bude osazeno včetně veškerého samostatného příslušenství. Stávající odstředivka bude podrobena potřebným repasím a bude ponechána jako záložní stroj, případně ji bude možné v budoucnu rovněž vyměnit za identický nový stroj.

Složitý systém dopravy odvodněného kalu na linku termické degradace odpadů se v současné době z důvodu její kompletní odstávky nevyužívá. V provozu je nyní pouze část dopravního systému kalu do nadzemního kalového sila, umístěného vedle haly odvodnění. Tento systém je však velmi poruchový a bude nutné provést jeho repasi nebo výměnu. S ohledem na kompletní odstavení linky termické degradace odpadů, jejíž provoz pravděpodobně nebude již nikdy obnoven, navrhujeme do haly odvodnění kalu doplnit ještě nový systém dopravníků, umožňující jeho přímý transport do kalových kontejnerů bez nutnosti využití pro tento účel nevyhovujícího kalového sila.

Linka termické degradace odpadů byla krátce po zprovoznění z důvodu velmi složitého provozu a obsluhy odstavena z provozu a z ČOV je tak v současné době odvážen pouze standardně odvodněný anaerobně vyhnílý kal bez hygienického zajištění. Jelikož je kal v současné době zpracováván v průmyslové kompostárně, není jeho hygienické zabezpečení přímo na ČOV striktně požadováno a zajišťuje jej konečný zpracovatel kalu v rámci své technologie úpravy, což je legislativně přípustné. S ohledem na popsané provozní problémy linky termické degradace odpadů se s jejím znovuvvedením do provozu již neuvažuje.

Další postup v oblasti nakládání s kalem na ČOV bude velmi závislý na způsobu jeho výhledového využívání. Pokud zůstane současný systém zpracování kalu zachován, nebude pravděpodobně potřeba vynakládat další prostředky na jeho dodatečné hygienické zabezpečení či další zpracování. V případě realizace kalového hospodářství na principu vícestupňové anaerobní stabilizace v termofilní teplotní oblasti, je tento proces schopen hygienizaci kalu sám zajistit.

V případě výhledové změny koncepce využití a zpracování kalu bude potřeba hledat alternativní řešení jeho konečné úpravy. Jako možný způsob se nabízí jeho zpracování sušením s využitím pásové sušárny, eventuálně solární sušárny kalu s kapacitou pro zpracování očekávané výhledové produkce odvodněného kalu na úrovni 8 000 t/rok.

Pro umístění pásové sušárny kalu bude možné po provedení patřičných demontáží a úprav využít objektu stávající linky tepelné degradace odpadů.

Potřebná celková plocha solární sušárny se bude pro zpracování uvedené produkce odvodněného kalu pohybovat v rozmezí 6 000 – 7 000 m² a bude rozdělena zhruba do čtyř shodných sušících linek (skleníků). Tento prostor není v areálu ČOV k dispozici a bude tudíž potřeba v případě realizace této varianty hledat jiné, pro tento účel vyhovující prostory.

Vysušený kal bude kromě výrazně menšího objemu rovněž stabilně hygienicky zabezpečen bez náchylnosti k sekundární kontaminaci a bude jej možné buď využít pro přímou aplikaci na zemědělské pozemky, pokud obsah těžkých kovů vyhoví požadavkům příslušné vyhlášky, nebo jej bude možné dále zpracovat technologií pyrolýzy, spalování či spoluspalování s jinými organickými substráty. Vyvinuté teplo při termickém způsobu zpracování kalu bude zpětně využito pro proces nízkoteplotního sušení, čímž bude v optimálním případě zajištěna energetická soběstačnost celého procesu.

S ohledem na poměrně značnou prostorovou náročnost a složitost těchto technologií sušení a případného dalšího zpracování kalu se jako optimální řešení jeví vybudování regionálního střediska pro zpracování kalu nejen z ČOV Jihlava, ale i z dalších větších okolních ČOV, jako např. Pelhřimov, Havlíčkův Brod, Žďár nad Sázavou, Humpolec a další. Zařízení by bylo z prostorových důvodů umístěno pravděpodobně mimo stávající areál ČOV na jiném vhodném místě s odpovídající dopravní infrastrukturou. Před eventuálním zahájením výstavby regionálního centra pro zpracování kalu je potřeba dokonale promyslet celou koncepci s jasným cílem dalšího využití takto upraveného kalu.

10.11. Řídící a informační systém

Jelikož stávající řídicí systém je na ČOV v provozu zhruba od roku 2006, bude jej potřeba v důsledku rychlého zastarávání a poměrně rozsáhlé modernizace ČOV buďto kompletně modernizovat a rozšířit nebo lépe nahradit systémem zcela novým. Samozřejmou součástí systému bude kromě všech běžných periférií, souboru čidel, slaboproudé kabeláže a dalšího příslušenství kompletní pracoviště operátora, vybavené osobním počítačem s veškerým příslušenstvím.

Při výběru konkrétních čidel, sond a analyzátorů je potřeba pečlivě zvážit nutnost jejich instalace na ČOV a brát v potaz, že tato zařízení, zejména pak analyzátory, vyžadují pro svůj provoz pravidelnou údržbu a servis, což může být významná položka v provozních nákladech.

11. Shrnutí

Předmětem předloženého materiálu bylo zpracování nezávislého posouzení čistírny odpadních vod ve městě Jihlava, které poskytne vlastníkově komplexní obraz o aktuálním technickém stavu ČOV, včetně identifikace a analýzy současných provozních problémů, přinese zhodnocení současného zatížení ČOV, stanovení její reálné kapacity, předložení rámcového návrhu řešení zjištěných problémů a návrhu opatření na dosažení energetických úspor. Materiál má především sloužit vlastníkově ČOV jako podklad při plánování investičních akcí na tomto velice zásadním článku městské infrastruktury.

Na úvod této kapitoly je potřeba konstatovat, že i přes veškeré zjištěné problémy a nedostatky je ČOV provozována velice kvalifikovaně a fundovaně, o čemž svědčí nejen výborné dosahované výsledky čištění, které ve všech ukazatelích splňují všechny legislativní požadavky, ale i široký rozsah získaných provozních měření a údajů, které byly velmi nápomocny při zpracování tohoto materiálu a v neposlední řadě i profesionální přístup a součinnost provozovatele při poskytování konzultací a dalších potřebných informací ohledně provozu ČOV.

Z poměrně rozsáhlého popisu současného stavu ČOV, důkladné analýzy provozních problémů, vyhodnocení poskytnutých provozních údajů, provedení potřebných technologických výpočtů a absolvovaných místních šetření včetně konzultací s provozovatelem lze uvést následující shrnující fakta:

Kapacita ČOV

- Na ČOV jsou v současné době odváděny odpadní vody od zhruba 50 000 stálých obyvatel města, včetně vod z místních průmyslových závodů a občanské vybavenosti. Současné průměrné látkové zatížení se pohybuje na úrovni 70 000 EO dle BSK₅ a 85 000 EO dle CHSK_{Cr} a Nc .
- Maximální vypočtená látková kapacita biologické linky ČOV ve stávajícím uspořádání se pohybuje na úrovni okolo 120 000 EO₆₀. Čistírna tak poskytuje při zohlednění limitů v hydraulickém zatížení dostatečnou provozní rezervu pro připojení dalších zhruba 25 000 obyvatel včetně souvisejícího znečištění, produkovaného v nově vybudovaných objektech občanské vybavenosti a průmyslu. Dimenze nádrží biologického čištění, která je pro zajištění průběhu čistícího procesu zásadní, je pro očekávaný výhledový rozvoj města tedy dostatečná a není potřeba ji zvětšovat dostavbou nových reakčních objemů.

V jednotlivých provozních souborech ČOV je potřeba se prioritně zaměřit na řešení níže uvedené problematiky:

Hrubé předčištění

- Soubor vstupního odlehčení a hrubého předčištění je zapotřebí doplnit o systém předčištění odlehčovaných dešťových vod ve vstupní odlehčovací komoře.
- Na přítok do ČOV je potřeba doplnit nové strojní česle, situované do zakrytého stavebního objektu, sloužící pro zachycení rozměrnějších předmětů a současně jako provozní záloha pro případ odstávky stávajících jemných strojních česlí, které nejsou zálohovány.

- V případě naplnění požadavku provozu ČOV na vybudování nového podélného provzdušňovaného lapáku písku v prostoru stávající haly hrubého předčištění bude zapotřebí z prostorových důvodů do nového objektu česlovny umístit kromě hrubých strojních česlí i jemné strojní česle s příslušenstvím a před halou vybudovat nový strojně těžený lapák šterku.
- Z důvodu identifikace dovozců odpadních vod a jejich řízeného přivádění na ČOV je potřeba obnovit provoz příjmové stanice, která z důvodu nefunkčnosti není v současné době využívána.
- Automatické vzorkovače odpadních vod jsou v nevyhovujícím stavu a z důvodu získávání relevantních údajů o aktuálním zatížení ČOV je žádoucí provést jejich výměnu.

Mechanické předčištění

- S ohledem na minimalizaci množství dále zpracovávaného primárního kalu je potřeba optimalizovat systém jeho odtahu s cílem zajištění co možná nejvyšší sušiny bez nutnosti provozovat nevyhovující soubor následného gravitačního zahuštění.

Anaerobní reaktor a druhé čerpání

- Sestava čerpadel v druhé čerpací stanici nedisponuje potřebnou kapacitou pro zajištění přečerpání směsi odpadní vody a vratného kalu, což je pro optimální provoz biologické linky ČOV zásadní. V sestavě dále chybí záložní čerpadlo pro případ poruchy. Z uvedených důvodů je potřeba provést obměnu těchto čerpadel za výkonnostně optimální stroje, včetně nainstalované provozní rezervy.

Biologické čištění, zdroje vzduchu a separace kalu

- Dimenze nádrží biologického čištění a dosazovacích nádrží je pro očekávaný výhledový rozvoj města dostačující a bez dostavby dalších nových objemů zajistí dosažení náležité kvality vyčištěných vod i při případném očekávaném zpřísnění těchto legislativních požadavků.
- Zastaralé zdroje vzduchu s nízkou energetickou účinností navrhujeme nahradit novými zdroji vzduchu, pracujícími na principu vysokorychlostního turbokompresoru, které jsou pro danou aplikaci s vysokým provozním přetlakem vhodnější, účinnější a energeticky úspornější.
- Aerační systémy nádrží nitrifikace jsou v provozu již zhruba šest let a s ohledem na zajištění spolehlivé a ekonomické dodávky kyslíku je potřeba uvažovat v horizontu tří let s jejich obměnou či kompletní modernizací.
- Obdobnou výměnu aeračních elementů a zdrojů vzduchu je potřeba provést rovněž v nádrži regenerace kalu, kde je aerační systém rovněž v provozu zhruba 6 let, avšak zdroje vzduchu pocházejí z roku 1996 z původní ČOV a jsou tak již zcela evidentně na hranici své fyzické životnosti.
- Z důvodu pokročilé optimalizace řízení procesu čištění je možné základní provozní instrumentaci doplnit např. o sondy či analyzátory na měření aktuální koncentrace forem dusíku, zejména pak amoniakálního dusíku, sondami pro stanovení hodnoty pH a obsahu nerozpuštěných látek v aktivačních nádržích a nádrži regenerace kalu, případně sondami pro měření rozhraní voda – kal v dosazovacích nádržích. Při výběru provozní instrumentace je potřeba mít na

paměti, že provoz těchto zařízení není levnou záležitostí a důkladně zvážit, zda je daná aplikace pro chod ČOV nutná.

Odkalování a zahuštění přebytečného kalu

- Na ČOV je potřeba zefektivnit systém odtahu a zahuštění primárního a přebytečného kalu s cílem zajištění jejich maximální sušiny, minimalizace objemu a tím i efektivního průběhu anaerobní stabilizace.
- Provozně a energeticky náročný soubor zahuštění přebytečného kalu, pracující na principu tlakovzdušné flotace navrhujeme nahradit standardním, osvědčeným a výrazně úspornějším rotačním či pásovým zahušťovačem kalu.

Kalové hospodářství

- Stavební objekty vyhnívacích a uskladňovacích nádrží, pocházející z původní ČOV, vybudované v roce 1968, jsou na hranici své fyzické životnosti. Z tohoto důvodu je potřeba uvažovat s provedením kompletní modernizace souboru kalového hospodářství, včetně jeho technologického vybavení. Při modernizaci lze zvolit buď technologii mezofilního vyhnívání nebo termofilního vyhnívání, které kromě zvýšení celkové účinnosti procesu poskytne i předpoklady pro zajištění hygienizace kalu. Volba technologie bude závislá především na zvážení investora a očekávaném výhledovém využití kalu.

Plynové a energetické hospodářství

- Pro jímání vznikajícího bioplynu bude potřeba s ohledem na jeho očekávanou produkci a způsob využití vybudovat nový plynojem nebo jejich sestavu s celkovým užitným objemem okolo 1 500 m³.
- Z důvodu zlepšení energetické bilance bude vznikající bioplyn dominantně využíván v nově instalovaných kogeneračních jednotkách, které kromě produkce tepla, potřebného pro ohřev kalu ve vyhnívacích nádržích, dokáží ještě navíc vyrábět elektrický proud, který je možné zpětně využít na ČOV pro pohon technologických zařízení, alternativně jeho přebytky dodávat do distribuční sítě.

Strojní odvodnění kalu a další nakládání s kalem

- Soubor strojního odvodnění kalu navrhujeme doplnit o druhé odvodňovací zařízení včetně kompletního příslušenství, čímž bude zajištěna provozní rezerva pro případ poruchy jednoho stroje.
- Systém dopravy odvodněného kalu doporučujeme doplnit o vhodně navržené dopravníky, umožňující transport kalu přímo do odvozových kontejnerů bez nutnosti využívání pro tento účel složité cesty přes stávající nevyhovující kalové silo.
- Koncepce dalšího zpracování odvodněného kalu bude závislá na jeho následném využití. V případě, že stávající systém zpracování kalu v kompostárně nebude možné nadále využívat, bude potřeba uvažovat o alternativním způsobu úpravy odvodněného kalu, např. v podobě sušení a případného dalšího termického zpracování pyrolýzou či spalováním.

Zlepšení energetické bilance ČOV

- Velkým tématem současné doby je hledání provozních úspor a zlepšení energetické bilance a ekonomiky čistícího procesu. Podstatná část výše popsaných úprav zajistí výběrem vhodného typu strojních zařízení vedle požadované optimalizace provozních parametrů i docílení nemalých provozních úspor. Jako příklad lze uvést především instalaci nových zdrojů vzduchu pro aeraci aktivačních nádrží a nádrže regenerace kalu, osazení nového druhu zařízení pro zahuštění přebytečného kalu či kompletní rekonstrukci kalového a plynového hospodářství, včetně zamýšleného osazení kogeneračních jednotek. Dalších úspor provozních nákladů a zlepšení energetické bilance ČOV je kromě těchto počínů možné navíc dosáhnout i jinými způsoby, jako je např. instalace solárních panelů pro výrobu elektrické energie, tepelného čerpadla pro ohřev teplé užitkové vody či temperaci provozních budov, apod..

Řídící a informační systém

- V souvislosti s prováděním poměrně rozsáhlé modernizace ČOV včetně osazení nové pokročilé provozní instrumentace a poměrně krátké technologické životnosti tohoto provozního souboru bude potřeba uvažovat s kompletní výměnou stávajícího řídicího systému za nový moderní systém s dostatečnou kapacitou a výkonem.

Servis, údržba a obnova zařízení

- V rámci zachování udržitelného provozu ČOV je zapotřebí i nadále provádět požadovaný servis a údržbu vybraných technologických zařízení v předepsaném rozsahu či realizovat obměnu nevyhovujícího, porouchaného nebo doslouživšího strojního vybavení, které je pro chod ČOV nezbytné, jako např. míchadla aktivačních nádrží, čerpací technika, ale i procesní instrumentace a další.

12. Doporučení dalšího postupu modernizace

Přestože ČOV Jihlava je v současné době plně funkční a dokáže plnit veškeré předepsané legislativní požadavky, je nutné s ohledem na její aktuální technologické vybavení a stáří některých stavebních objektů uvažovat s nutností zahájení její postupné obnovy a modernizace. Navrhované úpravy vytvoří podmínky nejen pro zachování provozuschopnosti, stability a spolehlivosti čistícího procesu na období několika následujících desetiletí, ale v neposlední řadě přispějí i k celkovému zvýšení efektivity čistícího procesu a dosažení nemalých provozních úspor.

Celkový výše nastíněný rozsah modernizace ČOV lze rozdělit do většího počtu na sebe vzájemně navazujících etap.

V následujícím textu je přehledně nastíněn dle našeho názoru jeden z možných postupů při provádění předložené komplexní modernizace ČOV. Tím samozřejmě není vyloučeno použití alternativních postupů, směřujících ke stejnému cíli.

V první fázi úprav navrhujeme provést obnovu hlavních technologických zařízení, jejichž správný chod je pro zajištění optimálního provozu ČOV a zlepšení ekonomiky

procesu čištění zásadní. Pro uskutečnění těchto navrhovaných opatření vesměs postačí zpracování projektové dokumentace pro výběr zhotovitele a realizaci díla. Zahájení stavby lze následně provést na základě ohlášení příslušnému vodoprávnímu či stavebnímu úřadu bez nutnosti zpracovávání projektové dokumentace pro územní rozhodnutí, stavební povolení či vodoprávní řízení.

Potřebnou projekční přípravu uvedených činností lze zahájit v průběhu roku 2023 a následně po výběru zhotovitele díla přistoupit k realizaci akce v roce 2024.

Jednalo by se o následující činnosti:

- výměna aeračního systému v nádržích nitrifikace, spolu se zdroji tlakového vzduchu
- výměna aeračního systému v nádrži regenerace kalu, spolu se zdroji tlakového vzduchu
- úprava systému odtahu primárního kalu
- náhrada flotační jednotky na zahuštění přebytečného kalu rotačním nebo jiným typem zahušťovače kalu
- výměna čerpadel aktivační směsi (druhé čerpání) za adekvátní stroje s požadovaným čerpaným výkonem a provozní zálohou
- úprava a doplnění souboru odvodnění kalu a transportu odvodněného kalu

Ve druhé fázi intenzifikace ČOV bude provedena zásadní modernizace souborů hrubého předčištění a kalového hospodářství. Zde se bude jednat o výrazně investičně náročnější akce, kterým bude nutně předcházet pečlivý výběr konkrétního způsobu řešení a poté zpracování projektové dokumentace v plném rozsahu, tj. pro územní rozhodnutí, stavební povolení, eventuálně společné řízení a následně dokumentace pro výběr zhotovitele a realizace díla.

Potřebnou projekční přípravu uvedených činností lze provádět v letech 2023 – 2025 a po získání všech potřebných povolení a výběru zhotovitele díla stavbu realizovat v letech 2026 – 2028.

Jednalo by se o následující činnosti:

- doplnění a výstavba nového souboru hrubého předčištění ve vybrané variantě
- kompletní modernizace souboru kalového, plynového a energetického hospodářství

13. Orientační odhad investičních nákladů

V následujícím oddílu je proveden orientační odborný odhad investičních nákladů pro obě výše popsané fáze modernizace ČOV Jihlava. Výsledná částka bude velmi závislá na výběru konkrétních strojních zařízení a zejména v druhé fázi úprav pak na celkové zvolené koncepci díla a jeho rozsahu.

Veškeré uvedené ceny odpovídají v současné době aktuálním rozpočtovým a tržním cenám a jsou vyčísleny bez započtení DPH.

V první fázi úprav lze rámcově uvažovat s níže uvedenými investičními náklady:

První fáze úprav	Celkové náklady
Výměna aeračních systémů a zdrojů vzduchu pro nádrže nitrifikace	20 mil. Kč
Výměna aeračních systémů a zdrojů vzduchu pro nádrž regenerace kalu	10 mil. Kč
Úprava systému odtahu primárního kalu a instalace nového strojního zahuštění přebytečného kalu	15 – 20 mil. Kč
Nová čerpadla aktivační směsi včetně souvisejících úprav	5 mil. Kč
Soubor odvodnění kalu včetně systému transportu kalu	12 mil. Kč

V druhé fázi úprav lze dle zvolené varianty řešení a jejího rozsahu uvažovat s investičními náklady zhruba v následujícím rozmezí:

Druhá fáze úprav	Celkové náklady
Modernizace a doplnění souboru hrubého předčištění	15 – 50 mil. Kč
Modernizace souboru kalového hospodářství	120 – 150 mil. Kč

K postupné realizaci uvedených záměrů bude potřeba připravit i příslušné projektové dokumentace. Na příští rok 2023 proto doporučujeme v rozpočtu města vyhradit částku na vypracování projektových dokumentací na výměnu zdrojů vzduchu, aeračních elementů a výměnu zařízení pro strojní zahuštění přebytečného kalu ve výši cca 5 mil. Kč.

14. Závěr

Z předloženého materiálu vyplývá, že užitné reakční objemy mechanicko – biologické linky čistírny odpadních vod jsou pro očekávaný výhledový rozvoj města Jihlava dostačující a umožňují připojit až 25 000 nových obyvatel, včetně souvisejících objektů občanské vybavenosti a drobných průmyslových provozů.

Zásadní podmínkou pro zajištění stabilního, efektivního a ekonomického provozu je však postupné provádění výše popsaných úprav a opatření, včetně komplexní modernizace kalového a plynového hospodářství v časovém horizontu konce tohoto desetiletí.