



VODOHOSPODÁŘSKÉ INŽENÝRSKÉ SLUŽBY a.s.

Křížová 47, 150 00 PRAHA 5

Vypracoval: Dr. Ing. R. Šorm

Hlavní inž. projektu: Ing. M. Butor

Projektant: Ing. L. Kužel

Ved. atelieru: Ing. M. Butor

SEMČICE - DOSTAVBA KANALIZACE 2. ETAPA A INTENZIFIKACE ČOV
D. DOKUMENTACE OBJEKTŮ A TECHNICKÝCH A TECHNOLOGICKÝCH ZAŘÍZENÍ

Datum: květen 2018

Stupeň: DÚR/DSP/DPS

Formát: -

Investor: Vodovody a kanalizace Mladá Boleslav, a.s., Čechova 1151, 293 22 Mladá Boleslav

Zak.číslo: VIS 2/17 - 050

ROZŠÍŘENÍ STÁVAJÍCÍ TECHNOLOGICKÉ LINKY PRO VÝHLEDOVÉ ZATĚŽOVACÍ PARAMETRY

Měřítko: Číslo přílohy:

—

D.00

OBSAH

	strana
1 IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE DÍLA	3
1.1 Předmět díla	3
1.2 Použitý software	3
2 ÚVOD	4
3 VÝHLEDOVÉ ZATĚŽOVACÍ PARAMETRY	4
4 POŽADAVKY NA SLOŽENÍ ODTOKU	4
5 KONCEPCE INTENZIFIKACE BIOLOGICKÉHO STUPNĚ	5
6 SOUVISEJÍCÍ PARAMETRY PRO TECHNOLOGICKÉ VÝPOČTY	6
6.1 Teplota odpadních vod	6
6.2 Denní hydraulický profil nerovnoměrnosti zatížení ČOV	7
6.3 Kalová voda	8
7 USPOŘÁDÁNÍ A VÝPOČTY STUPNĚ HRUBÉHO PŘEDČIŠTĚNÍ	8
7.1 Velmi jemné česle	8
7.2 Lapák písku	9
7.3 Rozdělovací objekt	9
8 MATEMATICKÉ MODELOVÁNÍ AKTIVAČNÍHO PROCESU	9
8.1 Postup výpočtu	9
8.2 Použitý software	10
8.3 Metodika výpočtu	11
8.4 Výpočet D-N procesu v ustáleném stavu	11
8.4.1 Chemické srážení fosforu	12

8.4.2	Stabilita nitrifikace	12
8.5	Technologické parametry procesu	13
8.6	Návrh potřeby kyslíku a vzduchu	15
9	DIMENZOVÁNÍ SEPARAČNÍHO STUPNĚ	17
9.1	Výpočet dle ATV 131 (1991)	17
9.2	Výpočet dle hmotnostního toku částic	18
10	ODVOD A ZPRACOVÁNÍ PŘEBYTEČNÉHO AKTIVOVANÉHO KALU	19
11	KALOVÉ HOSPODÁŘSTVÍ	20
12	MĚRNÝ OBJEKT	20
13	ZÁVĚR	20

ČOV SEMČICE

Rozšíření stávající technologické linky pro výhledové zatěžovací parametry

1 IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE DÍLA

Název:	Čistírna odpadních vod Semčice - Rozšíření stávající technologické linky pro výhledové zatěžovací parametry
Místo:	obec Semčice
Objednatel:	Vodovody a kanalizace Mladá Boleslav, a.s. Čechova 1151, 293 22 Mladá Boleslav
Zpracovatel:	AQUA-CONTACT Praha v.o.s., Husova 112, 551 01 Jaroměř provozovna: Mařákova 8, 160 00 Praha 6

1.1 Předmět díla

Předmětem díla je vypracování technologického návrhu a výpočtů rozšíření ČOV Semčice pro výhledové zatěžovací parametry při respektování požadavků na složení finálního odtoku v souladu s NV 401/2015 Sb.

1.2 Použitý software

Veškeré simulace chování biologické linky ČOV jsou provedeny pomocí matematického modelu aktivačního procesu počítačového software **GPS-X** kanadské firmy Hydromantis, Inc., číslo licence: 9117 0399 391 01E.



GPS-X je software kanadské firmy Hydromantis, Inc. umožňující flexibilní matematické simulace biologických systémů čištění odpadních vod v dynamickém stavu. GPS-X je považován za nejlepší produkt, který je v současné době k dispozici na světovém trhu. Předností je univerzální použití a flexibilita umožňující matematickou simulaci téměř všech procesů biologického čištění odpadních vod.

2 ÚVOD

V obci Semčice existuje v současné době dvojice biologických čistíren odpadních vod. Malá ČOV označovaná jako „U Okálů“ zajišťuje likvidaci odpadních vod z pouze omezené odkanalizované části obce (několik nemovitostí) a druhá ČOV označovaná jako „Za Kampeličkou“ sloužící k čištění odpadních vod z podstatnější části obce. Koncepce existence dvou ČOV se do budoucna jeví jako nevhodná. Dalším důvodem k řešení stávajícího stavu je skutečnost, že ani obě ČOV nejsou pro výhledové zatěžovací parametry schopny zajistit čištění odpadních vod kolektovaných z celé obce po dostavbě kanalizačního systému. Koncepce předpokládá zrušení malé ČOV „U Okálů“ a intenzifikaci ČOV „Za Kampeličkou“.

3 VÝHLEDOVÉ ZATĚŽOVACÍ PARAMETRY

V Tab. 1 a Tab. 2 jsou detailně specifikovány výhledové hydraulické a látkové zatěžovací parametry ČOV Semčice pro technologické výpočty intenzifikace.

Tab. 1: Výhledové hydraulické zatěžovací parametry ČOV Semčice.

Průtok		$\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$	$\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$	$\text{l} \cdot \text{s}^{-1}$
Q_{24}		257,1	10,7	3,0
k_d	1,4			
Q_d		360,0	15,0	4,2
k_h	2,1			
Q_h		-	31,5	8,7
$Q_{\text{čerpané do ČOV}}$			36,0	10,0

*) hodnota $Q_{\text{čerpané}}$ je hodnotou vyšší než maximální hodinový nátok (Q_h) na ČOV, z důvodu potřeby vytvoření kapacitní rezervy pro separační stupeň.

Tab. 2: Výhledové látkové zatěžovací parametry ČOV Semčice.

Ukazatel	$\text{kg} \cdot \text{d}^{-1}$	$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$
Počet ekvivalentních obyvatel dle CHSK 1 720		
BSK_5	101,2	393,5
CHSK_{Cr}	206,4	802,8
NL	92,6	360,1
N-NH ₄	17,0	66,1
N-celk	25,3	98,4
P-celk	3,3	12,9

4 POŽADAVKY NA SLOŽENÍ ODTOKU

S ohledem na formulaci NV č. 401/2015 Sb. a při současném akceptování navržené níže prezentované technologie biologického čištění jako „nejlepší dostupné technologie“ pro danou velikost zdroje znečištění je pro podobu budoucího vodohospodářského rozhodnutí po

intenzifikaci ČOV Semčice v obou variantách zatěžovacích parametrů navrženo limitní složení finálního odtoku uvedené v Tab. 3.

Tab. 3: Návrhové hodnoty ukazatelů znečištění v odtoku z ČOV Semčice po intenzifikaci.

Ukazatel	jednotka	hodnota "p"	hodnota "m"	roční průměr
CHSK	mg.l ⁻¹	75,0	140,0	-
BSK ₅	mg.l ⁻¹	22,0	30,0	-
NL	mg.l ⁻¹	25,0	30,0	-
N-NH ₄	mg.l ⁻¹	-	20,0	12,0

V případě dosažení stabilní nitrifikace v biologickém systému se budou zbytkové koncentrace organického znečištění pohybovat na své minimální úrovni dosažitelné biologickým procesem a budou ovlivňovány pouze výnosem nerozpuštěných látek. Z tohoto pohledu je nutné věnovat patřičnou pozornost dimenzování separačního stupně.

5 KONCEPCE INTENZIFIKACE BIOLOGICKÉHO STUPNĚ

Koncepce intenzifikace stávající technologické linky ČOV Semčice je založena na realizaci kompletně nové vodní linky. Navrženo je rovněž realizovat nový stupeň hrubého předčištění odpadních vod odpovídající současné technické a hygienické úrovni těchto zařízení. Stávající biologický systém na bázi diskontinuálně provozovaného systému je navrženo nahradit kontinuálně protékaným systémem. Biologický systém bude doplněn o proces zvýšené eliminace sloučenin fosforu simultánním srážením železitou solí.

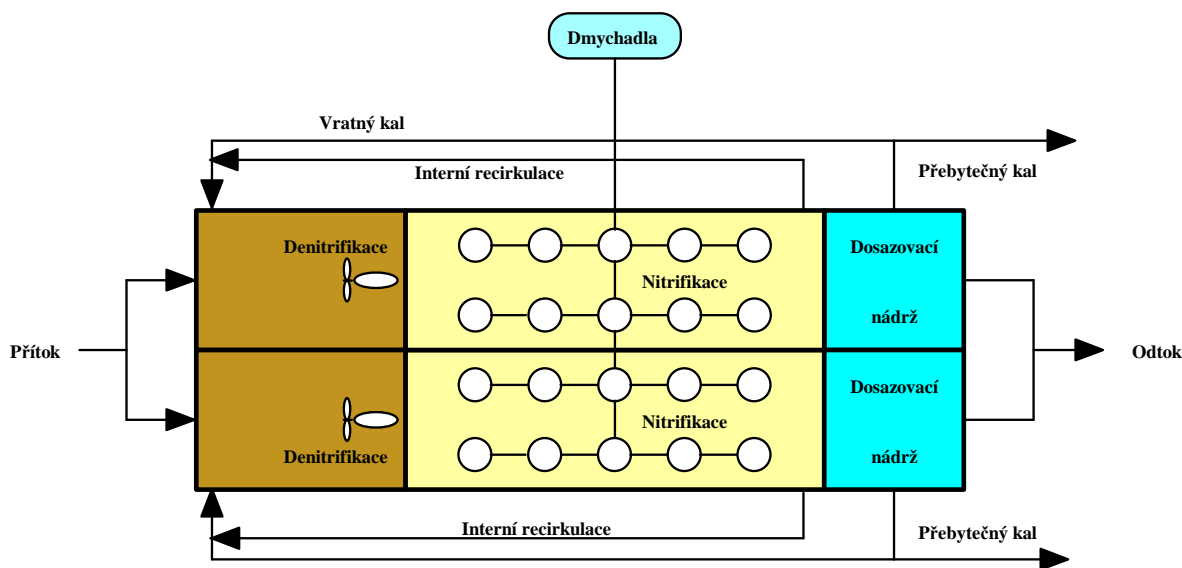
Navrhovaná technologie bude respektovat specifika lokality, mezi které lze zařadit proměnlivé zatížení ČOV během dne s minimem v nočních hodinách, nutnost značné flexibility provozu s možností přechodu na úsporný režim a v neposlední řadě rovněž požadavek plně automatického provozu s občasnou kontrolou funkce.

Technologie čistírny odpadních vod bude navržena s ohledem na požadavky nař. vlády ČR 401/2015 Sb. Současně bude plně zohledněn trend v technologii čištění ve světě i u nás. Voleno bude takové technické řešení, které ve všech technologických uzlech respektuje potřebu na minimalizaci spotřeby elektrické energie a snížení provozní náročnosti.

Biologický stupeň ČOV bude navržen na principu nízkozatěžované aktivace s biologickým odstraňováním dusíku a zvýšeným chemickým odstraňováním fosforu. Systém bude dimenzován pro zabezpečení procesu nitrifikace i při relativně nízkých teplotách. Nízkou energetickou náročnost bude zabezpečovat vysoce účinná technologie (jemnobublinná aerace, přesně dimenzovaná čerpací technika).

Přebytečný aktivovaný kal bude přepouštěn do provzdušňovaného kalového sila. Koncepce nakládání s vyprodukovaným přebytečným kalem bude založena na jeho gravitačním zahuštění, aerobní stabilizaci a následném odvozu v tekutém stavu na jinou ČOV vybavenou technologickou linkou odvodnění kalu.

Pro intenzifikaci biologického stupně ČOV Semčice byla zvolena aplikace nízko zatěžovaného aktivačního procesu s biologickou nitrifikací a denitrifikací a zvýšeným odstraňováním sloučenin fosforu metodou simultánního chemického srážení. Aktivační nádrž je navrženo realizovat na bázi tzv. D-N systému (viz Obr. 1), tedy procesu s denitrifikačním stupněm následovaným nitrifikačním stupněm. Biologický systém bude pro účely maximální bezpečnosti provozu při nezbytných revizích řešen ve dvoulinkovém uspořádání. Separace aktivovaného kalu od vyčištěné vody je pro každou linku navržena v jedné vertikálně protékané dosazovací nádrži.



Obr. 1: Schematické znázornění aktivačního D-N systému pro ČOV Semčice.

6 SOUVISEJÍCÍ PARAMETRY PRO TECHNOLOGICKÉ VÝPOČTY

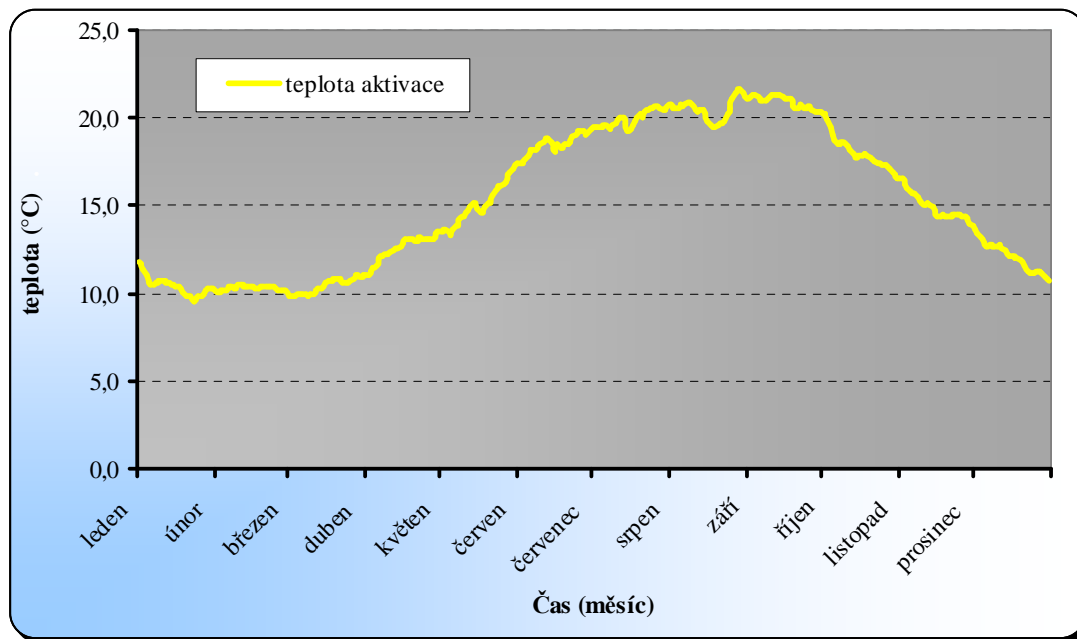
6.1 Teplota odpadních vod

Jedním ze stěžejních parametrů při dimenzování biologických systémů vzhledem k NV č. 401/2015 Sb. a při výpočtech chování aktivačního procesu je teplota odpadní vody v průběhu roku. Reálný teplotní profil není na ČOV Semčice k dispozici, a proto byl použit vyhodnocený teplotní profil z ČOV obdobné velikostní kategorie, geografického umístění a zneškodňující odpadní vody přiváděné striktně oddílným kanalizačním systémem. Na Obr. 2 je znázorněn teplotní profil aplikovaný pro účely návrhu intenzifikace ČOV Semčice.

Grafický průběh dat očekávaných teplot odpadní vody naznačuje, že se nejnižší hodnoty budou dlouhodobě pohybovat na úrovni cca 10 °C a nejvyšší pak na úrovni cca 21 °C. Z Obr. 2 je patrné, že návrh uspořádání biologického stupně ČOV Semčice musí být realizován při respektování těchto specifik. Limitní požadavky na kvalitu odtoku jsou obvykle formulovány a vyžadovány pro teplotu nad 12 °C. V této souvislosti si je však třeba uvědomit, že nebude-li biologický systém dimenzován pro minimální dosahované teploty, může dojít ke kolapsu procesu nitrifikace a její zpětný náběh je pak otázkou týdnů až měsíců. ČOV se pak po

vzrůstu teplot směsi nad danou hodnotu teploty nachází v oblasti, kdy nesplňuje požadavky na složení odtoku.

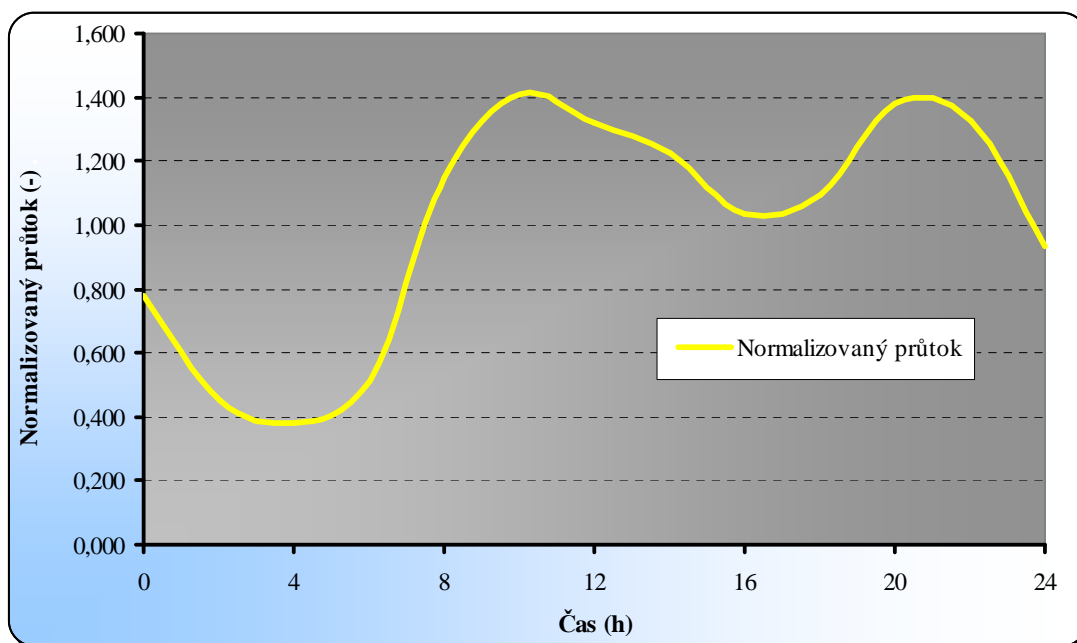
Předpokládané maximální teploty se na ČOV Semčice budou pohybovat na úrovni cca 21 °C. Dle standardních podmínek pro dimenzování aeračních zařízení ČOV je však nutné při technologických výpočtech uvažovat s maximální hodnotou 20 °C.



Obr. 2: Roční teplotní profil odpadní vody na ČOV Semčice.

6.2 Denní hydraulický profil nerovnoměrnosti zatížení ČOV

Z důvodu výpočtu dynamického chování systému během dne s ohledem na kvalitu odtoku a návrh oxypenační kapacity byl vytvořen hypotetický profil normalizovaného hydraulického zatížení ČOV Semčice. Tento profil vychází z dat naměřených v aglomeracích obdobné velikostní kategorie a typu kanalizačního systému. Hydraulický profil denního zatížení pro výpočty je znázorněn na Obr. 3. Tento profil se při výpočtech maximálního zatížení obvykle aplikuje na průtok Q_d .



Obr. 3: Hydraulický profil denní nerovnoměrnosti průtoku.

6.3 Kalová voda

Důležitým proudem znečištění, ovlivňujícím zpětně biologický stupeň ČOV, bývá proud kalové vody z technologické linky anaerobní stabilizace v mezofilní nebo termofilní oblasti teplot. V případě technologického návrhu ČOV Semčice bude, při zohlednění velikostní kategorie ČOV, uvažováno s koncepcí aerobní stabilizace vyprodukovaného přebytečného biologického kalu. V takovém případě se bude produkovaná kalová voda svým složením blížit finálnímu odtoku z ČOV, přičemž lze tedy její vliv zanedbat.

7 USPOŘÁDÁNÍ A VÝPOČTY STUPNĚ HRUBÉHO PŘEDČIŠTĚNÍ

Odpadní vody budou do areálu ČOV přiváděny striktně oddílnou kanalizací. Odpadní vody budou gravitačně přiváděny do objektu hrubého předčištění zahrnujícího velmi jemné automaticky čištěné česle a lapák písku.

7.1 Velmi jemné česle

Odpadní vody budou primárně přiváděny na velmi jemné automaticky čištěné česle s šíří průlin 3 mm. Zachycené shrabky budou vynášeny do přistavené nádoby. Pro uvažované výhledové látkové zatížení ČOV Semčice na úrovni 1 720 EO lze očekávat následující produkci shrabků.

Záchyt shrabků

celkový záchyt shrabků

specifická objemová hmotnost

8,6 t.rok⁻¹

800 kg.m⁻³

objem shrabků

29 l.d⁻¹

7.2 Lapák písku

Odpadní vody zbavené shrabků budou za velmi jemnými automaticky čištěnými česlemi přiváděny do vertikálního lapáku písku o průměru 0,8 m. Objekt lapáku písku je do technologické linky ČOV zařazen i přes skutečnost, že ČOV bud likvidovat odpadní vody přiváděné striktně oddílnou kanalizací. Lapák písku bude doplněn kompletním strojně-technologickým zařízením pro těžení zachyceného písku. Vytěžený písek bude přiváděn do separátoru písku a následně vynášen do nádoby se shrabky. Lapák písku bude mít tyto základní parametry:

Vertikální lapák písku	1 ks
průměr lapáku	0,8 m
maximální průtok lapákem	20 l.s ⁻¹

Pro uvažované výhledové látkové zatížení ČOV Semčice na úrovni 1 720 EO lze očekávat následující maximální produkci písku a tuků.

Produkce písku	
produkce písku	12,4 m ³ .rok ⁻¹
záchyt písku	34 l.d ⁻¹

7.3 Rozdělovací objekt

Odpadní vody zbavené hrubých unášených nečistot budou přiváděny do rozdělovacího objektu před biologickým stupněm ČOV. Rozdělovací objekt umožní dělení přiváděného množství odpadních vod na dva shodné proudy, případně převedení odpadních vod pouze na jednu následující biologickou linku. Do rozdělovacího objektu bude zaústěno dávkování železité soli pro účely zvýšené eliminace sloučenin fosforu.

8 MATEMATICKÉ MODELOVÁNÍ AKTIVAČNÍHO PROCESU

Chování a funkce biologického stupně ČOV jsou ověřovány metodou matematické simulace aktivačního procesu, jenž slouží jednak k ověření kapacity realizovaného či navrhovaného systému a k případnému dořešení objemového návrhu nádrží spolu s dalšími technologickými prvky systému (velikosti recirkulací, výpočet oxygennační kapacity apod.). Matematická simulace aktivačního procesu umožňuje výpočty systému při reálném dynamickém chování.

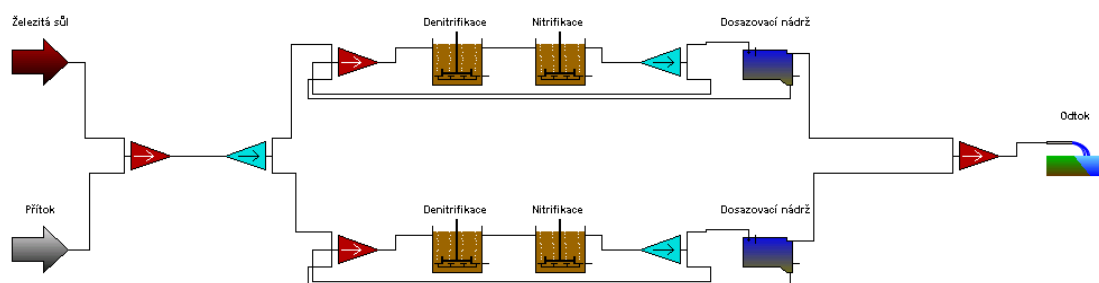
8.1 Postup výpočtu

Výpočet je realizován s ohledem na zvolenou konfiguraci aktivačního procesu, přičemž jsou jednotlivé technologicko-provozní ukazatele optimalizovány za účelem přesné specifikace podkladových materiálů pro projektovou dokumentaci.

Optimalizace systému je provedena pro výhledové zatěžovací parametry reprezentující 1 720 EO. Následně je proveden výpočet chování aktivačního systému na úrovni reálného dynamického stavu, který je nezbytný pro dimenzování dodávky vzduchu do systému.

8.2 Použitý software

Základní podmínkou jakýchkoliv technologických výpočtů týkajících se biologického systému ČOV je přesný popis hydraulické soustavy. Za účelem provedení exaktních propočetů stávajícího a intenzifikovaného systému ČOV bylo připraveno speciální technologické schéma počítačového software GPS-X, umožňujícího realizaci detailních výpočtů aktivačního systému v různých provozních variantách. Použité schéma je pro ilustraci znázorněno na Obr. 4.



Obr. 4: Technologické schéma ČOV Semčice SW GPS-X.

Použitý software umožňuje exaktní simulaci technologické linky ČOV Semčice, zadání požadovaných vstupních parametrů kvality a kvantity odpadních vod ve všech proudech (tj. přítok, kalová voda), přesné zadání rozměrů jednotlivých technologických stupňů, tj. typ aerace, hloubky a plochy nádrží (včetně dosažovacích). Pomocí software lze namodelovat funkci systému jak ve stacionárním, tak dynamickém stavu s přesným zadáním fluktuace hydraulického zatížení, zatížení organickými a dusíkatými látkami během dne i roku, včetně teplotních profilů.

Základem výpočtu aktivačního systému je biokinetický model konverze organického a dusíkatého znečištění. Výpočty byly provedeny s modelem ASM No. 2D, který je určen k modelování procesů biologického odstraňování dusíku a fosforu. Frakcionace vstupní odpadní vody je založena na modelu ASM No.2D. Výchozími komponenty jsou CHSK, TKN a NL, přičemž pro výpočet biologické části ČOV jsou prioritní vstupy znečištění do aktivace.

Při stanovení jednotlivých frakcí organického a dusíkatého znečištění a frakcí fosforu je využito dat provozního sledování kvality finálního odtoku. Tento postup nahrazuje přesnější, avšak časově výrazně náročnější postupy spojené s frakcionací odpadních vod dle Lesouefa et

al. (1992)¹. Stanovovány jsou rozpuštěné a partikulované frakce jednotlivých forem znečištění, přičemž jsou zohledňována specifika lokality.

8.3 Metodika výpočtu

S ohledem na zadání a z hlediska správnosti postupu při výpočtech kapacity definovaného systému bylo postupováno specifickým způsobem. Kritickým ukazatelem odtoku je N-NH₄. Systém musí i při minimální teplotě disponovat dostatečnou nitrifikační kapacitou. Aby bylo tohoto požadavku dosaženo, musí být správně dimenzovány aerobní reaktory v hlavním proudu. Pokud je dosažen potřebný stupeň nitrifikace, lze výpočtově přistoupit k optimalizaci denitrifikace za účelem minimalizace koncentrace TIN a N-celk na odtoku ze systému.

Všechny orientační výpočty prvního přiblížení jsou prováděny pro systém v ustáleném stavu, tj. nikoliv pro systém při reálném chování, kde dochází k fluktuaci hydraulického a látkového zatížení ČOV.

Nitrifikační kapacita systému je při výpočtech ovlivněna především velikostí použité maximální specifické růstové rychlosti nitrifikačních bakterií $\mu_{A, \max}$ (resp. hodnotou její čisté růstové rychlosti ($\mu_{A, \max} - b_A$)). Pro výpočty byla použita hodnota $\mu_{A, \max} = 0,6 \text{ d}^{-1}$, která odpovídá empirickému vztahu pro stanovení potřebného stáří kalu pro nitrifikaci uvedeného v ČSN 75 6401. V této hodnotě je zahrnut bezpečnostní koeficient s ohledem na skutečnost, že výpočet stacionárního stavu není ekvivalentní výpočtu reálného stavu dynamického.

Systém je doplněn o proces zvýšené eliminace sloučení fosforu jejich chemickým simultánním srážením solemi železa na odtokovou úroveň **P-celk = 2,0 mg·l⁻¹**.

Dalšími důležitými technologickými omezeními jsou teplota a koncentrace biomasy na vstupu do dosazovacích nádrží. Pro výpočty je kalkulováno s minimální teplotou aktivační směsi **10 °C**. Odtah přebytečného kalu je vždy realizován v takovém množství, aby bylo dosaženo požadované koncentrace biomasy na vstupu do dosazovacích nádrží **4,0 kg·m⁻³** (včetně chemického kalu produkovaného simultánním srážením, viz odstavec 8.4.1). Limitní koncentrace kalu 4,0 kg·m⁻³ je výpočtově uvažována pro teplotu 10,0 °C. Předpokládá se, že teploty na úrovni 10,0 °C může být dosahováno i dlouhodobě (týdny).

8.4 Výpočet D-N procesu v ustáleném stavu

Aktivační linka je pro účely výpočtu rozdělena na dvě sekce, z nichž sekce 1 je uvažována jako anoxická a sekce 2 jako oxická. Nátok odpadní vody je společně s vratným kalem zaveden do sekce 1. Odtok do separačního stupně je realizován ze sekce 2.

Výpočty jsou provedeny pro uspořádání aktivace dle Obr. 1. Výpočty jsou provedeny pro limitní nátokovou koncentraci **4,0 kg·m⁻³** sušiny kalu na dosazovací nádrže (viz kapitola 9). Maximální výpočtová sušina kalu je uvažována pro minimální návrhovou teplotu aktivační

¹ Lesouef, A., Payraudeau, M., Rogalla, F. and Kleiber, B. (1992): Optimizing nitrogen removal reactor configurations by on-site calibration of the IAWPRC Activated Sludge Model. *Wat.Sci.Tech.* Vol. 25, No. 6, 105 – 123.

směsi na úrovni 10 °C (viz odstavec 6.1). Všechny výpočty optimalizace konfigurace systému jsou provedeny pro ustálený stav. V rámci výpočtů byly řešeny tyto dílčí technologické ukazatele:

- ❖ Množství železité soli pro eliminaci sloučenin fosforu.
- ❖ Stabilita procesu biologické nitrifikace.

8.4.1 Chemické srážení fosforu

Pro účely zvýšené eliminace sloučenin fosforu z odpadních vod je v rámci jejich biologického čištění navrženo aplikovat mechanismus chemického simultánního srážení solemi železa. V následující Tab. 4 jsou uvedeny parametry procesu chemického srážení při respektování projektových hydraulických a látkových zatěžovacích parametrů.

Tab. 4: Charakteristika procesu chemické eliminace sloučenin fosforu.

Parametr	jednotka	hodnota
průměrný denní přítok	m ³ .d ⁻¹	257,1
celkové množství fosforu v přítoku	kg.d ⁻¹	3,3
koncentrace P-celk v odtoku	mg.l ⁻¹	2,0
celkové množství fosforu v odtoku	kg.d ⁻¹	0,5
množství fosforu inkorporovaného do biomasy	kg.d ⁻¹	1,2
množství fosforu k odstranění	kg.d ⁻¹	1,6
molární poměr P:Fe	-	1,5
dávka železa	kg.d ⁻¹	4,2
objemové množství 40%-ního Fe ₂ (SO ₄) ₃	l.d ⁻¹	24
hmotnostní produkce chemického kalu	kg.d ⁻¹	10,5

Dávkování železité soli bude zaústěno do rozdělovacího objektu před aktivační proces. Potřebná kapacita dávkovacího čerpadla činí v optimálním rozmezí funkce cca 1,5 l.h⁻¹. Chemické srážedlo bude uskladněno v dvouplášťové uskladňovací nádrži o objemu 3 m³.

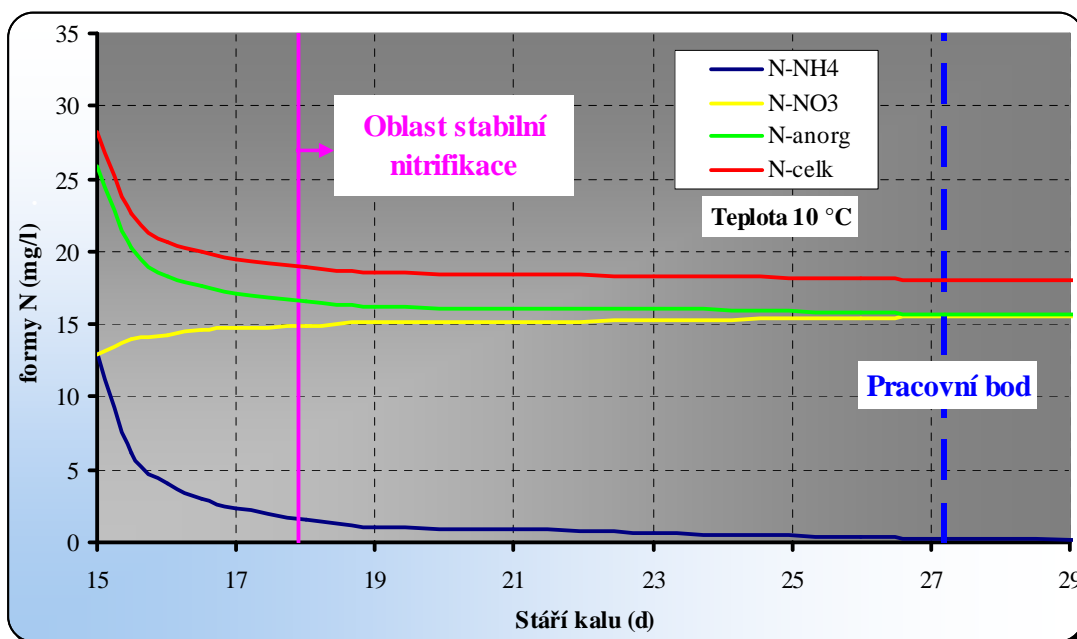
8.4.2 Stabilita nitrifikace

Při návrhu či verifikaci navrženého aktivačního systému je vždy potřeba určit kritické stáří kalu pro minimální výpočtovou teplotu (10 °C, viz odstavec 6.1). Obr. 5 znázorňuje závislost dusíkatých forem znečištění v odtoku ze systému na stáří kalu. Na Obr. 6 je znázorněna vypočtená koncentrace kalu v závislosti na použité hodnotě stáří kalu.

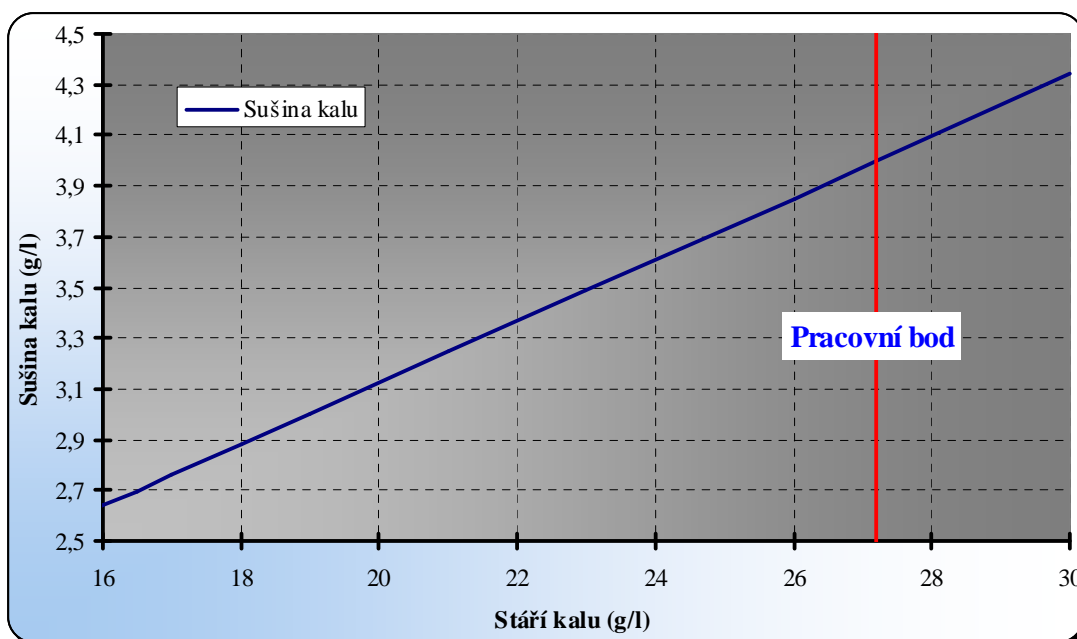
Z Obr. 5 a Obr. 6 je zřejmé, že systém vykazuje při minimální teplotě 10 °C stabilitu procesu nitrifikace při stáří kalu cca 16,5 dne. Při této hodnotě stáří kalu je v aktivačním procesu dosaženo koncentrace sušiny na úrovni 2,7 g.l⁻¹, přičemž se odtoková koncentrace amoniakálního dusíku pohybuje okolo 3 mg.l⁻¹.

Z Obr. 5 je zřejmé, že maximální přípustné hodnoty koncentrace aktivovaného kalu 4,0 g.l⁻¹ je v aktivačním systému dosaženo při stáří kalu cca 27,2 dní. Při této hodnotě stáří kalu se odtokové koncentrace N-NH₄ pohybují hluboko pod úrovní 1,0 mg.l⁻¹, což lze považovat za

velmi uspokojivý výsledek. V reálném dynamickém stavu bude dosaženo odtokových koncentrací N-NH_4 a N-celk mírně vyšších.



Obr. 5: Výpočet nitrifikační kapacity biologického D-N systému ČOV Semčice po intenzifikaci.



Obr. 6: Výpočet závislosti koncentrace sušiny kalu na stáří kalu pro ČOV Semčice po intenzifikaci.

8.5 Technologické parametry procesu

Základní technologické parametry aktivačního procesu ČOV Semčice po intenzifikaci jsou pro ustálený stav uvedeny v Tab. 5, základní technické parametry v Tab. 6. Výpočty ukazují,

že systém bude pracovat jako nízko zatížená aktivace. Výpočet nedynamického stavu je proveden s konstantním hydraulickým a látkovým zatížením ČOV během dne.

Tab. 5: Základní technologické parametry intenzifikovaného aktivačního procesu ČOV Semčice.

Parametr	jednotka	hodnota
Zatížení ČOV a biologického stupně v EO dle BSK ₅	EO	1 686
Zatížení ČOV a biologického stupně v EO dle CHSK	EO	1 720
Zatížení ČOV a biologického stupně v ukazateli BSK ₅	kg.d ⁻¹	101,2
Zatížení ČOV a biologického stupně v ukazateli CHSK	kg.d ⁻¹	206,4
Hydraulické zatížení	m ³ .d ⁻¹	257,1
Počet linek biologického systému	ks	2
Celkový objem aktivačních nádrží	m ³	633,6
z toho objem sekce denitrifikace	m ³	172,8
z toho objem sekce nitrifikace	m ³	460,8
Hloubka vody v aktivační nádrži	m	5,0
Minimální výpočtová teplota aktivace	°C	10,0
Koncentrace biomasy v aktivaci při T _{min} = 10°C	kg.m ⁻³	4,0
Recirkulační poměr vratného kalu	% Q ₂₄	181
Průtok vratného kalu	l.s ⁻¹	2 × 2,7
Recirkulační poměr interní recirkulace aktivační směsi	% Q ₂₄	181
Průtok interní recirkulace aktivační směsi	l.s ⁻¹	2 × 2,7
Hydraulická doba zdržení	h	59,1
Stáří kalu	d	27,2
Zásoba kalu v systému	kg	2 534
Produkce přebytečného kalu (včetně chemického kalu)	kg.d ⁻¹	93,1
Objemové zatížení BSK ₅	kg.m ³ .d ⁻¹	0,160
Objemové zatížení CHSK	kg.m ³ .d ⁻¹	0,326
Zatížení kalu BSK ₅	kg.kg ⁻¹ .d ⁻¹	0,040
Zatížení kalu CHSK	kg.kg ⁻¹ .d ⁻¹	0,081
Typ systému	zatížení	nízké

Tab. 6: Základní technické parametry aktivačního procesu ČOV Semčice po intenzifikaci.

Parametr	jednotka	hodnota
denitrifikace	ks	2
šířka	m	4,8
délka	m	3,6
hloubka vody	m	5,0
objem	m ³	172,8
nitrifikace	ks	2
šířka	m	4,8
délka	m	9,6
hloubka vody	m	5,0

celkový objem	m ³	460,8
---------------	----------------	-------

8.6 Návrh potřeby kyslíku a vzduchu

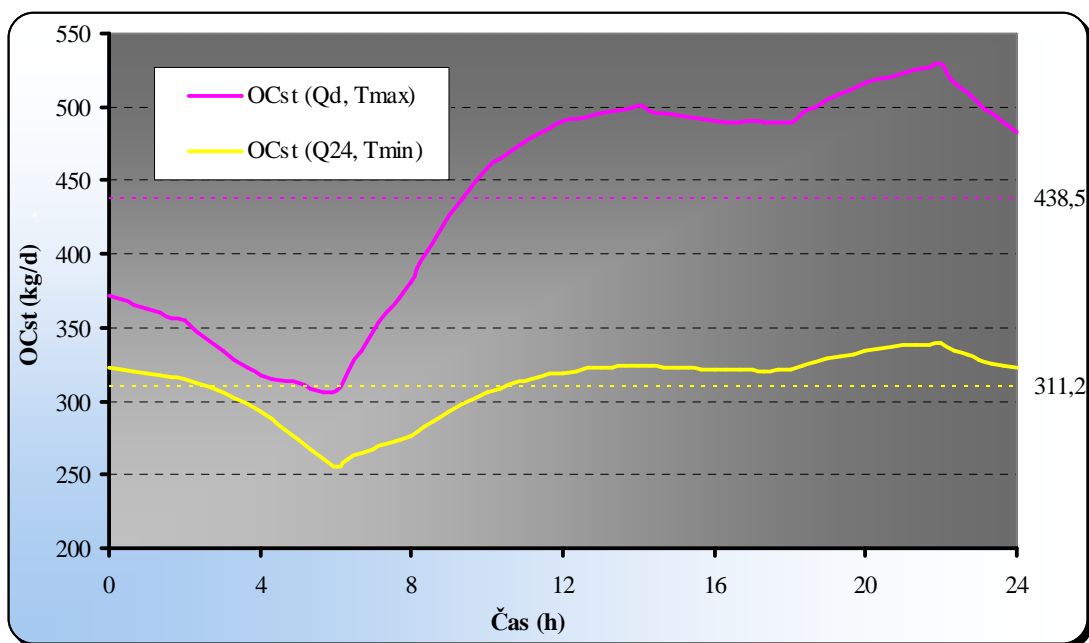
Návrh potřeby kyslíku a vzduchu musí být proveden takovým způsobem, aby systém nebyl v kyslíkovém deficitu při maximálním zatížení ČOV. Toto maximální zatížení lze brát při aplikaci dynamického denního profilu zatížení na maximální denní zatížení systému dané koeficientem k_d . Pro výpočet OCp je použito matematické simulace procesu v dynamickém stavu s fluktuací zatížení dle hydraulického a látkového denního profilu (viz Obr. 3) a dále postupováno dle TNV 75 6613. Potřeba kyslíku a vzduchu byla počítána prostřednictvím matematického modelu z hodnot OUR pro maximální návrhovou teplotu 20 °C. Výpočet je proveden pro provoz systému v letním období, kdy je potřeba vzduchu maximální. Kontrolní výpočet je proveden rovněž pro zimní provoz při 10 °C. Pro výpočet OCst a množství vzduchu byly uvažovány následující hodnoty:

teplota	10 a 21 °C
hloubka ponoru aeračních elementů	4,8 m
koncentrace rozpuštěného kyslíku v aerovaných sekcích	2,0 mg.l ⁻¹
koeficient alfa	0,7
specifické využití kyslíku ze vzduchu	5,0 %.m ⁻¹
nadmořská výška	228 m n. m.

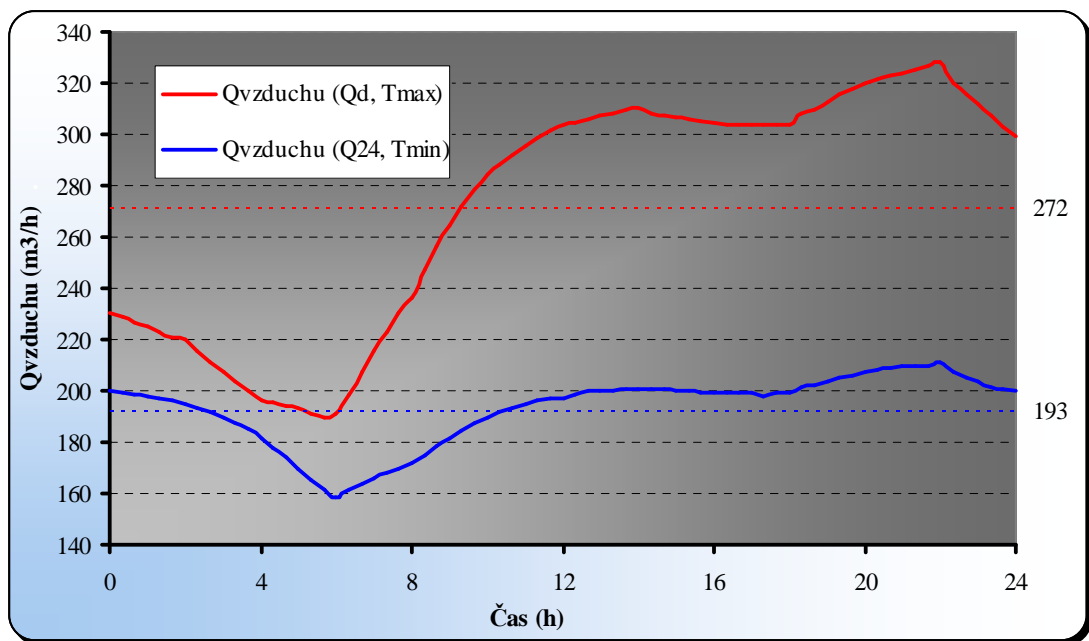
Za účelem určení hodnoty čisté potřeby kyslíku v ustáleném stavu byly vypočteny hodnoty OCp, OCst a Q_{vzduchu} v aktivačním procesu. V Tab. 7 jsou uvedeny výsledky minimální potřeby vzduchu při minimální teplotě 10 °C a hodnotě $k_{d, \text{spl}} = 1,0$ (Q_{24}) a zároveň pro maximální výpočtovou teplotu 21 °C a hodnotu $k_d = 1,4$ (Q_d). Graficky je výpočet OCst uveden na Obr. 7 a průběh potřeby vzduchu na Obr. 8.

Tab. 7: Návrh potřeby vzduchu pro kapacitu ČOV Semčice na úrovni 1 720 EO.

Ukazatel	$Q_{24}, T = 10\text{ °C}$	$Q_d, T = 21\text{ °C}$
OCst	kg.d⁻¹	kg.d⁻¹
průměr	311	439
maximum	340	529
minimum	256	306
Qvz	m³.h⁻¹	m³.h⁻¹
průměr	193	272
maximum	211	328
minimum	159	190
Iv	m³.m⁻³.h⁻¹	m³.m⁻³.h⁻¹
průměr	0,587	0,827
maximum	0,641	0,997
minimum	0,483	0,577



Obr. 7: Průběh OCst pro teplotu 10 °C a přítok Q_{24} a pro teplotu 21 °C a přítok Q_d .



Obr. 8: Průběh potřeby vzduchu pro teplotu 10 °C a přítok Q_{24} a pro teplotu 21 °C a přítok Q_d .

Dimenzování aeračního zařízení a zdrojů vzduchu je pro výhledové látkové zatěžovací parametry zatížení a pro teplotu 21 °C nutno provést na maximální hodnotu $Q_{vzduchu}$ dle Tab. 7, tj. $328 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ a minimální množství vzduchu při 10 °C dle Tab. 7 na úrovni $159 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$.

Obě linky je doporučeno zásobit od nezávislých zdrojů vzduchu (každý stroj o maximálním výkonu cca $165 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ vzduchu) s vlastním frekvenčním měničem řízeným od aktuální

koncentrace rozpuštěného kyslíku v sekci nitrifikace příslušné biologické linky. Jedno dmychadlo stejného výkonu je navrženo instalovat jako montovanou rezervu.

Konce nitrifikačních sekcí je navrženo osadit středobublinnými aeračními elementy popř., řešit odtok takovým způsobem, aby bylo dosaženo účinného odplynění aktivační směsi před nátokem do separačního stupně.

Postup návrhu a výpočtu oxygenační kapacity a potřeby vzduchu pro aktivační proces zahrnuje podmínku dodržení minimální intenzity aerace na úrovni $0,5 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h}^{-1}$. Dle zkušeností zpracovatele tohoto technologického návrhu nedochází ani v případě poklesu pod hranici intenzity aerace $0,5 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h}^{-1}$ k sledovatelným obtížím se sedimentací kalu v aerovaných nádržích. Jako bezpečnou hranici je však nutno navrhnout zachování minimální intenzity aerace nad úrovní $0,4 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h}^{-1}$.

9 DIMENZOVÁNÍ SEPARAČNÍHO STUPNĚ

Návrh a dimenzování separačního stupně jsou provedeny pro mechanicko-biologický systém bez primární sedimentace, kdy je dle ČSN 75 6401 doporučováno udržování koncentrace sušiny kalu v aktivačním procesu v rozmezí $3,0 - 5,0 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$. S ohledem na provozní zkušenosti je pro výpočty aktivačního procesu a separačního systému uvažováno s hodnotou sušiny kalu uprostřed doporučovaného intervalu, tj. na úrovni $4,0 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$.

9.1 Výpočet dle ATV 131 (1991)

Pro zvolenou hodnotu sušiny kalu bylo provedeno dimenzování separačního stupně dle přepracované metodiky ATV z roku 1991 (Revised ATV (1991) procedure). Tento přístup rezultuje do relativně konzervativního, na druhou stranu bezpečného návrhu separačního stupně, zajišťujícího účinné odstranění aktivovaného kalu od vyčištěné vody i při maximálních průtocích.

Výpočty dle ATV používají hodnotu ředěného kalového indexu, jenž nekorresponduje s hodnotou kalového indexu obecně sledovaného na ČOV. Pro účely výpočtu byla zvolena konzervativní hodnota ředěného kalového indexu na úrovni $125 \text{ ml} \cdot \text{g}^{-1}$. Pro výpočty je uvažováno s následujícími hodnotami hlavních parametrů:

Q_{24} – výhledové hydraulické zatížení	$\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$	257,1
Q_{max} do aktivace	$\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$	36
Zvolený recirkulační poměr vratného kalu	% Q_{24}	181
	$\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$	473
Ředěný kalový index	$\text{ml} \cdot \text{g}^{-1}$	125
Sušina kalu v aktivačním procesu	$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$	4,0

V Tab. 8 jsou uvedeny výsledky dimenzování separačního stupně ČOV Semčice.

Tab. 8: Hlavní technické parametry separačního stupně ČOV Semčice.

Parametr	symbol	jednotka	hodnota
potřebná plocha separačního stupně	Adn	m ²	46,1
potřebná hloubka dosazovací nádrže			
zóna čisté vody	h1	m	0,50
separační zóna	h2	m	1,20
akumulační zóna	h3	m	0,54
zahušťovací zóna	h4	m	1,27
výpočtová hloubka separačního stupně	h	m	3,52

K separaci aktivovaného kalu od vyčištěné vody je navržena dvojice čtvercových, vertikálně protékaných dosazovacích nádrží o délce strany 4,8 m a hloubce vody 4,8 m. Dosazovací nádrže mají následující základní technické parametry:

<u>Dosazovací nádrž</u>	2 ks
délka strany	4,8 m
hloubka vody	4,8 m
celková účinná plocha	46,1 m ²
celkový účinný objem	108 m ³

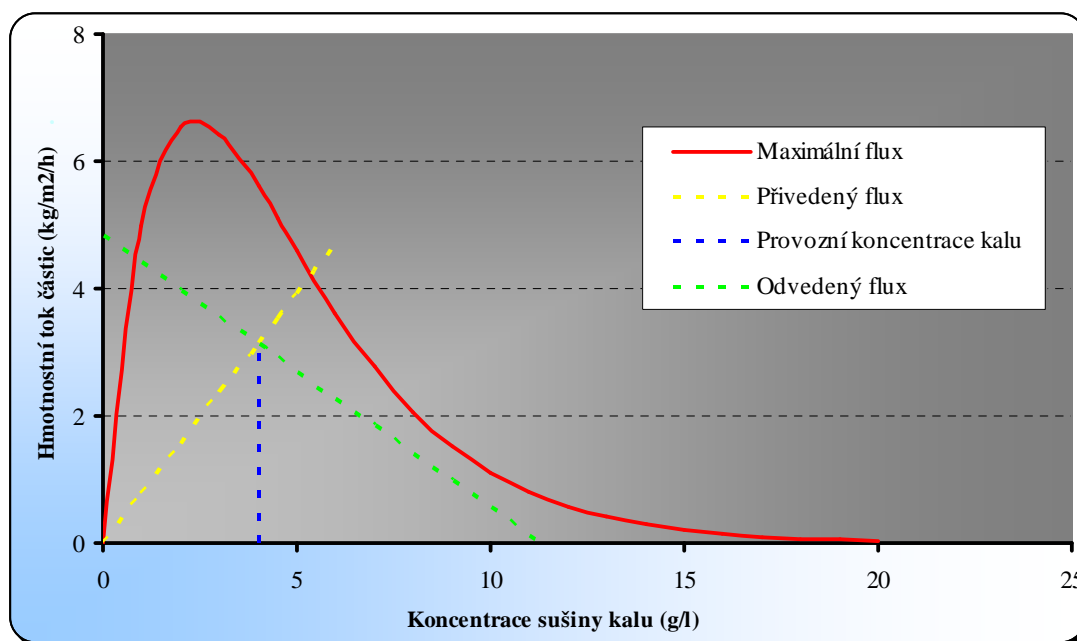
Dosazovací nádrže budou vybaveny strojně technologickým zařízením pro odtah plovoucích nečistot. Potrubní a armaturní propojení umožní provozovat obě dosazovací nádrže dohromady s pouze jednou aktivační linkou.

9.2 Výpočet dle hmotnostního toku částic

Pro zvolenou výpočtovou hodnotu koncentrace sušiny kalu v aktivačním procesu na úrovni 4,0 kg.m⁻³ byla ověřována kapacita dvojice čtvercových, vertikálně protékaných dosazovacích nádrží o délce strany 4,8 při použití teorie hmotnostního toku částic – fluxu. Pro výpočty je uvažováno s následujícími hodnotami hlavních parametrů:

Q ₂₄ – výhledové hydraulické zatížení	m ³ .d ⁻¹	257,1
Q _{max} do aktivace	m ³ .h ⁻¹	36
Zvolený recirkulační poměr vratného kalu	% Q ₂₄	181
	m ³ .d ⁻¹	473
Ředěný kalový index	ml.g ⁻¹	125
Sušina kalu v aktivačním procesu	kg.m ⁻³	4,0
Celková plocha dosazovacích nádrží	m ²	46,1

Graficky je výstup výpočtů znázorněn na Obr. 9. Separační stupeň je považován za kapacitní v případě, kdy je průsečík vzestupné a sestupné přímky pod čarou maximálního fluxu a sestupná přímka ve směru vpravo od průsečíku pod čarou maximálního fluxu.



Obr. 9: Posouzení dosazovacích nádrží o délce strany 4,8 m dle teorie hmotnostního toku částic.

Z grafického výstupu na Obr. 9 je zřejmé, že pro výhledové hydraulické zatěžovací parametry a zvolenou provozní koncentraci sušiny kalu v aktivačním procesu na úrovni $4,0 \text{ kg.m}^{-3}$ je dvojice čtvercových, vertikálně protékaných dosazovacích nádrží o délce strany kapacitní s výraznou rezervou.

10 ODVOD A ZPRACOVÁNÍ PŘEBYTEČNÉHO AKTIVOVANÉHO KALU

Koncepce zpracování přebytečného aktivovaného kalu bude založena na jeho gravitačním zahuštění, aerobní stabilizaci a následném odvozu v tekutém stavu na ČOV vybavenou technologií zpracování kalů.

Vyprodukovaný přebytečný aktivovaný kal bude odváděn z proudu vratného kalu do uskladňovacích kalových nádrží vzniklých z objemů stávající ČOV. Kalové nádrže budou vybaveny středobublinným aeračním systémem a zařízením pro odtah kalové vody (čerpadlo na vrátku či plováku). V nádržích bude docházet ke gravitačnímu zahušťování přebytečného aktivovaného kalu.

Zahuštěný a aerobně stabilizovaný kal bude odvážen v tekutém stavu k další řízené likvidaci na ČOV disponující technologickou linkou zpracování kalů. V Tab. 9 jsou uvedeny hlavní technické a technologické parametry kalového hospodářství ČOV Semčice.

Tab. 9: Hlavní technické a technologické parametry kalového hospodářství ČOV Semčice.

Parametr	jednotka	hodnota
objem uskladňovacích nádrží	m^3	66
hmotnostní produkce přebytečného kalu	kg.d^{-1}	93

koncentrace kalu po zahuštění	kg.m ⁻³	2,0
objemová produkce zahuštěného přebytečného kalu	m ³ .d ⁻¹	4,7
doba zdržení v uskladňovacích nádržích	d	14

11 KALOVÉ HOSPODÁŘSTVÍ

Přebytečný aktivovaný kal bude periodicky odváděn z biologického systému ke gravitačnímu zahuštění a následné aerobní stabilizaci. K zahuštění a uskladnění přebytečného aktivovaného kalu bude využito objemu nádrží existující ČOV. Aerobně stabilizovaný kal bude v tekutém stavu odvážen k další řízené likvidaci. V Tab. 10 jsou uvedeny základní charakteristiky kalového hospodářství ČOV Semčice po intenzifikaci.

Tab. 10: Základní parametry kalového hospodářství ČOV Semčice po intenzifikaci na kapacitu 1 720 EO.

Parametr	jednotka	hodnota
objem uskladňovacích nádrží	m ³	66
hmotnostní produkce přebytečného kalu	kg.d ⁻¹	82,5
koncentrace kalu po zahuštění	kg.m ⁻³	2,0
objemová produkce zahuštěného přebytečného kalu	m ³ .d ⁻¹	4,1
doba zdržení v uskladňovacích nádržích	d	16

12 MĚRNÝ OBJEKT

Na odtoku vyčištěných odpadních vod bude umístěn měrný objekt, který zajistí registraci a archivaci proteklého množství odpadních vod.

13 ZÁVĚR

1. Koncepce intenzifikace mechanicko-biologické linky ČOV Semčice pro výhledovou kapacitu 1 720 EO představuje vybudování stupně hrubého předčištění odpadních vod odpovídající současné technické a hygienické úrovni těchto zařízení. Po hrubém předčištění bude následovat biologický stupeň na bázi klasického D-N procesu se separací kalu od vyčištěné vody v typových pravoúhlých dosazovacích nádržích. Biologický systém bude doplněn o proces zvýšené eliminace sloučenin fosforu simultánním srážením železitou solí.
2. Aktivační proces je navrženo realizovat ve formě D-N systému s následujícím objemovým členěním:

Ukazatel	počet	jednotka	jedna linka	dvě linky
Objem anoxické sekce D	2 ks	m ³	86,4	172,8
Objem oxické sekce N	2 ks	m ³	230,4	460,8

Celkem	-	m³	316,8	636,6
---------------	----------	----------------------	--------------	--------------

3. Pro navržený aktivační D-N proces byla, při respektování výhledových zatěžovacích parametrů na úrovni 1 720 EO dle ukazatele BSK₅ kalkulována následující potřeba vzduchu pro nitrifikační sekce aktivačního procesu:

Reaktor	jednotka	minimum	maximum
nitrifikace	m ³ .h ⁻¹	159	328

Obě linky je doporučeno zásobit od nezávislých zdrojů vzduchu (každý stroj o maximálním výkonu cca 165 m³.h⁻¹ vzduchu) s vlastním frekvenčním měničem řízeným od aktuální koncentrace rozpuštěného kyslíku v sekci nitrifikace příslušné biologické linky. Jedno dmychadlo stejného výkonu je navrženo instalovat jako montovanou rezervu.

4. Separace aktivovaného kalu od vyčištěné vody bude probíhat ve dvojici čtvercových, vertikálně protékaných dosazovacích nádrží o délce strany 4,8m a hloubce vody 4,8 m. Každá dosazovací nádrž bude přináležet jedné lince aktivačního procesu, přičemž propojení umožní provozovat obě dosazovací nádrže dohromady s pouze jednou aktivační linkou. Dosazovací nádrže budou vybaveny kompletním zařízením pro odtah plovoucích nečistot z hladiny nádrží.
5. Aktivační D-N systém je navržen se stálou hodnotou recirkulace vratného kalu na úrovni 181 % průměrného výhledového denního přítoku odpadních vod, tj. 473 m³.d⁻¹. Každá dosazovací nádrž bude vybavena jedním čerpadlem o maximálním výkonu cca 4 l.s⁻¹, jehož provoz bude časově regulovatelný v systému měření a regulace ČOV.
6. Aktivační D-N systém je navržen s interní recirkulací aktivační směsi na úrovni 181 % průměrného výhledového denního přítoku odpadních vod, tj. 473 m³.d⁻¹. Každá nitrifikační sekce bude vybavena jedním čerpadlem o maximálním výkonu cca 4 l.s⁻¹, jehož provoz bude časově regulovatelný v systému měření a regulace ČOV.
7. Při zohlednění platné legislativy a platného povolení k nakládání s odpadními vodami bude na odtoku z ČOV zajištěno složení vyčištěné odpadní vody uvedené v následující tabulce.

Ukazatel	jednotka	hodnota "p"	hodnota "m"	roční průměr
CHSK	mg.l ⁻¹	75,0	140,0	-
BSK ₅	mg.l ⁻¹	22,0	30,0	-
NL	mg.l ⁻¹	25,0	30,0	-
N-NH ₄	mg.l ⁻¹	-	20,0	12,0