


Rev: C			
Rev: B			
Rev: A			
Index:	Datum:	Popis změny:	Vypracoval:

k.ú. Vinoř [782378]

Souřadný systém: S-JTSK, Výškový systém: BPV

 <p>PROJEKTOVÁ A INŽENÝRSKÁ A.S.</p>				<p>Sokolovská 16/45A 186 00 Praha 8 – Karlín tel: +420 221 873 111, fax: +420 221 873 247</p>		<p>www.d-plus.cz d-plus@d-plus.cz</p>	
Hlavní inženýr projektu: Ing. Viktor MÍCHAL		Zodpovědný projektant: Dr. Ing. Radovan ŠORM		Vypracoval: Dr. Ing. Radovan ŠORM			
MÚ (OÚ): Městská část Praha - Vinoř		Kraj: Hlavní město Praha		Datum:		02/2025	
Investor: Hlavní město Praha, zastoupené PVS a.s.				Stupeň:		DPS	
Zakázka: Stavba č. 3145 TV Vinoř, etapa 0012 – ČOV Vinoř B. SOUHRNNÁ ZPRÁVA				Číslo zakázky:		4047/2/2024	
				Měřítko:		-	
				Počet formátů A4:		27	Č. kopie:
Obsah: Výpočty intenzifikace kompletní linky pro výhledové zatěžovací parametry na úrovni 16 500 EO dle ukazatele BSK5				Číslo přílohy:		Revize:	
				B.1			

OBSAH

	strana
1 IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE DÍLA	3
1.1 Předmět díla	3
1.2 Použitý software	3
2 VÝHLEDOVÉ ZATĚŽOVACÍ PARAMETRY	3
3 POŽADAVKY NA SLOŽENÍ ODTOKU PO INTENZIFIKACI	4
4 USPOŘÁDÁNÍ A DIMENZOVÁNÍ ČOV	5
4.1 Uspořádání a dimenzování aktivačního procesu a separačního stupně	5
4.2 Uspořádání a dimenzování stupně kalového hospodářství	6
5 SOUVISEJÍCÍ PARAMETRY PRO TECHNOLOGICKÉ VÝPOČTY	6
5.1 Teplota odpadních vod	6
5.2 Denní hydraulický profil	7
5.3 Kalová voda	8
6 VÝPOČTY SEPARAČNÍHO STUPNĚ	8
7 MATEMATICKÉ MODELOVÁNÍ AKTIVAČNÍHO PROCESU	10
7.1 Postup výpočtu	10
7.2 Použitý software	11
7.3 Výpočet D-R-D-N-Pdn-PA procesu v ustáleném stavu pro zatížení 16 500 EO	12
7.3.1 Chemické srážení fosforu	13
7.3.2 Velikost odvětvění přítoku surové odpadní vody do reaktoru DI	13
7.3.3 Velikost interní recirkulace	14
7.3.4 Technologické parametry aktivačního procesu	15
7.4 Výpočet ročního profilu odtokové koncentrace N-celk	16
7.5 Výpočet potřeby kyslíku a vzduchu pro reálný dynamický stav	17
8 ODVOD A ZPRACOVÁNÍ PŘEBYTEČNÉHO KALU	19

8.1	Výhledová produkce přebytečného aktivovaného kalu	20
8.2	Strojní zahuštění přebytečného aktivovaného kalu	20
8.3	Aerobní stabilizace zahuštěného přebytečného aktivovaného kalu	20
8.4	Odvodnění aerobně stabilizovaného kalu	21
9	VÝPOČET D-R-D-N-PDN-PA PROCESU PRO ZATÍŽENÍ 13 500 EO	21
9.1	Technologické parametry aktivačního procesu	21
9.2	Výpočet ročního profilu odtokové koncentrace N-celk	22
10	ZÁVĚR	23

PČOV VINOŘ

Výpočty intenzifikace kompletní linky pro výhledové zatěžovací parametry na úrovni 16 500 EO dle ukazatele BSK₅

1 IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE DÍLA

Název:	PČOV VINOŘ - Výpočty intenzifikace kompletní linky pro výhledové zatěžovací parametry na úrovni 16 500 EO dle ukazatele BSK ₅
Místo:	PČOV VINOŘ
Objednatel:	D-PLUS PROJEKTOVÁ A INŽENÝRSKÁ, a.s. Sokolovská 16/45, 186 00 Praha 8
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 jsou technologické výpočty intenzifikace kompletní vodní a kalové linky PČOV VINOŘ pro výhledové zatěžovací parametry na úrovni 16 500 EO dle ukazatele BSK₅ při respektování požadavků na složení finálního odtoku v souladu s NV 401/2015 Sb. v platném znění. Kontrolní přepoččet je následně proveden pro kapacitu na úrovni 13 500 EO dle ukazatele BSK₅, která představuje zatěžovací variantu bez připojení obce Jenštejn.

1.2 Použitý software

Veškeré simulace funkce a 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 VÝHLEDOVÉ ZATĚŽOVACÍ PARAMETRY

V Tab. 1 a Tab. 2 jsou specifikovány výhledové hydraulické a látkové zatěžovací parametry PČOV Vinoř pro technologické výpočty intenzifikace.

Tab. 1: Výhledové hydraulické zatěžovací parametry PČOV Vinoř pro výpočty intenzifikace.

Průtok		$\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$	$\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$	$\text{l} \cdot \text{s}^{-1}$
Q_{24}		3 190	132,9	36,9
k_d	1,06			
Q_d		3 382	140,9	39,1
k_h	2,0			
Q_h		-	281,8	78,3
Q_{max} do aktivace		-	379,0	105,3

Tab. 2: Výhledové látkové zatěžovací parametry PČOV Vinoř pro výpočty intenzifikace.

Ukazatel	$\text{kg} \cdot \text{d}^{-1}$	$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$
Počet ekvivalentních obyvatel dle ukazatele BSK ₅ 16 500		
BSK ₅	990	310,3
CHSK _{Cr}	2 476	776,0
NL	1 137	356,0
N-NH ₄	169	53,0
N-celk	281	88,0
P-celk	30,9	9,7

3 POŽADAVKY NA SLOŽENÍ ODTOKU PO INTENZIFIKACI

Pobočná čistírna odpadních vod bude s ohledem na předpokládané výhledové množství a znečištění surových odpadních vod zařazena do velikostní kategorie zdroje znečištění 10 001 až 100 000 EO. Při respektování požadavků NV 401/2015 Sb. v platném znění v příloze 7, tabulce 1 pro „nejlepší dostupné technologie“ likvidace odpadních vod jsou technologické výpočty provedeny pro složení finálního odtoku reprezentované v Tab. 3.

Tab. 3: Výhledové limitní hodnoty ukazatelů znečištění na odtoku z PČOV Vinoř po intenzifikaci.

Ukazatel	jednotka	hodnota „p“	hodnota „m“	celoroční průměr
BSK ₅	$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$	14	20	-
CHSK	$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$	60	100	-
NL	$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$	18	25	-
N-celk	$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$	-	25	14,0
P-celk	$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$	-	3,0	1,5

hodnota „p“ v povolené míře překročitelná hodnota stanovená v typu vzorku C, tj. ve 24 hodinovém směsném vzorku úměrném průtoku získaném sléváním 12 objemově stejných dílčích vzorků odebíraných v intervalu 2 hodin.

hodnota „m“ nepřekročitelné koncentrace ukazatelů znečištění stanovené ve dvouhodinovém směsném vzorku získaném sléváním 8 dílčích vzorků stejného objemu v intervalu 15 minut.

4 USPOŘÁDÁNÍ A DIMENZOVÁNÍ ČOV

4.1 Uspořádání a dimenzování aktivačního procesu a separačního stupně

Odpadní vody zbavené hrubých nečistot budou přiváděny do nového dvoulinkového aktivačního procesu ve formě D-R-D-N-Pdn-PA systému s předřazenou denitrifikací I, regenerací kalu, denitrifikací II, nitrifikací I, post-denitrifikací a post-aerací. Část odpadních vod v množství cca 30 % průměrného výhledového množství bude spolu s vratným kalem vedena do denitrifikace I a následně do regenerace kalu. Zbývající část odpadních vod je do biologické linky napojena až v sekci denitrifikace II.

Sekce denitrifikace I, II a post-denitrifikace budou vybaveny ponornými míchadly, sekce regenerace, nitrifikace a post-aerace jemnobublinným aeračním systémem.

Z konce sekce nitrifikace do sekce denitrifikace každé linky bude veden proud interní recirkulace aktivační směsi.

Pro uvažované výhledové složení odpadních vod a bezpečné zajištění odtokového limitu celkového dusíku pod 14 mg.l^{-1} je zapotřebí do sekce post-denitrifikace dávkovat zdroj externího substrátu.

Aktivační proces je doplněn dávkováním chemického srážedla pro ustavení zvýšené eliminace sloučenin fosforu jejich simultánním srážením a externího substrátu pro zvýšenou eliminaci dusíku.

Pro separaci aktivovaného kalu od vyčištěné odpadní vody budou realizovány dvě nové podélné dosazovací nádrže, souproutně protékané o půdorysných rozměrech $34 \times 6,0 \text{ m}$ a hloubce vody $4,9 \text{ m}$. Zachycený kal bude čerpán zpět do denitrifikace I a následně do regenerace kalu, přebytečný kal do kalového hospodářství. Vyčištěná voda bude vypouštěna přes měrný žlab do recipientu.

V Tab. 4 jsou uvedeny základní technické parametry aktivačního procesu pro technologické výpočty.

Tab. 4: Základní technické parametry aktivačního procesu pro technologické výpočty.

Parametr	jednotka	hodnota
denitrifikace I	ks	2
délka \times šířka \times hloubka	m	$2,4 \times 6,7 \times 5,0$
celkový objem	m^3	160
regenerace	ks	2
délka \times šířka \times hloubka	m	$10,05 \times 6,7 \times 5,0$
celkový objem	m^3	673
denitrifikace II	ks	2
délka \times šířka \times hloubka	m	$6,8 \times 12,75 \times 5,0$
celkový objem	m^3	867

nitrifikace I	ks	2
délka × šířka × hloubka	m	$22,1 \times 12,75 \times 5,0$
celkový objem	m ³	2818
post-denitrifikace	ks	2
délka × šířka × hloubka	m	$7,75 \times 2,0 \times 5,0$
celkový objem	m ³	155
post-aerace	ks	2
délka × šířka × hloubka	m	$4,7 \times 2,0 \times 5,0$
celkový objem	m ³	94

4.2 Uspořádání a dimenzování stupně kalového hospodářství

Intenzifikace stupně kalového hospodářství představuje zařazení technologie strojního zahuštění přebytečného aktivovaného kalu za přídavku organického flokulantu, výstavbu nové uskladňovací nádrže pro aerobní stabilizaci zahuštěného kalu a instalaci zařízení pro strojní odvodnění stabilizovaného kalu za přídavku organického flokulantu.

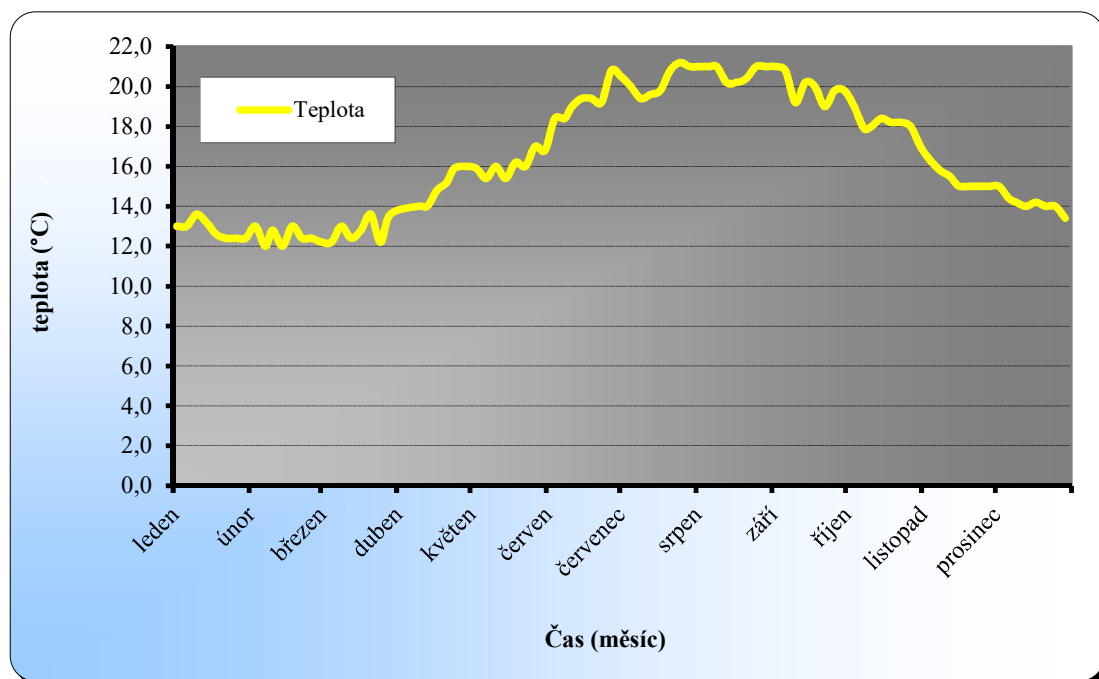
Navržena je realizace nové betonové nádrže pro aerobní stabilizaci kalu o průměru 12,5 m a užité hloubce 10,0 m s objemem 1 227 m³. Nádrž bude provozována jako oddílná aerobní stabilizace. Přebytečný kal bude do stabilizační nádrže čerpán po jeho strojním zahuštění. U stávajících nádrží (průměr 8,5 m, provozní hloubka 6,2 m a objem 2×352 m³) je navrženo jejich využití jako homogenizace před strojním zahuštěním, respektive odvodněním.

5 SOUVISEJÍCÍ PARAMETRY PRO TECHNOLOGICKÉ VÝPOČTY

5.1 Teplota odpadních vod

Jedním ze stěžejních parametrů při dimenzování biologických systémů vzhledem k NV č. 401/2015 Sb. v platném znění a při výpočtech chování aktivačního procesu je teplota odpadní vody v průběhu roku. Na základě dat provozního sledování byl sestaven roční teplotní profil na PČOV Vinoř prezentovaný na Obr. 1.

Z grafické závislosti na Obr. 1 je zřejmé, že se na PČOV Vinoř dlouhodobě (až několik měsíců v roce) pohybují minimální teploty odpadní vody na úrovni 12,5°C, což je hodnota vyšší než limitní teplota 12 °C předepsaná v platné legislativě. S ohledem na znění NV 401/2015 Sb. v platném znění budou technologické výpočty dimenzování parametrů pro biologickou nitrifikaci realizovány pro teplotu 12 °C.



Obr. 1: Roční teplotní profil v aktivačním procesu PČOV Vinoř.

Průměrná vyhodnocená teplota aktivační směsi za sledované období činí 16,5 °C. Maximální sledované teploty se pohybují na úrovni 21 °C. Maximální teplota aktivační směsi hraje stěžejní úlohu při výpočtech potřeby vzduchu a dimenzování aeračního systému. Zjištěná maximální teplota na úrovni 21 °C je vyšší než hodnota dle standardních podmínek pro dimenzování aeračních zařízení ČOV, a tak bude při výpočtech potřeby kyslíku a vzduchu zohledněna vyšší vyhodnocená úroveň.

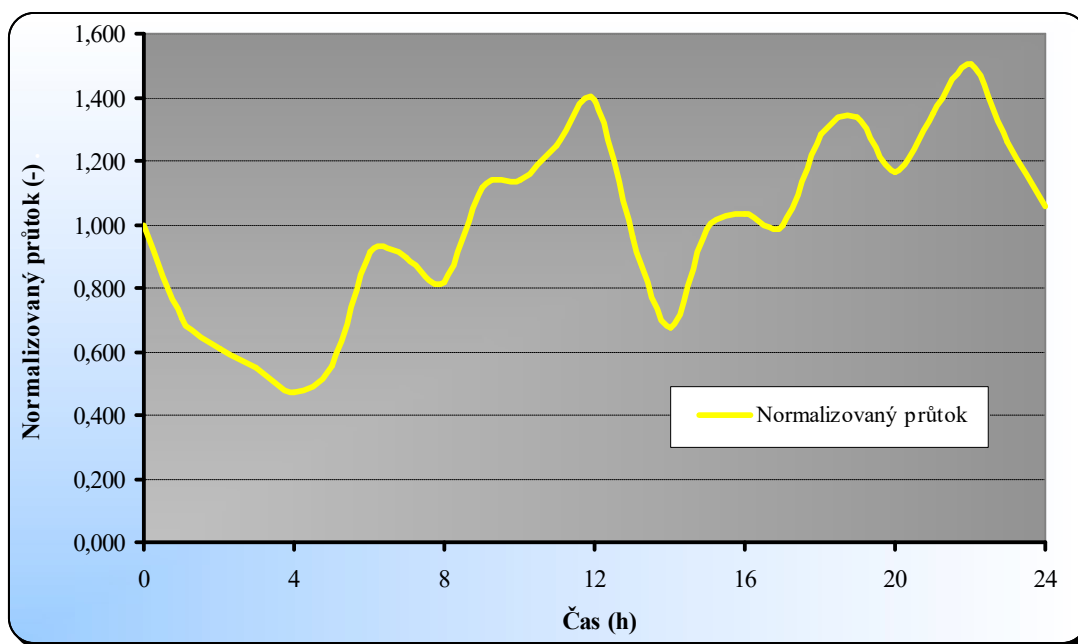
5.2 Denní hydraulický profil

Z důvodu výpočtu dynamického chování systému během dne s ohledem na složení odtoku a návrh oxygenační kapacity v aktivačních reaktorech byl na základě dat 24-hodinových přítoků odpadních vod poskytnutých provozovatelem PČOV Vinoř odvozen profil normalizovaného hydraulického zatížení ČOV znázorněný na Obr. 2. Tento profil se při výpočtech maximálního zatížení aplikuje na průtok Q_d .

V Tab. 5 jsou uvedeny hodnoty koeficientů denní a hodinové nerovnoměrnosti použité při technologickém návrhu a výpočtech biologického stupně ČOV.

Tab. 5: Hodnoty koeficientů denní a hodinové nerovnoměrnosti.

Ukazatel	k_d	k_h
hodnota	1,06	2,0



Obr. 2: Hydraulický profil denní nerovnoměrnosti průtoku na PČOV Vinoř.

5.3 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 PČOV Vinoř 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 v takovém případě její vliv zanedbat.

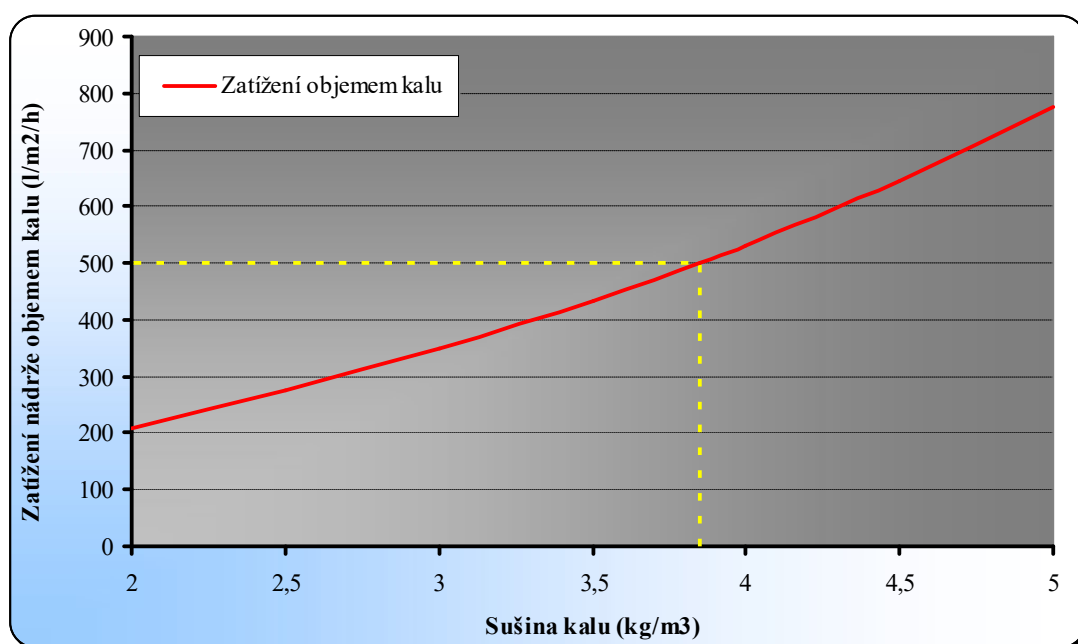
6 VÝPOČTY SEPARAČNÍHO STUPNĚ

V rámci intenzifikace PČOV Vinoř je navržena výstavba nového separačního stupně ve formě dvojice podélných dosazovacích nádrží, souproutně protékaných o půdorysných rozměrech $34 \times 6,0$ m a hloubce vody 4,9 m. Pro toto technické řešení byl proveden výpočet maximální kapacity s ohledem na udržitelnou koncentraci sušiny kalu v aktivačním procesu. Pro účely stanovení kapacity nového separačního stupně byl zvolen postup 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 dešťových průtocích.

Výpočty dle ATV používají hodnotu ředěného kalového indexu, jenž nekoresponduje s hodnotou kalového indexu obecně sledovaného na ČOV. Pro účely výpočtu byla na základě dat reálného provozního sledování vyhodnocena střední hodnota ředěného kalového indexu na úrovni 130 ml.g^{-1} . Pro účely výpočtu byly dále za neměnné stanoveny následující parametry

Q_{\max}	$\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$	379
	$\text{l} \cdot \text{s}^{-1}$	105,3
Plocha dosazovacích nádrží	m^2	408
Ředěný kalový index	$\text{ml} \cdot \text{g}^{-1}$	130
Hloubka vody v separačním stupni	m	4,9

Na Obr. 3 je v grafické formě znázorněn výsledek výpočtů hodnot zatížení plochy dosazovacích nádrží objemem kalu v závislosti na sušině kalu v aktivačním procesu. Jako limitní byla aplikována hodnota zatížení plochy horizontálně protékaných dosazovacích nádrží na úrovni $500 \text{ l} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ nádrže. Z grafické závislosti na Obr. 3 je možno odečíst přípustnou hodnotu sušiny kalu v aktivaci na úrovni cca $3,85 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$, zaručující bezpečnou separaci od vyčištěné odpadní vody.



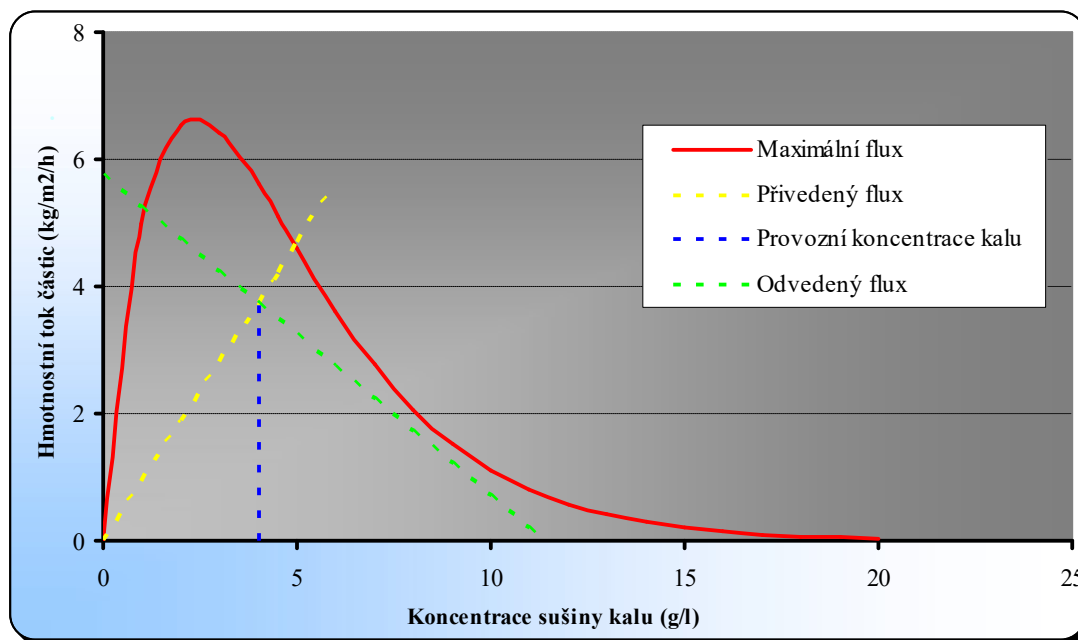
Obr. 3: Závislost zatížení plochy dosazovacích nádrží objemem kalu na koncentraci sušiny kalu v aktivaci pro navržené dosazovací nádrže.

Pro kalkulovanou hodnotu maximální přípustné koncentrace sušiny kalu v aktivačním procesu na úrovni $3,85 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ byla ověřována kapacita navržených horizontálně protékaných dosazovacích nádrží při použití teorie hmotnostního toku částic – fluxu. Pro výpočty je uvažováno s následujícími hodnotami hlavních parametrů:

Q_{\max} do aktivace	$\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$	379
	$\text{l} \cdot \text{s}^{-1}$	105,3
Maximální recirkulační poměr vratného kalu	% Q_{\max}	54
	$\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$	204
Ředěný kalový index	$\text{ml} \cdot \text{g}^{-1}$	130
Sušina kalu v aktivačním procesu	$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$	3,85
Celková plocha dosazovacích nádrží	m^2	408

Hloubka vody v separačním stupni m 4,9

Graficky je výstup výpočtů znázorněn na Obr. 4. 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. 4: Posouzení separačního stupně dle teorie hmotnostního toku částic.

Z grafického výstupu na Obr. 4 je zřejmé, že pro výhledové hydraulické zatěžovací parametry a provozní koncentraci sušiny kalu v aktivačním procesu na úrovni $3,85 \text{ kg.m}^{-3}$ je navržena dvojice podélných, horizontálně protékaných dosazovacích nádrží kapacitní.

7 MATEMATICKÉ MODELOVÁNÍ AKTIVAČNÍHO PROCESU

Chování a funkce biologického stupně ČOV jsou ověřovány metodou matematické simulace aktivačního procesu, která 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 oxygenační kapacity apod.). Matematická simulace aktivačního procesu umožňuje výpočty systému při reálném dynamickém chování.

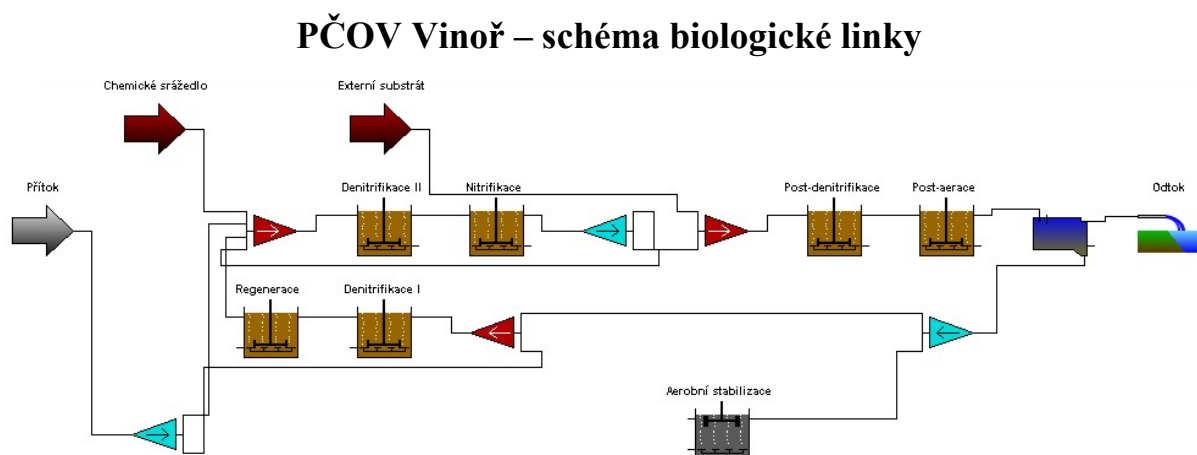
7.1 Postup výpočtu

Výpočet je realizován s ohledem na navrženou 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 v ustáleném nedynamickém stavu. Následně je proveden výpočet chování aktivačního systému na úrovni reálného dynamického stavu, který je nezbytný pro dimenzování dodávky vzduchu do systému.

7.2 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 PČOV Vinoř 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. 5.



Obr. 5: Technologické schéma PČOV Vinoř SW GPS-X.

Použitý software umožňuje exaktní simulaci technologické linky PČOV Vinoř, 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 dosazovacích). 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 MANTIS, který je určen k modelování procesů biologického odstraňování dusíku. Frakcionace vstupní odpadní vody je v základě založena na modelu ASM No. 2 s využitím pro model MANTIS. 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.

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.

Ve výpočtech je zohledněno dávkování síranu železitého a externího substrátu takovým způsobem, aby byly splněny odtokové parametry v ukazateli P-celk a N-celk. Produkce chemického i biologického kalu ze srážení fosforu a eliminace dusičnanového dusíku jsou zahrnuty v celkové produkci biologického kalu.

7.3 Výpočet D-R-D-N-Pdn-PA procesu v ustáleném stavu pro zatížení 16 500 EO

Výpočty aktivačního procesu jsou realizovány s ohledem na potřebu dodržení odtokových parametrů v souladu se zněním NV 401/2015 Sb. v platném znění pro tzv. „nejlepší dostupnou technologii“ v oblasti zneškodňování odpadních vod dle Tab. 3. V biologickém systému je s přihlédnutím k těmto požadavkům nezbytné při minimální teplotě aktivační směsi na úrovni 12 °C udržet stabilní nitrifikaci a v ročním průměru dosáhnout odtokové koncentrace N-celk na úrovni 14 mg.l⁻¹.

Požadavek na limitní odtokovou hodnotu **N-celk = 14 mg.l⁻¹** představuje nutnost dodržet odtokové koncentrace celkového anorganického dusíku TIN na úrovni cca 11,2 mg.l⁻¹. Potřeba dodržení této koncentrace TIN je výsledkem následující bilance forem dusíku ve vyčištěné odpadní vodě:

Únik nerozpuštěných látek do odtoku	NL = 10 mg.l ⁻¹
Maximální obsah dusíku v aktivovaném kalu	6 %
Množství partikulovaného org. dusíku v odtoku	XND = 0,06*10 = 0,6 mg.l ⁻¹
Množství rozpuštěného org. dusíku v odtoku	SND = 2,2 mg.l ⁻¹
Množství organického dusíku v odtoku	N-org = XND + SND = 2,8 mg.l ⁻¹
Požadavek na dosažení TIN v odtoku	N-celk – N-org = 14 – 2,8 = 11,2 mg.l ⁻¹

Požadavek na limitní odtokovou hodnotu **P-celk = 1,5 mg.l⁻¹** je řešen aplikací procesu chemického odstraňování srážením solemi železa.

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 $\mu_{A, \max} = 0,6 \text{ d}^{-1}$, zjištěná kalibrací matematického modelu a 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.

Aktivační linka je pro účely výpočtu v sub-etapě 1 rozdělena na šest sekcí, z nichž sekce 1 je uvažována jako anoxická sekce (denitrifikace I) v proudě vratného kalu, sekce 2 jako oxická regenerace kalu s koncentrací rozpuštěného kyslíku 1,0 mg.l⁻¹, sekce 3 jako anoxická (denitrifikace II), sekce 4 jako oxická s koncentrací rozpuštěného kyslíku 2,0 mg.l⁻¹, sekce 5 jako anoxická post-denitrifikace a sekce 6 jako oxická post-aerace s koncentrací rozpuštěného kyslíku 2,0 mg.l⁻¹. Nátok odpadní vody je ze 30 % zaveden do sekce denitrifikace I, zbývajících 70 % odpadní vody je společně s odtokem z regenerace zaveden do sekce 3 s anoxickými kultivačními podmínkami. Do sekce 5 je zaústěno dávkování externího

substrátu. Odtok do separačního stupně je realizován ze sekce 6. Z konce sekce nitrifikace (sekce 4) je do sekce denitrifikace II zaveden proud interní recirkulace aktivační směsi.

Výpočty jsou provedeny pro uspořádání aktivace dle Obr. 5 a objemové členění dle Tab. 4. Výpočty byly provedeny pro limitní nátokovou koncentraci $3,85 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ sušiny kalu na dosazovací nádrže (viz odstavec 6). Maximální výpočtová sušina kalu je uvažována pro minimální návrhovou teplotu aktivační směsi na úrovni $12,0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (viz odstavec 5.1). Při výpočtech je uvažováno s produkcí chemického kalu vzniklého simultánním srážením sloučenin fosforu (viz odstavec 7.3.1). 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.
- ❖ Velikost odvětvení přítoku do sekce denitrifikace I.
- ❖ Velikost interní recirkulace.
- ❖ Roční profil odtokové koncentrace celkového dusíku.

7.3.1 Chemické srážení fosforu

Pro účely zvýšené eliminace sloučenin fosforu z odpadních vod v rámci jejich biologického čištění je navrženo aplikovat mechanismus chemického simultánního srážení solemi železa. V Tab. 6 jsou uvedeny parametry procesu chemického srážení při respektování výhledových hydraulických a látkových zatěžovacích parametrů dle kapitoly 3.

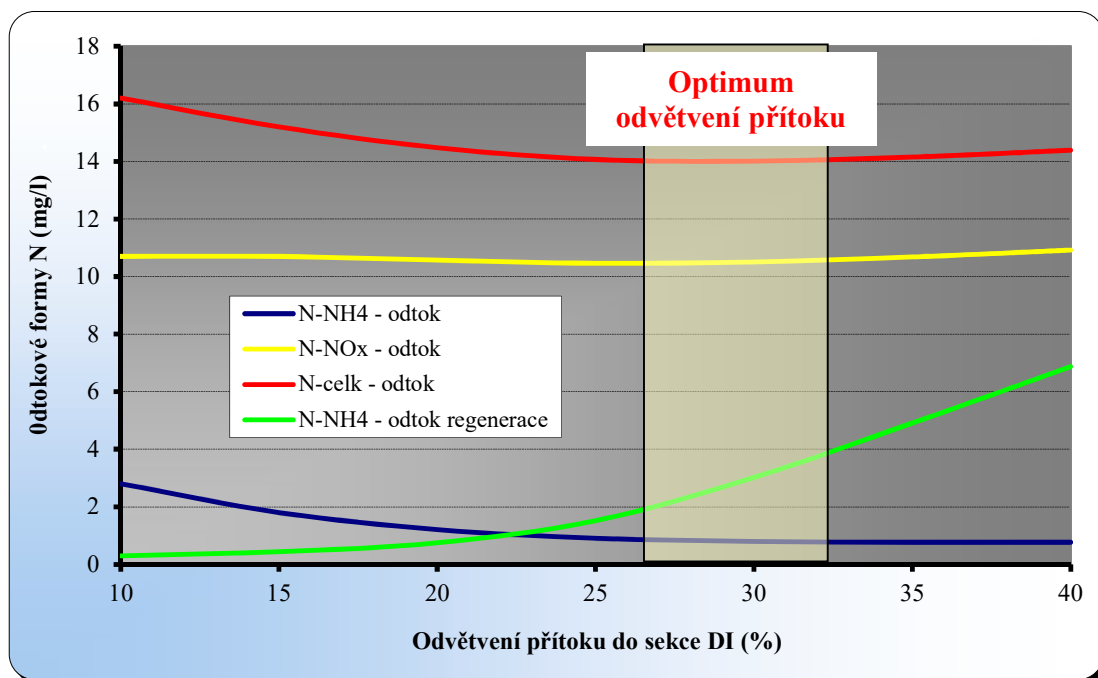
Tab. 6: Charakteristika procesu chemické eliminace sloučenin fosforu pro PČOV Vinoř.

Parametr	jednotka	hodnota
průměrný denní přítok	$\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$	3 190
celkové množství fosforu v přítoku	$\text{kg} \cdot \text{d}^{-1}$	31,0
koncentrace P-celk v odtoku	$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$	1,3
celkové množství fosforu v odtoku	$\text{kg} \cdot \text{d}^{-1}$	4,1
množství fosforu inkorporovaného do biomasy	$\text{kg} \cdot \text{d}^{-1}$	13,6
množství fosforu k odstranění	$\text{kg} \cdot \text{d}^{-1}$	13,3
molární poměr P:Fe	-	1,5
dávka železa	$\text{kg} \cdot \text{d}^{-1}$	36,2
objemové množství 40%-ního $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$	$\text{l} \cdot \text{d}^{-1}$	208
hmotnostní produkce chemického kalu	$\text{kg} \cdot \text{d}^{-1}$	89,8

Dávkování železité soli je navrženo zaústit do rozdělovacího objektu před reaktory DII aktivačního procesu. Potřebná kapacita dávkovacích čerpadel činí v optimálním rozmezí funkce cca $9 \text{ l} \cdot \text{h}^{-1}$.

7.3.2 Velikost odvětvení přítoku surové odpadní vody do reaktoru DI

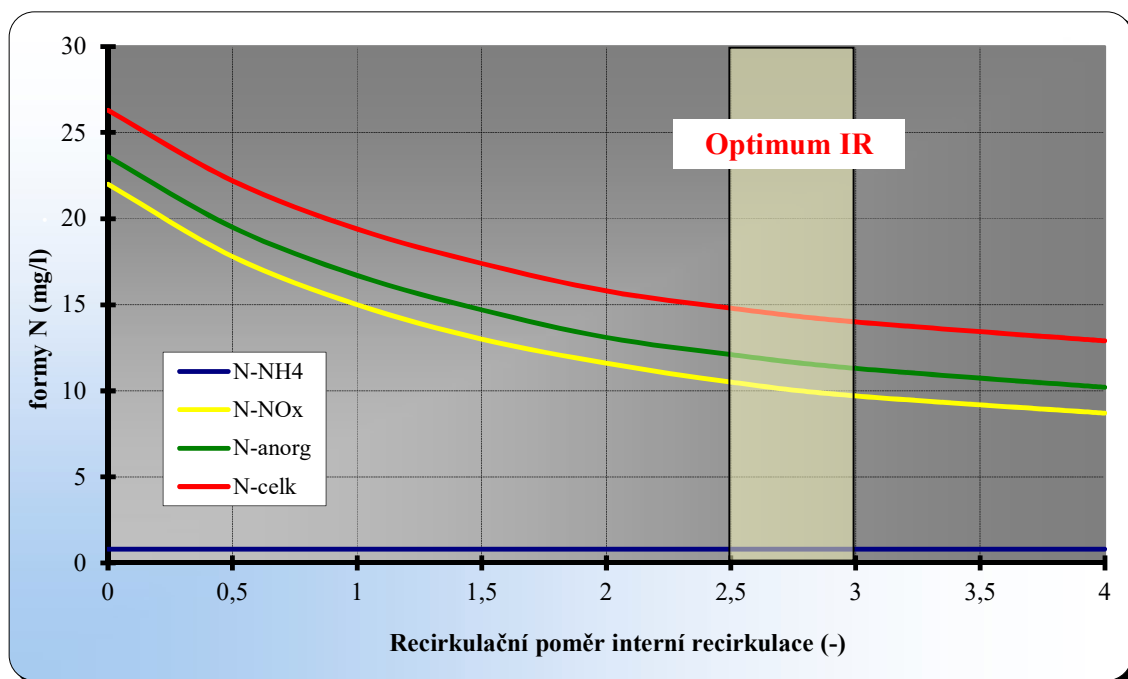
Na Obr. 6 jsou v grafické formě znázorněny výpočty optimální velikosti odvětvení přítoku surové odpadní vody do reaktoru DI. Z grafické závislosti je zřejmé, že se optimální množství odvětvení přítoku pohybuje na úrovni cca 30 % z celkové hodnoty průměrného výhledového nátoku odpadních vod. Odvětvění nátoku je navrženo realizovat v rozdělovacím objektu s požadovanou úměrnou přepadovou hranou pro průtoky na sekce DI a DII.



Obr. 6: Výpočet optimálního množství oddělení surových odpadních vod do reaktoru DI.

7.3.3 Velikost interní recirkulace

Pro zvolené uspořádání a objemové členění aktivačního systému byla kalkulována optimální hodnota poměru interní recirkulace aktivační směsi ze sekce N do sekce DII. Výsledky výpočtů jsou v grafické formě prezentovány na Obr. 7. Z grafického výstupu je zřejmé, že se optimální velikost interní recirkulace aktivační směsi pohybuje v rozmezí 250 až 300 % průměrného výhledového denního přítoku odpadních vod. Pro výhledové zatěžovací parametry je možno doporučit hodnotu recirkulačního poměru aktivační směsi na horní hranici kalkulovaného intervalu, tj. cca 300 % průměrného denního průtoku odpadních vod, tedy $9\,570\text{ m}^3\cdot\text{d}^{-1}$ pro obě linky. Pro jednu aktivační linku činí optimální potřebný výkon čerpadla interní recirkulace cca $55\text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$.



Obr. 7: Výpočet optimální velikosti interní recirkulace aktivační směsi.

7.3.4 Technologické parametry aktivačního procesu

Základní technologické parametry aktivačního systému PČOV Vinoř při zatížení odpovídajícím 16 500 EO dle ukazatele BSK₅ jsou pro ustálený stav uvedeny v Tab. 7. Výpočty ukazují, že systém bude pracovat jako nízko zatížená aktivace. Výpočet nedynamického stavu je proveden s konstantním hydraulickým a látkovým zatížením ČOV během dne. Složení odtoku je dle výpočtu systému ve stacionárním stavu uvedeno v Tab. 8.

Tab. 7: Základní technologické parametry aktivačního procesu PČOV Vinoř po intenzifikaci při zatížení na úrovni 16 500 EO dle ukazatele BSK₅.

Parametr	jednotka	hodnota
Zatížení ČOV a aktivace v EO dle BSK ₅	EO	16 500
Zatížení ČOV a aktivace v EO dle CHSK	EO	20 630
Zatížení aktivace BSK ₅	kg.d ⁻¹	990
Zatížení aktivace CHSK	kg.d ⁻¹	2 476
Hydraulické zatížení – Q ₂₄	m ³ .d ⁻¹	3 190
Odvětvění přítoku do sekce anoxické regenerace	m ³ .d ⁻¹	957
Objem aktivace	m ³	4 767
z toho objem anoxické regenerace – DI	m ³	160
z toho objem oxické regenerace – R	m ³	673
z toho objem denitrifikace – DII	m ³	867
z toho objem nitrifikace - N	m ³	2 818
z toho objem post-denitrifikace	m ³	155
z toho objem post-aerace	m ³	94
Minimální výpočtová teplota - T _{min}	°C	12,0

Průměrná výpočtová teplota - $T_{\text{prům}}$	°C	16,5
Koncentrace biomasy v regeneraci při $T_{\text{min}} = 12,0$ °C	kg.m ⁻³	5,56
Koncentrace biomasy v nitrifikaci při $T_{\text{min}} = 12,0$ °C	kg.m ⁻³	3,85
Recirkulační poměr vratného kalu	% Q_{24}	100
	m ³ .d ⁻¹	3 190
Recirkulační poměr interní recirkulace	% Q_{24}	300
	m ³ .d ⁻¹	9 570
Dávka externího substrátu – lehce rozložitelná CHSK	kg.d ⁻¹	45
Hydraulická doba zdržení v hlavním proudu	h	29,0
Stáří kalu při $T_{\text{min}} = 12,0$ °C	d	17,2
Zásoba kalu v systému	kg	19 780
Produkce kalu při $T_{\text{min}} = 12,0$ °C (včetně chem. kalu)	kg.d ⁻¹	1 150
Koncentrace kyslíku v regeneraci a post-aeraci	g.m ⁻³	1,0
Koncentrace kyslíku v nitrifikaci	g.m ⁻³	2,0
Objemové zatížení CHSK (hlavní proud)	kg.m ⁻³ .d ⁻¹	0,642
Objemové zatížení BSK ₅ (hlavní proud)	kg.m ⁻³ .d ⁻¹	0,257
Zatížení kalu CHSK (celý systém)	kg.kg ⁻¹ .d ⁻¹	0,125
Zatížení kalu BSK ₅ (celý systém)	kg.kg ⁻¹ .d ⁻¹	0,050
Zatížení kalu N-celk (celý systém)	kg.kg ⁻¹ .d ⁻¹	0,014
Typ systému	zatížení	nízké

Tab. 8: Vypočtené odtokové parametry ČOV Vinoř při zatížení na úrovni 16 500 EO, stacionární stav.

Ukazatel	jednotka	12,0 °C	21 °C
CHSK	mg.l ⁻¹	42	37
BSK ₅	mg.l ⁻¹	7,0	6,5
NL	mg.l ⁻¹	11	8
N-NH ₄	mg.l ⁻¹	2,0	0,1
N-NO _x	mg.l ⁻¹	9,5	9,6
N-celk	mg.l ⁻¹	14,2	12,4
P-celk*	mg.l ⁻¹	1,3	1,8

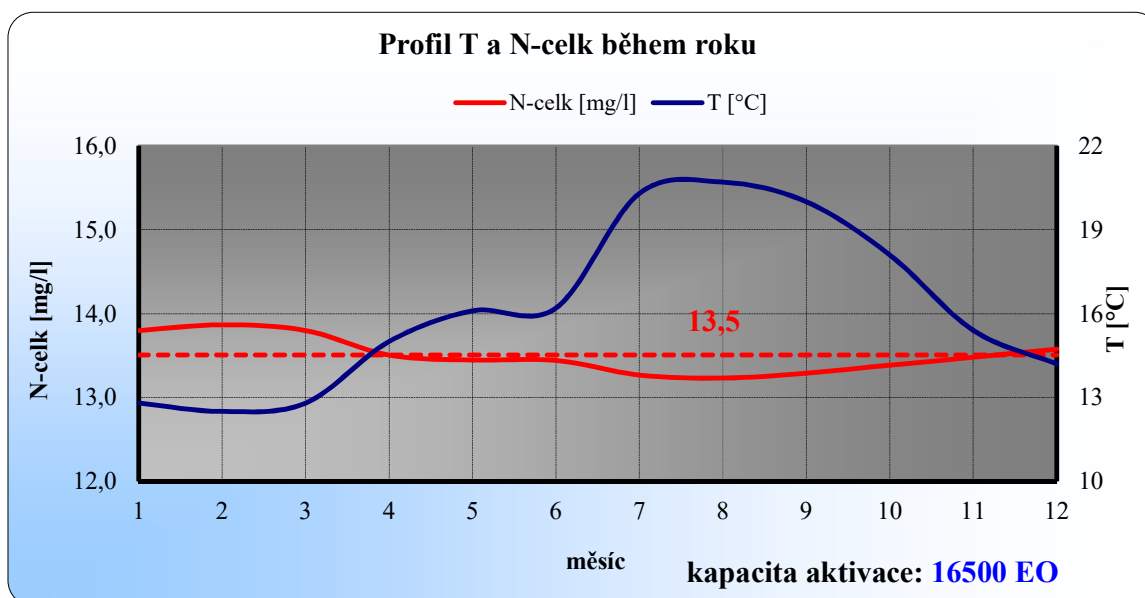
- Chemické simultánní srážení, 208 l.d⁻¹ 40%-ního síranu železitého.

7.4 Výpočet ročního profilu odtokové koncentrace N-celk

Hodnocení složení odtoku dle NV 401/2015 Sb. v platném znění je založeno na principu ročního průměru z odtokových koncentrací N-celk a P-celk. Tento princip umožňuje v některých obdobích roku překračovat stanovený limit a v jiné části roku naopak dosahovat hodnot výrazně nižších takovým způsobem, aby roční průměr byl pod stanoveným limitem. Podmínkou je u ukazatele N-celk však výše uváděné a vysvětlené udržení stabilní nitrifikace i při minimálních sledovaných teplotách odpadních vod.

Za účelem ověření roční odtokové koncentrace N-celk byl použit roční profil teplot PČOV Vinoř z Obr. 1. Výsledky výpočtů jsou prezentovány na Obr. 8, ze kterého je možno odečíst, že pokud se v systému podaří udržet stabilní nitrifikaci během celého roku, bude s dávkou

externího substrátu na úrovni cca 45 kg.d^{-1} lehce rozložitelné CHSK bezpečně dosaženo průměrné odtokové koncentrace v ukazateli N-celk pod 14 mg.l^{-1} .



Obr. 8: Roční profil odtokové koncentrace N-celk v závislosti na teplotě aktivační směsi.

V případě standardních typů průmyslově připravovaných externích substrátů se koncentrace CHSK pohybuje na úrovni 1 kg.kg^{-1} a hustota v rozmezí $1,1$ až $1,25 \text{ kg.m}^{-3}$. V případě bude-li činit využitelná CHSK externího substrátu alespoň 50 % bude činit denní potřebná dávka cca 70 l.d^{-1} . Pro účely uskladnění externího substrátu je možno navrhnout zásobní nádrž o objemu 15 m^3 (zásoba na cca 210 dní) a dávkovací stanicí pracující v rozsahu $0 - 8 \text{ l.h}^{-1}$.

7.5 Výpočet potřeby kyslíku a vzduchu pro reálný dynamický stav

Pro výhledové zatěžovací parametry PČOV Vnoř na úrovni 18 400 EO dle ukazatele BSK_5 byla kalkulována potřeba kyslíku a vzduchu. Výpočty potřeby kyslíku a vzduchu jsou provedeny 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 OC_p je použito matematické simulace procesu v dynamickém stavu s fluktuací zatížení dle hydraulického denního profilu a dále postupováno dle TNV 75 6613. Potřeba kyslíku a vzduchu byla počítána prostřednictvím matematického modelu z hodnot OUR pro maximální návrhovou teplotu 21°C . Pro výpočet OC_{st} a množství vzduchu byly uvažovány následující hodnoty

teplota	12 a 21°C
hloubka ponoru aeračních elementů	
regenerace	4,75 m
nitrifikace	4,75 m
výpočtová koncentrace rozpuštěného kyslíku	
regenerace	$1,0 \text{ mg.l}^{-1}$
nitrifikace	$2,0 \text{ mg.l}^{-1}$
post-aerace	$1,0 \text{ mg.l}^{-1}$

koef. alfa	0,7
koef. beta	0,95
specifické využití kyslíku ze vzduchu	5,5 %.m ⁻¹
nadmořská výška	268 m n. m.

Za účelem určení hodnoty čisté potřeby kyslíku v ustáleném stavu byly vypočteny hodnoty OCp, OCst a Q_{vzduchu} v příslušných reaktorech aktivačního procesu. Situace je pro minimální teplotu 12 °C a hodnotu k_d = 1,0 (Q₂₄) uvedena v Tab. 9 a pro maximální výpočtovou teplotu 21 °C a hodnotu k_d = 1,06 (Q_d) Tab. 10. Graficky je výpočet potřeby vzduchu uveden na Obr. 9 a Obr. 10.

Tab. 9: Výpočet minimální potřeby vzduchu, průtok Q₂₄ a teplotu 12 °C.

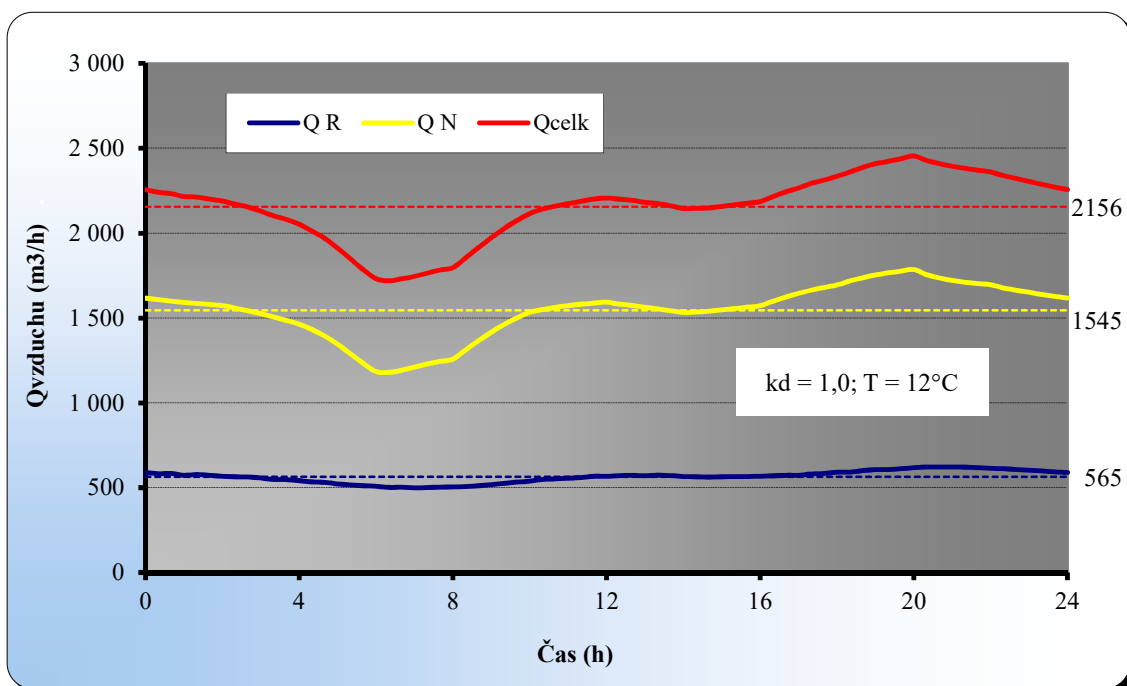
Q₂₄	R	N	PA	Celkem
OCp	kg.d⁻¹	kg.d⁻¹	kg.d⁻¹	kg.d⁻¹
průměr	485	1 326	39	1 851
maximum	535	1 533	43	2 111
minimum	429	1 013	29	1 471
OCst	kg.d⁻¹	kg.d⁻¹	kg.d⁻¹	kg.d⁻¹
průměr	883	2 414	65	3 368
maximum	973	2 789	72	3 841
minimum	781	1 843	49	2 677
Qvz	kg.d⁻¹	m³.h⁻¹	m³.h⁻¹	kg.d⁻¹
průměr	565	1 545	46	2 156
maximum	623	1 785	51	2 454
minimum	500	1 180	34	1 719

Tab. 10: Výpočet maximální potřeby vzduchu pro průtok Q_d a teplotu 21 °C.

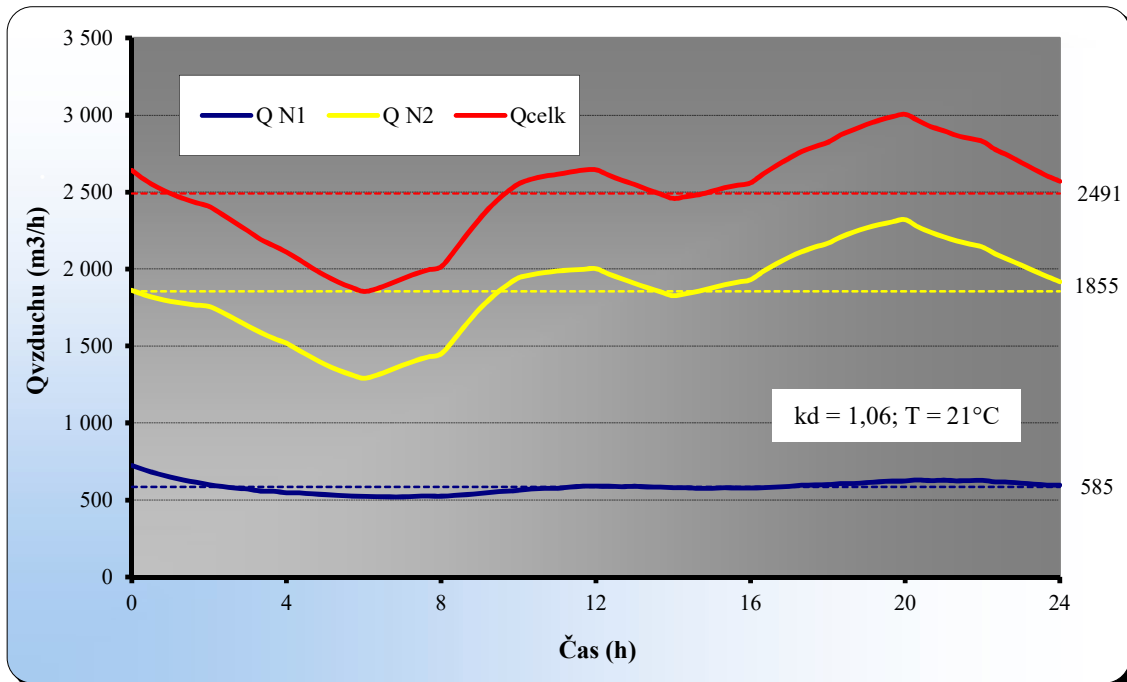
Q_d	R	N	PA	Celkem
OCp	kg.d⁻¹	kg.d⁻¹	kg.d⁻¹	kg.d⁻¹
průměr	475	1 506	42	2 022
maximum	588	1 884	50	2 522
minimum	422	1 048	33	1 503
OCst	kg.d⁻¹	kg.d⁻¹	kg.d⁻¹	kg.d⁻¹
průměr	913	2 898	81	3 892
maximum	1 131	3 626	96	4 853
minimum	813	2 017	63	2 892
Qvz	kg.d⁻¹	m³.h⁻¹	m³.h⁻¹	kg.d⁻¹
průměr	585	1 855	52	2 491
maximum	724	2 321	61	3 005
minimum	520	1 291	40	1 855

Dimenzování aeračního zařízení a zdrojů vzduchu je **pro výhledové zatěžovací parametry** a pro teplotu 21 °C nutno provést na maximální hodnotu Q_{vzduchu} dle Tab. 10, tj. 3 005 m³.h⁻¹ a minimální množství vzduchu při 12,0 °C dle Tab. 9 na úrovni 1 719 m³.h⁻¹ s patřičným

rozdělením do jednotlivých aerovaných sekcí systému. Zároveň je nutno zohlednit dodržení minimální intenzity aerace v provzdušňovaných sekcích na úrovni cca $0,45 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h}^{-1}$.



Obr. 9: Průběh potřeby Q_{vzduchu} pro teplotu $12,0 \text{ °C}$ a přítok Q_{24} .



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

8 ODVOD A ZPRACOVÁNÍ PŘEBYTEČNÉHO KALU

Přebytečný aktivovaný kal bude periodicky odváděn z proudu vratného kalu ke strojnímu zahuštění s dávkováním organického flokulantu. Strojně zahuštěný kal bude přečerpáván do nové uskladňovací nádrže přebytečného kalu vybavené středobublinným aeračním systémem. Aerobně stabilizovaný kal bude odvodňován na nově instalovaném odvodňovacím zařízení.

8.1 Výhledová produkce přebytečného aktivovaného kalu

V Tab. 11 je uvedena produkce přebytečného aktivovaného kalu při respektování výhledových látkových a zatěžovacích parametrů biologického stupně dle Tab. 1 a Tab. 2. Přebytečný aktivovaný kal bude odebírán z okruhu vratného kalu. Přebytečný aktivovaný kal bude přepouštěn do homogenizační jímky před strojním zahuštěním kalu.

Tab. 11: Výhledová produkce přebytečného aktivovaného kalu na PČOV Vinoř.

Ukazatel	jednotka	hodnota
hmotnostní množství přebytečného aktivovaného kalu	kg.d ⁻¹	1 150
koncentrace sušiny přebytečného aktivovaného kalu	kg.m ⁻³	7,7
objemová produkce přebytečného aktivovaného kalu	m ³ .d ⁻¹	150

8.2 Strojní zahuštění přebytečného aktivovaného kalu

Pro účely strojního zahuštění přebytečného aktivovaného kalu bude instalováno zahušťovací zařízení s kompletním chemickým hospodářstvím pro přípravu a dávkování roztoku organického flokulantu. V Tab. 12 jsou uvedeny základní parametry stupně strojního zahuštění přebytečného aktivovaného kalu.

Tab. 12: Výhledové parametry stupně strojního zahuštění přebytečného aktivovaného kalu.

Ukazatel	jednotka	hodnota
hmotnostní množství přebytečného akt. kalu	kg.d ⁻¹	1 150
objemové množství přebytečného akt. kalu	m ³ .d ⁻¹	150
koncentrace sušiny po strojním zahuštění	kg.m ⁻³	35
objemové množství přeby. kalu po strojním zahuštění	m ³ .d ⁻¹	33

8.3 Aerobní stabilizace zahuštěného přebytečného aktivovaného kalu

Strojně zahuštěný kal bude aerobně stabilizován v uskladňovací nádrži vybavené středobublinným aeračním systémem. Dodávka vzduchu bude zajištěna instalovaným dmychadlem. V Tab. 13 jsou uvedeny hlavní technické a technologické parametry aerobní stabilizace kalu na nové městské PČOV Vinoř.

Tab. 13: Hlavní technické a technologické parametry kalového hospodářství PČOV Vinoř.

Parametr	jednotka	hodnota
----------	----------	---------

objem uskladňovací nádrže	m ³	1 227
objemová produkce zahuštěného přebytečného kalu	m ³ .d ⁻¹	33
doba zdržení v uskladňovací nádrži	d	37

8.4 Odvodnění aerobně stabilizovaného kalu

Pro účely odvodnění aerobně stabilizovaného kalu bude instalováno nové zařízení s kompletním chemickým hospodářstvím pro přípravu a dávkování roztoku organického flokulantu. V Tab. 14 jsou uvedeny základní parametry stupně odvodnění aerobně stabilizovaného kalu.

Tab. 14: Výhledové parametry stupně odvodnění aerobně stabilizovaného kalu.

Ukazatel	jednotka	hodnota
hmotnostní množství aerob. stabilizovaného kalu	kg.d ⁻¹	1 150
objemové množství aerob. stabilizovaného kalu	m ³ .d ⁻¹	33
koncentrace sušiny	kg.m ⁻³	35

9 VÝPOČET D-R-D-N-PDN-PA PROCESU PRO ZATÍŽENÍ 13 500 EO

9.1 Technologické parametry aktivačního procesu

Základní technologické parametry aktivačního systému PČOV Vnoř při zatížení odpovídajícím 13 500 EO dle ukazatele BSK₅ jsou pro ustálený stav uvedeny v Tab. 7. Výpočty ukazují, že systém bude pracovat jako nízko zatížená aktivace se hodnotou stáří kalu na úrovni cca 21,7 d, což je úroveň běžně používaná při návrhu aktivačních procesů. Hodnota zatížení kalu na úrovni 0,042 kg.kg⁻¹.d⁻¹ dle ukazatele BSK₅ nebude představovat žádné nebezpečí rozpadu vloček a autolýzy aktivovaného kalu. Výpočet nedynamického stavu je proveden s konstantním hydraulickým a látkovým zatížením ČOV během dne. Složení odtoku je dle výpočtu systému ve stacionárním stavu uvedeno v Tab. 15.

Tab. 15: Základní technologické parametry aktivačního procesu PČOV Vnoř po intenzifikaci při zatížení na úrovni 13 500 EO dle ukazatele BSK₅.

Parametr	jednotka	hodnota
Zatížení ČOV a aktivace v EO dle BSK ₅	EO	13 500
Zatížení ČOV a aktivace v EO dle CHSK	EO	20 630
Zatížení aktivace BSK ₅	kg.d ⁻¹	810
Zatížení aktivace CHSK	kg.d ⁻¹	2 025
Hydraulické zatížení – Q ₂₄	m ³ .d ⁻¹	2 610
Odvětvění přítoku do sekce anoxické regenerace	m ³ .d ⁻¹	783
Objem aktivace	m ³	4 767
z toho objem anoxické regenerace – DI	m ³	160
z toho objem oxické regenerace – R	m ³	673
z toho objem denitrifikace – DII	m ³	867

z toho objem nitrifikace - N	m ³	2 818
z toho objem post-denitrifikace	m ³	155
z toho objem post-aerace	m ³	94
Minimální výpočtová teplota - T _{min}	°C	12,0
Průměrná výpočtová teplota - T _{prům}	°C	16,5
Koncentrace biomasy v regeneraci při T _{min} = 12,0 °C	kg.m ⁻³	5,23
Koncentrace biomasy v nitrifikaci při T _{min} = 12,0 °C	kg.m ⁻³	3,85
Recirkulační poměr vratného kalu	% Q ₂₄	122
	m ³ .d ⁻¹	3 190
Recirkulační poměr interní recirkulace	% Q ₂₄	367
	m ³ .d ⁻¹	9 570
Dávka externího substrátu – lehce rozložitelná CHSK	kg.d ⁻¹	30
Hydraulická doba zdržení v hlavním proudu	h	35,5
Stáří kalu při T _{min} = 12,0 °C	d	21,8
Zásoba kalu v systému	kg	19 503
Produkce kalu při T _{min} = 12,0 °C (včetně chem. kalu)	kg.d ⁻¹	894
Koncentrace kyslíku v regeneraci a post-aeraci	g.m ⁻³	1,0
Koncentrace kyslíku v nitrifikaci	g.m ⁻³	2,0
Objemové zatížení CHSK (hlavní proud)	kg.m ⁻³ .d ⁻¹	0,525
Objemové zatížení BSK ₅ (hlavní proud)	kg.m ⁻³ .d ⁻¹	0,210
Zatížení kalu CHSK (celý systém)	kg.kg ⁻¹ .d ⁻¹	0,104
Zatížení kalu BSK ₅ (celý systém)	kg.kg ⁻¹ .d ⁻¹	0,042
Zatížení kalu N-celk (celý systém)	kg.kg ⁻¹ .d ⁻¹	0,012
Typ systému	zatížení	nízké

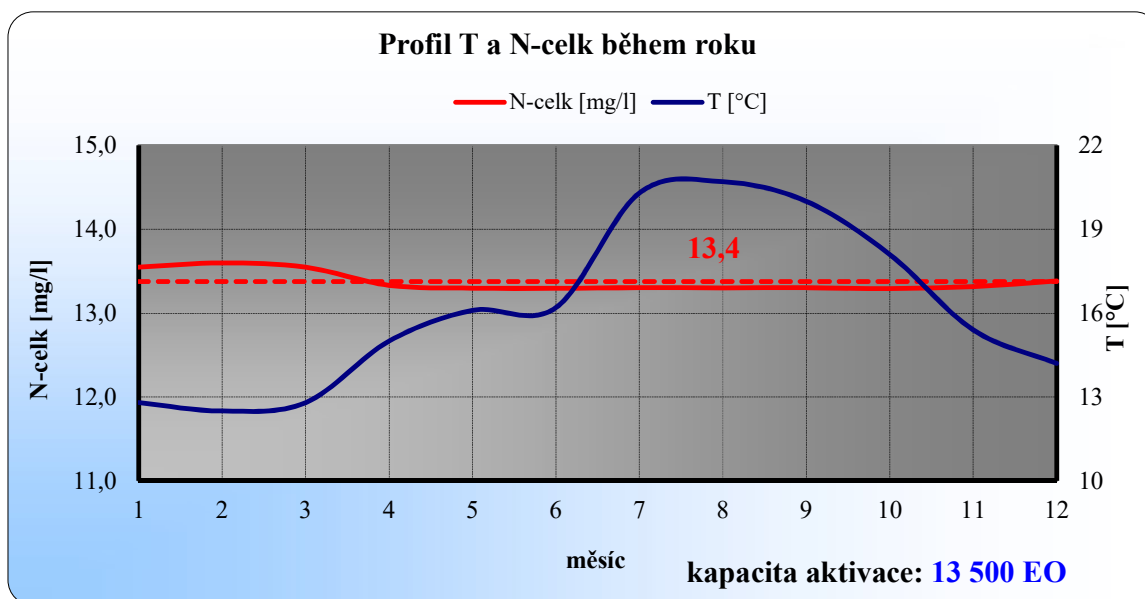
Tab. 16: Vypočtené odtokové parametry ČOV Vinoř při zatížení na úrovni 13 500 EO, stacionární stav.

Ukazatel	jednotka	12,0 °C	21 °C
CHSK	mg.l ⁻¹	42	37
BSK ₅	mg.l ⁻¹	7,0	6,5
NL	mg.l ⁻¹	11	8
N-NH ₄	mg.l ⁻¹	0,4	0,1
N-NO _x	mg.l ⁻¹	9,4	9,0
N-celk	mg.l ⁻¹	12,5	11,8
P-celk*	mg.l ⁻¹	1,3	1,8

- Chemické simultánní srážení, 170 l.d⁻¹ 40%-ního síranu železitého.

9.2 Výpočet ročního profilu odtokové koncentrace N-celk

Za účelem ověření roční odtokové koncentrace N-celk při zatížení odpovídajícím 13 500 EO dle ukazatele BSK₅ byl použit roční profil teplot PČOV Vinoř z Obr. 1. Výsledky výpočtů jsou prezentovány na Obr. 11, ze kterého je možno odečíst, že s dávkou externího substrátu na úrovni cca 30 kg.d⁻¹ lehce rozložitelné CHSK bude bezpečně dosaženo průměrné odtokové koncentrace v ukazateli N-celk pod 14 mg.l⁻¹.



Obr. 11: Roční profil odtokové koncentrace N-celk v závislosti na teplotě aktivací směsi.

10 ZÁVĚR

Výše prezentovaný materiál představuje technologické výpočty intenzifikace kompletní vodní a kalové linky PČOV Vinoř pro výhledové zatěžovací parametry na úrovni 16 500 EO dle ukazatele BSK₅ při respektování požadavků na složení finálního odtoku v souladu s NV 401/2015 Sb. v platném znění. Kontrolní přepočtení je následně provedeno pro kapacitu na úrovni 13 500 EO dle ukazatele BSK₅, která představuje zatěžovací variantu bez připojení obce Jenštejn. Na základě formulovaných úprav a provedených výpočtů lze sumarizovat níže prezentované závěry.

- Pro účely výpočtů byly odvozeny hydraulické a látkové zatěžovací parametry reprezentující výhledové zatěžovací parametry na úrovni 16 500 ekvivalentních obyvatel dle ukazatele BSK₅ prezentované v následující tabulce.

Ukazatel	m ³ .d ⁻¹	l.s ⁻¹
Průměrný denní přítok	3 190	36,9
Maximální přítok do biologického stupně	-	105,3
Ukazatel	kg.d ⁻¹	mg.l ⁻¹
BSK ₅	990	310,3
CHSK _{Cr}	2 476	776,0
NL	1 137	356,0
N-NH ₄	169	53,0
N-celk	281	88,0
P-celk	30,9	9,7

- Požadavky na složení finálního odtoku respektují NV č. 405/2015 Sb. v platném znění dle přílohy 7, tabulky 1 pro „nejlepší dostupné technologie“ likvidace odpadních vod reprezentované v následující tabulce.

Ukazatel	jednotka	hodnota „p“	hodnota „m“	celoroční průměr
BSK ₅	mg.l ⁻¹	14	20	-
CHSK	mg.l ⁻¹	60	100	-
NL	mg.l ⁻¹	18	25	-
N-celk	mg.l ⁻¹	-	25	14,0
P-celk	mg.l ⁻¹	-	3,0	1,5

3. Intenzifikace biologického stupně představuje realizaci aktivačního procesu na bázi D-R-D-N-Pdn-PA systému se separací kalu od vyčištěné vody ve dvojici podélných, horizontálně protékajících dosazovacích nádrží. Pro výhledové zatěžovací parametry na úrovni 16 500 EO bude aktivační proces disponovat technologickými parametry prezentovanými v následující tabulce.

Parametr	jednotka	hodnota
Zatížení ČOV a aktivace v EO dle BSK ₅	EO	16 500
Zatížení ČOV a aktivace v EO dle CHSK	EO	20 630
Zatížení aktivace BSK ₅	kg.d ⁻¹	990
Zatížení aktivace CHSK	kg.d ⁻¹	2 476
Hydraulické zatížení – Q ₂₄	m ³ .d ⁻¹	3 190
Odvětvění přítoku do sekce anoxické regenerace	m ³ .d ⁻¹	957
Objem aktivace	m ³	4 767
z toho objem anoxické regenerace – DI	m ³	160
z toho objem oxické regenerace – R	m ³	673
z toho objem denitrifikace – DII	m ³	867
z toho objem nitrifikace - N	m ³	2 818
z toho objem post-denitrifikace	m ³	155
z toho objem post-aerace	m ³	94
Minimální výpočtová teplota - T _{min}	°C	12,0
Průměrná výpočtová teplota - T _{prům}	°C	16,5
Koncentrace biomasy v regeneraci při T _{min}	kg.m ⁻³	5,56
Koncentrace biomasy v nitrifikaci při T _{min}	kg.m ⁻³	3,85
Recirkulační poměr vratného kalu	% Q ₂₄	100
	m ³ .d ⁻¹	3 190
Recirkulační poměr interní recirkulace	% Q ₂₄	300
	m ³ .d ⁻¹	9 570
Dávka ExS – lehce rozložitelná CHSK	kg.d ⁻¹	45
Hydraulická doba zdržení v hlavním proudu	h	29,0
Stáří kalu při T _{min} = 12,0 °C	d	17,2
Zásoba kalu v systému	kg	19 780
Produkce kalu při T _{min} (včetně chem. kalu)	kg.d ⁻¹	1 150
Koncentrace kyslíku v regeneraci a post-aeraci	g.m ⁻³	1,0
Koncentrace kyslíku v nitrifikaci	g.m ⁻³	2,0
Objemové zatížení CHSK (hlavní proud)	kg.m ⁻³ .d ⁻¹	0,642
Objemové zatížení BSK ₅ (hlavní proud)	kg.m ⁻³ .d ⁻¹	0,257

Zatížení kalu CHSK (celý systém)	kg.kg ⁻¹ .d ⁻¹	0,125
Zatížení kalu BSK ₅ (celý systém)	kg.kg ⁻¹ .d ⁻¹	0,050
Zatížení kalu N-celk (celý systém)	kg.kg ⁻¹ .d ⁻¹	0,014
Typ systému	zatížení	nízké

Recirkulace vratného kalu

- Recirkulace vratného kalu bude provozována řízeně v závislosti na průtoku odpadní vody. Minimální hodnota průtoku vratného kalu z dvojice dosazovacích nádrží bude zajištěna na úrovni 80 % nominálního průtoku Q_{24} , tj. na hodnotě cca 2 550 m³.d⁻¹. Maximální hodnota průtoku vratného kalu bude zajištěna na úrovni 153 % nominálního průtoku Q_{24} , tj. na hodnotě 4 900 m³.d⁻¹.
- Velikost recirkulace vratného kalu je v průměru kalkulována na úrovni 100 % nominálního průtoku Q_{24} , tj. na hodnotě 3 190 m³.d⁻¹.

Recirkulace interní

- Interní recirkulace je v optimu uvažována na úrovni 300 % nominálního průtoku Q_{24} , tj. na hodnotě 9 570 m³.d⁻¹ pro obě aktivační linky. Pro jednu aktivační linku činí optimální potřebný výkon čerpadla interní recirkulace cca 55 l.s⁻¹.

Dávkování železité soli

- Dosažení požadované odtokové koncentrace celkového fosforu je navrženo technologií chemického simultánního srážení železitou solí. Dávkování železité soli je možno zaústit do rozdělovacího objektu před denitrifikační sekce DII v hlavním proudu aktivačního procesu. Kalkulovaná průměrná potřeba železité soli činí v cca 208 l.d⁻¹ 40 %-ního roztoku síranu železitého. Potřebná kapacita dávkovacího čerpadla činí v optimálním rozmezí funkce cca 9 l.h⁻¹.

Dávkování externího substrátu

- K bezpečnému zajištění odtokové koncentrace v ukazateli celkového dusíku pod 14 mg.l⁻¹ je nutné dávkování externího substrátu v množství odpovídajícím cca 45 kg.d⁻¹ lehce rozložitelné CHSK. V případě použití standardních typů průmyslově připravovaných externích substrátů je možno uvažovat se zásobní nádrží o objemu cca 15 m³ (zásoba na cca 210 dní) a dávkovací stanicí pracující v rozsahu 0 – 8 l.h⁻¹.
4. Kontrolní přepočít funkce PČOV Vinoř byl proveden i pro zatěžovací parametry odpovídajícím 13 500 EO dle ukazatele BSK₅. Výpočty ukazují, že systém bude pracovat jako nízko zatížená aktivace s hodnotou stáří kalu na úrovni cca 21,8 dne, což je úroveň běžně používaná při návrhu aktivačních procesů. Hodnota zatížení kalu na úrovni 0,042 kg.kg⁻¹.d⁻¹ dle ukazatele BSK₅ nebude představovat nebezpečí rozpadu vloček a autolýzy aktivovaného kalu. Dosažení složení odtoku plní požadavky NV 401/2015 Sb. v platném znění pro „nejlepší dostupné technologie“ likvidace odpadních vod. V případě provozu dosazovacích nádrží bude při nastavením shodném jako v případě kapacity 16 500 EO dosaženo vyšších hodnot recirkulačních poměrů. Kalkulovaná hodnota doby zdržení při započtení recirkulace kalu na úrovni cca 9 h nebude generovat nebezpečí rozkladu a výnosu kalu do finálního odtoku.

Co se technologických parametrů týká, může být biologický stupeň ČOV provozován i při zatížení cca 7500 EO s nižší sušinou, než uvažovala varianta 1. Na místo

3,85 kg.m⁻³ je možno doporučit cca 2,5 kg.m⁻³. Celková hodnota stáří kalu se pak pro zatížení 7 500 EO bude pohybovat na úrovni přes 31 dnů, což není možno považovat za nijak extrémní hodnotu. Provozu bude nezbytné jen přizpůsobit chod dmychadel (start-stop) tak, aby bylo dosaženo optimálních koncentrací kyslíku a minimalizovaná spotřeba el. energie. S ohledem na skutečnost, že je již pro etapu 1 uvažováno s maximálním nátokem odpovídajícím výhledu, nebude ani provoz dosazovacích nádrží negativně ovlivněn. Půjde opět jen o optimalizaci průtoku vratného kalu.