



ČISTÍRNA ODPADNÍCH VOD ZLONICE



POSOUZENÍ REÁLNÉ KAPACITY A NÁVRH INTENZIFIKACE
ČOV 2500 EO

Praha 2022

OBSAH :

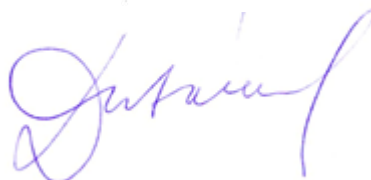
1. ÚVOD, CÍL STUDIE.....	2
2. CHAREKTERISTIKA ČOV.....	3
2.1. ROZDĚLOVACÍ ŠACHTA	4
2.2. ČERPAČÍ JÍMKY ODPADNÍCH VOD A MECHANICKÉ PŘEDČIŠTĚNÍ	4
2.3. BIOLOGICKÉ ČIŠTĚNÍ	5
2.3.1. Aktivační nádrže	5
2.3.2. Dosazovací nádrž.....	6
2.4. MĚŘENÍ ODTOKU	7
2.5. KALOVÉ HOSPODÁŘSTVÍ	7
3. MONITOROVACÍ KAMPAŇ	7
3.1. METODIKA A POSTUP PRACÍ	7
3.2. HYDRAULICKÉ ZATÍŽENÍ TECHNOLOGIE ČOV	8
3.3. LÁTKOVÉ ZATÍŽENÍ TECHNOLOGIE ČOV	10
4. POSOUZENÍ KAPACITY V NÁVRHOVÉM ŘEŠENÍ 2000 EO	10
5. AKTUÁLNÍ ZATÍŽENÍ TECHNOLOGIE ČOV A DISPONIBILNÍ REZERVA.....	14
6. VÝHLEDOVÉ ZATÍŽENÍ ČOV 2500 EO	17
6.1. DISPOZICE ČOV 2500 A ODHAD REALIZAČNÍCH NÁKLADŮ	21
7. ZHODNOCENÍ A ZÁVĚR	22
Příloha 1. Protokoly analytických rozborů	

V Praze dne 28.11.2022

Zpracovali :

Ing. Břetislav Krňávek, PhD.

RNDr. Václav Dubánek



1. ÚVOD, CÍL STUDIE

Cílem předkládané technologické studie je objektivní posouzení reálné kapacity technologické linky ČOV Zlonice 2000 EO s přihlédnutím k aktuálním limitům platného VPR, výpočtové ověření původních návrhových parametrů a návrh intenzifikace čistírny odpadních vod v souladu s požadavkem objednatele na výhledovou kapacitu 2500 EO.

Na základě statistického vyhodnocení aktuálních provozních údajů a výsledků 7 denního monitoringu složení odpadních vod natékajících do technologické linky ČOV Zlonice bylo posouzeno aktuální provozní zatížení ČOV a propočtena reálná kapacita instalovaného technologického zařízení.

Z technologického ověření návrhových parametrů ČOV ve vztahu k provozním údajům a výsledkům monitoringu byla na základě technologického výpočtu navržena koncepce intenzifikace technologické linky ČOV Zlonice na obcí požadovanou cílovou kapacitu 2500 EO.

Obr.1. ČOV Zlonice – provozní objekt a zásobník koagulantu.



Za účelem čištění odpadních vod z obce Zlonice byla v roce 2001 ukončena výstavba čistírny odpadních vod s udávanou kapacitou 2 000 EO a s povolením zkušebního provozu, který mohl být ukončen až v roce 2007. Čistírna byla projektována projekční kanceláří PIK Vítek a dodavatelem technologie byla firma EKOFLUID GROUP.

Vypouštění odpadních vod do vod povrchových Zlonického potoka bylo povolen rozhodnutím MUSLANY/1617/2022/OŽP ze dne 10.1.2022 na dobu do 31.12.2031. Limity aktuálního vodoprávního povolení uvádíme v tabulce 1. na následující straně.

Odpadní vody jsou na čistírnu přiváděny oddílnou gravitační kanalizační sítí, avšak po rozšíření stokové sítě lze charakterizovat stokovou síť městyse převážně jako jednotnou. Vyčištěná voda z ČOV odtéká gravitačním potrubím do recipientu Zlonického potoka.

Cílem předkládané studie je posoudit stávající technologii ČOV, charakterizovat maximální kapacitu ČOV a navrhnout případnou intenzifikaci ČOV pro cílovou kapacitu 2500 EO.

Tabulka 1. Limity aktuálního vodoprávního povolení.

ukazatel	průměr	max	jednotka
Průtok	3,44	9,50	l/s
		9.033	m ³ /měs
		108.405	m ³ /rok

ukazatel	Hodnota "p"	Hodnota "m"	jednotka
BSK ₅	22	30	mg/l
CHSK	75	140	mg/l
NL	25	30	mg/l
	„průměr“		
N-NH ₄ ⁺	12	20	mg/l
P _{celk}	3	5	mg/l

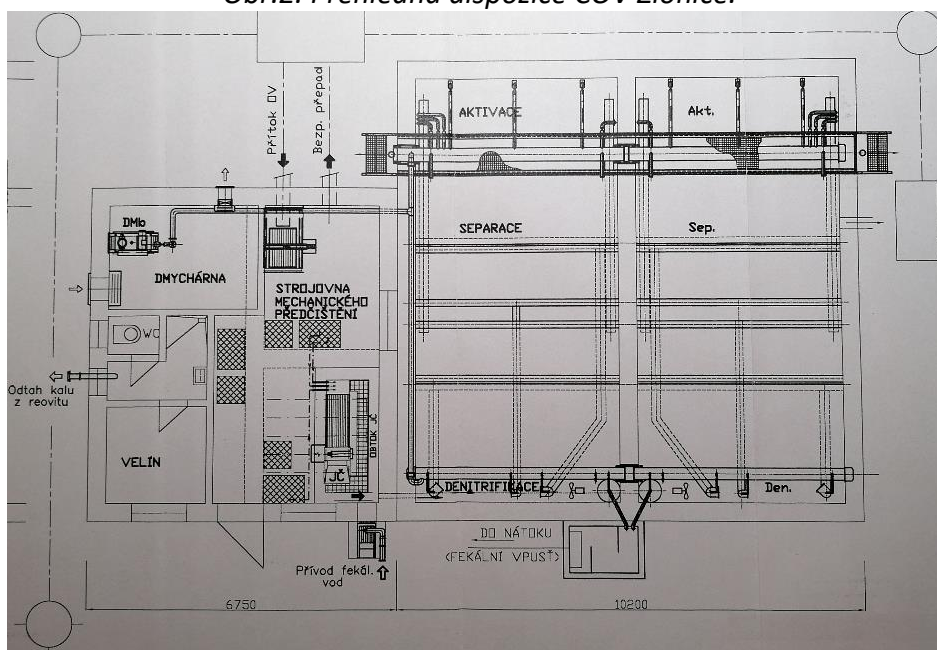
2. CHAREKTERISTIKA ČOV

Oddílnou gravitační kanalizací přitéká odpadní voda do dvou čerpacích šachet a odtud je splašková voda čerpána přes mechanické předčištění do aktivačních nádrží. Přehlednou dispozici ČOV Zlonice uvádíme na obr.2.

Technologie čistírny odpadních vod je založena na biologickém principu. Kalové hospodářství zpracovává kal gravitačním zahuštěním a odvozem kalu.

ČOV sestává z hlavních objektů : mechanického předčištění, biologického stupně čištění a kalové koncovky. Veškerá technologie je osazena do betonových nádrží vystrojených technologickým zařízením.

Obr.2. Přehledná dispozice ČOV Zlonice.



Do aktivačních nádrží denitrifikační sekce natéká také vratný kal z dosazovacích nádrží. Aktivační směs odtéká z nitrifikací do dosazovací nádrže, kde dojde k separaci aktivovaného kalu od vyčištěné odpadní vody. Z dosazovací nádrže odtéká vyčištěná odpadní voda přes měrný objekt do recipientu.

Usazený kal je přečerpáván jako vratný hydrodynamickými čerpadly zpět do denitrifikace nebo jako přebytečný kal je odváděn do kalové jímky, kde je gravitačně zahuštěn. Zahuštěný stabilizovaný kal je vyvážen k likvidaci.

2.1. Rozdělovací šachta

Odpadní voda natéká do dvoukomorové šachty. Z první komory odtéká odpadní voda do čerpací jímky v provozní budově. Prostup do druhé komory je uzavřen hradítkem. Odtok z druhé komory je opatřen hrubými ručně stíranými česlemi 40 mm a napojen do obtoku ČOV.

2.2. Čerpací jímky odpadních vod a mechanické předčištění

Odpadní voda natéká ze stokové sítě do dvojice střídavě pracujících čerpacích jímek. Čerpací jímka v provozní budově je osazena česlicovým košem s průlinami 30 mm a dvojicí kalových čerpadel HCP typ. BF.

Nová část stokové sítě z roku 2011 je nejprve svedena do jímky mechanického předčištění s bagrovacím čerpadlem a odtud natékají splaškové vody do čerpací jímky osazené shodně jako jímka v provozní budově dvojicí kalových čerpadel HCP. Jímka mechanického předčištění a čerpací jímka nové kanalizace jsou umístěny vně provozní budovy v prostoru při oplocení.

Z čerpacích jímek je odpadní voda čerpána k mechanickému předčištění do česlicového žlabu před jemné strojně stírané česle Fontana 400x700/1200X3S/70 s průlinami 3 mm obr.3. Na obtoku jsou osazeny ruční česle.

Obr.3. Strojně stírané česle Fontana s rozdělovacím žlabem.



Mechanicky předčištěná voda po průchodu strojně stíranými česleми natéká do rozdělovacího žlabu osazeného nastavitelnou přepadovou hranou a odtud do prostoru dvoulinky aktivačních nádrží.

Na začátku každé aktivační nádrže je osazen vertikálního lapáku písku. Lapák má průměr 500 mm ve zhlaví lapáku. Výtlak písku je zaústěn do odvodňovacího žlabu. Zdrojem stlačeného vzduchu pro lapák písku je dmyhadlo. Přívod vzduchu do lapáku od dmyhadla je ovládán ventilem.

Pro dovoz odpadních vod byla v původní dispozici realizována sběrná jímka o objemu $\approx 20 \text{ m}^3$, ta se však v současnosti nevyužívá.

2.3. Biologické čištění

Základem biologického čištění komunálních odpadních vod je aktivační systém tvořený denitrifikační nádrží, nitrifikační nádrží a dosazovací nádrží ve dvoulinkovém uspořádání. Zpracování přebytečného kalu je v zahušťovací a uskladňovací nádrži na přebytečný kal.

2.3.1. Aktivační nádrže

Každá ze dvou linek paralelně protékaného aktivačního systému je osazena do betonové nádrže $9,4 \times 4,5 \times 4,1 \text{ m}$, o užitném objemu 173 m^3 . Denitrifikační nádrž má objem asi $35,7 \text{ m}^3$. Do této nádrže je sveden i vratný kal a odpadní voda z vestavěného lapáku písku. Nádrž je míchána mechanickým míchadlem APM 402. Nádrž je také vybavena aeračním systémem.

Z této nádrže odtéká aktivační směs do nitrifikační části aktivační nádrže o užitném objemu $\approx 80 \text{ m}^3$. Nádrž je provzdušňována jemnobublinnými aeračním systémem s diskovými aeračními elementy Grundfos.

Obr.4. Aktivační nádrže - nitrifikace.

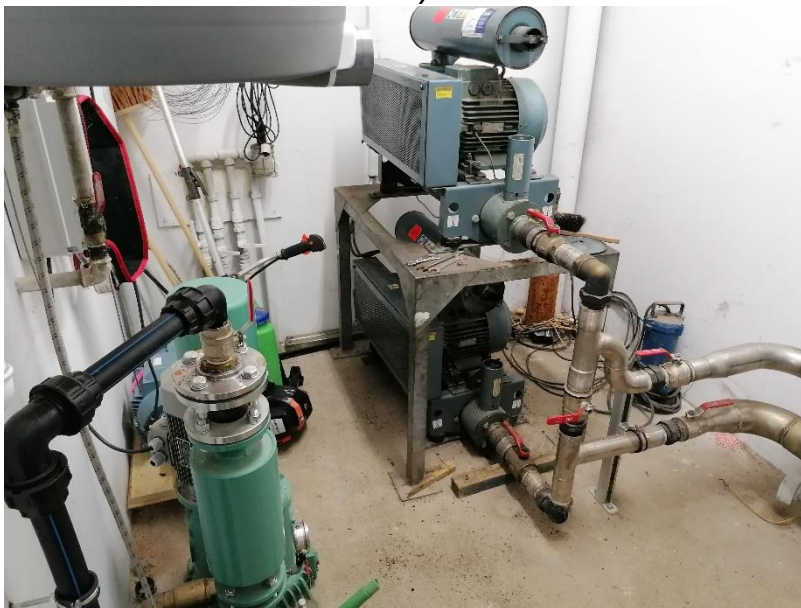


Vzduch do provzdušňovacích roštů je dodáván dvěma dmychadly umístěnými v dmychárně obr.5. 2 x dmychadlové soustrojí KUBÍČEK typ 3D19B-S, $Q = 150 \text{ m}^3/\text{h}$, přetlak $\Delta p = 50 \text{ kPa}$. Pro každou linku je vždy určeno jedno dmychadlo. Dmychadla aktivací jsou doplněna v dmychárně o zdroj vzduchu pro provzdušňování kalového dmychadlem Mivalt MPVB4075.

Rozvod tlakového vzduchu je proveden z nerezového potrubí. Chod dmychadel je řízen signálem z kyslíkových sond Hach-Lange osazených v každé nitrifikaci.

V rámci technologie srážení fosforu je osazeno dávkování síranu železitého do každé nitrifikační nádrže dávkovacími čerpadly Grundfos.

Obr.5. Dmychárna.



2.3.2. Dosazovací nádrž

Z aktivační nádrže je aktivační směs vedena do vestavěné dosazovací nádrže o objemu 58 m^3 a ploše 28 m^2 obr.6.

Obr.6. Dosazovací nádrž.



Každá dosazovací nádrž je vybavena odtokovým žlabem a stahováním plovoucího kalu. Kal z dosazovací nádrže je čerpán vzduchovým čerpadlem jako vratný do denitrifikace. Přebytečný kal je zahuštěn v zahušťovači a odtud je čerpán čerpadlem 50 GFRU do kalové nádrže.

2.4. Měření odtoku

Vyčištěná voda odtéká z dosazovacích nádrží do odtokového potrubí a následně přes měrný objekt osazený Parshallovým žlabem Ž-PVK-1 obr.7. do recipientu.

Obr.7. Měrný objekt osazený Parshallovým žlabem Ž-PVK-1.



2.5. Kalové hospodářství

Přebytečný kal z biologické části čistírny je gravitačně zahušťován a uskladňován v provzdušňované nádrži kalu o objemu $\approx 65 \text{ m}^3$.

V uskladňovací nádrži kalu je doplněno provzdušňování viz. obr. 5. a upevněno ponorné čerpadlo 50 GFRU, které slouží pro odčerpání odsazené kalové vody, která se odvádí do aktivace. Uskladněný zahuštěný kal je vyvážen fekálním vozem k likvidaci na ČOV Vrapice.

3. MONITOROVACÍ KAMPAŇ

3.1. Metodika a postup prací

Objektivní posouzení průběhu hydraulického zatížení ČOV bylo provedeno ve spolupráci s provozovatelem na základě provozních údajů uložených v řídicím systému čistírny odpadních vod.

Za účelem zhodnocení aktuálního látkového zatížení bylo ve dnech 3.10. – 10.10.2022 odebráno na přítoku ČOV 7 kontrolních 24 hodinových vzorků odpadní vody sléváných po 1 hodině,

příčemž vzorky splaškových vod byly analyzovány v akreditované laboratoři VIS Praha a.s. se zaměřením na stanovení CHSK_{Cr} , BSK_5 , NL , N-NH_4 , N_{anorg} , N_{celk} , P_{celk} .

Změny v objemu a složení splaškových vod tj. zatížení technologie na přítoku byly monitorovány v 7 denním provozním cyklu (2 víkendové dny) za využití automatického vzorkovacího zařízení a místního ŘS. Uvedené vzorkovací zařízení bylo instalováno na přítoku před nátokem do česlicového žlabu viz. obr.3. s tím, že vzorkování bylo zahájeno dne 3.10.2022 a ukončeno dopoledne 10.10.2022.

V průběhu monitoringu bylo nezbytné průběžně provádět fyzickou kontrolu chodu, čištění a napájení automatického vzorkovače, výměnu vzorkovnic se vzorky a vzhledem k teplotním podmínkám zajistit urychlenou temperovanou přepravu do laboratoře k analytickému vyhodnocení v laboratoři VIS Praha a.s. Protokoly analytických rozborů jsou uvedeny v příloze 1. technologické zprávy.

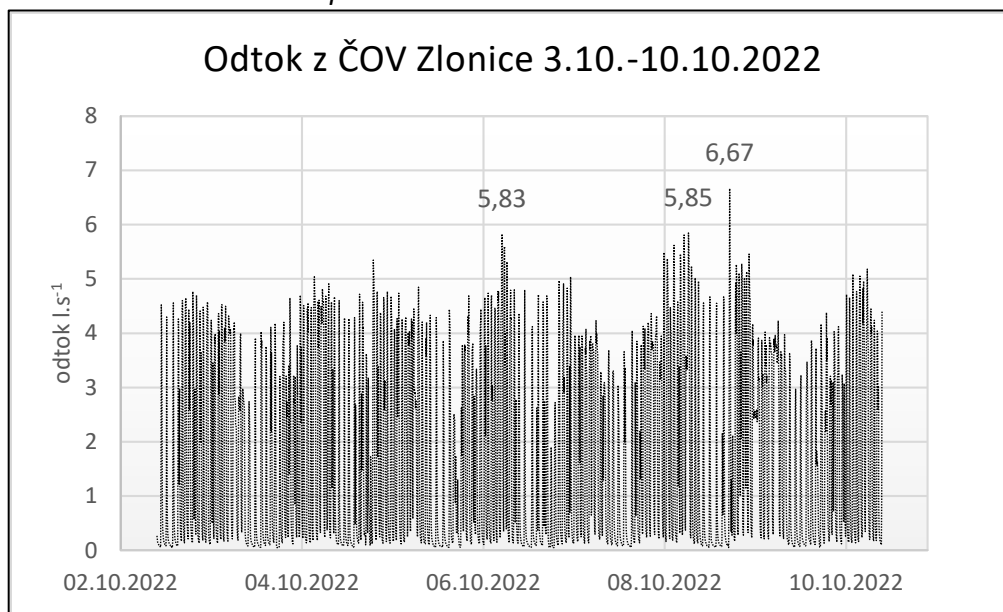
Údaje získané v průběhu monitorovací kampaně posloužily ke zpracování technologického matematického modelu ČOV. To umožnilo stanovit reálnou kapacitu stávající technologie.

3.2. Hydraulické zatížení technologie ČOV

Na diagramu obr.8 uvádíme vývoj odtoku odpadních vod z ČOV Zlonice v rozhodující monitorovaném období.

Výsledky provozního monitoringu uložené na webovém rozhraní firmy FIEDLER AMS s.r.o. posloužily ke zhodnocení hydraulického zatížení technologické linky ČOV Zlonice se zřetelem na provoz stokové sítě a následné technologické výpočty.

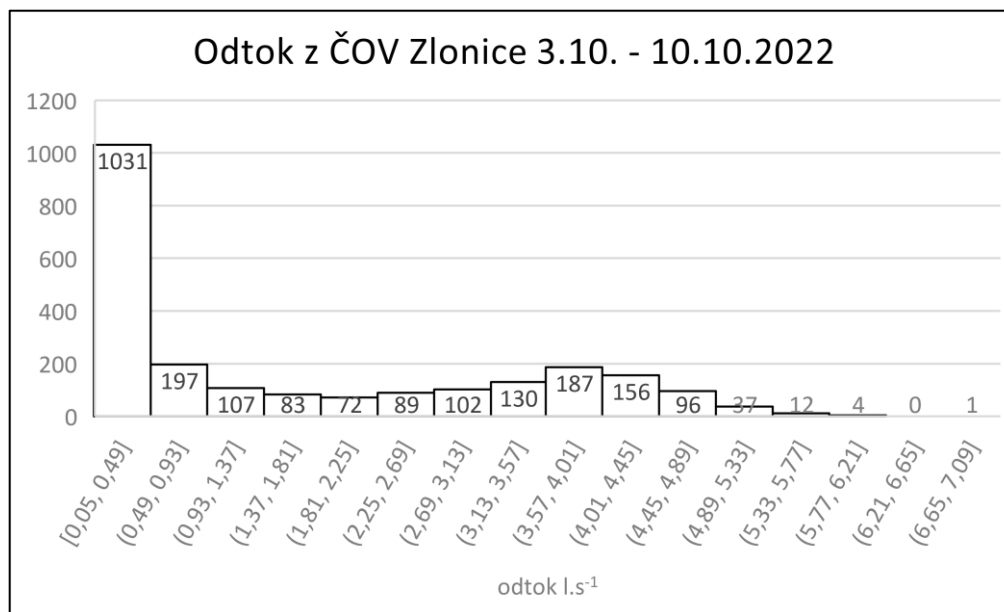
Obr.8. Odtok odpadních vod z ČOV Zlonice 3.10.-10.10.2022.



Vývoj hydraulického zatížení technologické linky čistírny odpadních vod nebyl v průběhu monitorovací kampaně ovlivněn srážkami. Denní objem odtoku byl odečten z řídicího systému a použit pro bilanční výpočet látkového zatížení viz. kap.3.3. Z připojeného diagramu vyplývá, že v monitorovaném období se odtok odpadních vod z ČOV pohyboval v rozmezí 0,05 – 6,67 l.s⁻¹ s průměrem 1,65 l.s⁻¹.

Rozložení intervalu dokumentujeme na diagramu obr.9. Z prezentovaného histogramu je zřejmé, že s pravděpodobností vyšší než 99% v monitorovaném období odtok odpadních vod z ČOV Zlonice nepřekročil hodnotu odtoku $5,33 \text{ l.s}^{-1}$ s tím, že s 93% pravděpodobností bude odtok nižší než $4,45 \text{ l.s}^{-1}$. Více než polovina zaznamenaných odtoků byla nižší než $0,93 \text{ l.s}^{-1}$.

Obr.9. Rozložení odtoku z ČOV v monitorovaném období.



Tabulka 2. Výsledky monitoringu látkového zatížení technologie ČOV Zlonice.

datum	jedn.	03.10. 2022 pondělí	04.10. 2022 úterý	05.10. 2022 středa	06.10. 2022 čtvrtek	07.10. 2022 pátek	08.10. 2022 sobota	09.10. 2022 neděle	průměr
odtok	m^3/den	146,1	138,1	137,7	136,5	127,7	157,2	162,1	143,6
$\text{EO}_{\text{CHSKCr}}$	$\frac{120}{\text{g/EO.d}}$	804	817	941	808	724	1441	1094	946,8
EO_{BSK_5}	$\frac{60}{\text{g/EO.d}}$	682	713	918	728	660	1389	1027	873,7
EO_{Ncelk}	$\frac{11}{\text{g/EO.d}}$	1727	1381	1252	1241	2205	1429	1621	1550,8
pH	-	7,6	7,7	7,7	7,7	8,1	7,7	7,6	7,73
BSK_5	$[\text{mg/l}]$	280	310	400	320	310	530	380	361,43
CHSK_{Cr}	$[\text{mg/l}]$	660	710	820	710	680	1100	810	784,29
NL	$[\text{mg/l}]$	290	240	480	310	290	410	400	345,71
N-NO_2^-	$[\text{mg/l}]$	<0,010	0,010	<0,010	<0,010	0,011	<0,010	<0,010	<0,010
N-NO_3^-	$[\text{mg/l}]$	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
N-NH_4^+	$[\text{mg/l}]$	86	71	83	80	130	90	86	89,43
N_{org}	$[\text{mg/l}]$	44	39	17	20	60	10	24	30,57
N_{anorg}	$[\text{mg/l}]$	86	71	83	80	130	90	86	89,43
N_{celk}	$[\text{mg/l}]$	130	110	100	100	190	100	110	120,00
P_{celk}	$[\text{mg/l}]$	8,5	7,6	8,5	8,6	7,8	9,5	9,0	8,50

3.3. Látkové zatížení technologie ČOV

Výpočet denní bilance látkového zatížení ČOV v průběhu monitorovací kampaně uvádíme v tabulce 2. Průměrné látkové zatížení technologie bylo vypočteno z výsledku analytických rozborů přítoku odpadních vod a z odečtu denních odtoků zaznamenaných v řídicím systému obecní ČOV.

Vypočtené průměrné látkové zatížení technologické linky BSK₅ činilo v průběhu monitorovací kampaně 873,7 EO, hodnota byla ověřena výpočtem přes CHSK_{Cr} : 946,8 EO.

Hodnotám látkového zatížení organickým znečištěním se, jak je to aktuálně obvyklé i v jiných systémech, vymyká zatížení celkovým dusíkem, které v průměru překročilo 1550,8 EO. Zvýšené zatížení technologické linky dusíkem klade zvýšené nároky na stáří kalu, teplotní režim aktivací a oxigenační kapacitu systému.

4. POSOUZENÍ KAPACITY V NÁVRHOVÉM ŘEŠENÍ 2000 EO

Čistírna odpadních vod Zlonice byla primárně navržena na čištění splaškových vod od 2000 EO. Množství balastních vod nebylo přímo popsáno, ale lze předpokládat, že tyto vody jsou započítány v průměrném bezdeštném průtoku.

Posouzení kapacitních parametrů technologické linky obsahuje následující text. V projektu jsou použity hodnoty průtoku i znečištění v souladu s normami.

Tabulka 3. Průtoky odpadních vod 2000 EO.

průtok		jednotka	hodnota
průměrný průtok splaškových vod	Q _{24,m}	m ³ /d	270,0
		m ³ /h	11,3
		l/s	3,1
průměrný bezdeštný denní průtok	Q ₂₄	m ³ /d	270,0
		m ³ /h	11,3
		l/s	3,1
maximální bezdeštný denní průtok	Q _d	m ³ /d	378,0
		m ³ /h	15,8
		l/s	4,4
maximální bezdeštný hodinový průtok	Q _h	m ³ /h	33,1
		l/s	9,2
čerpaný průtok odpadních vod	Q _č	m ³ /h	28,8
		l/s	8,0

Tabulka 4. Znečištění odpadních vod 2000 EO.

ukazatel		jednotka	hodnota
počet ekvivalentních obyvatel		EO ₆₀	2 000
BSK ₅		g/EO.d	60,0
		kg/d	120,0
		mg/l	444
CHSK		g/EO.d	120,0
		kg/d	240,0

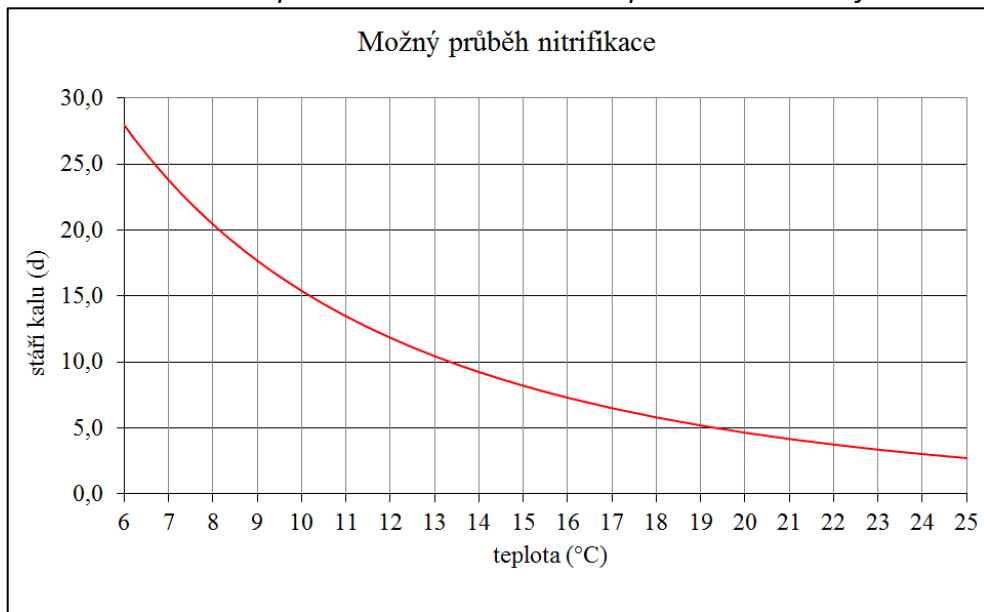
		mg/l	889
NL		g/EO.d	55,0
		kg/d	110,0
		mg/l	407
N-celk		g/EO.d	12,0
		kg/d	24,0
		mg/l	89
N-NH ₄ ⁺		g/EO.d	9,0
		kg/d	18,0
		mg/l	67
P-celk		g/EO.d	2,5
		kg/d	5,0
		mg/l	19

Tabulka 5. Aktivační systém 2000 EO.

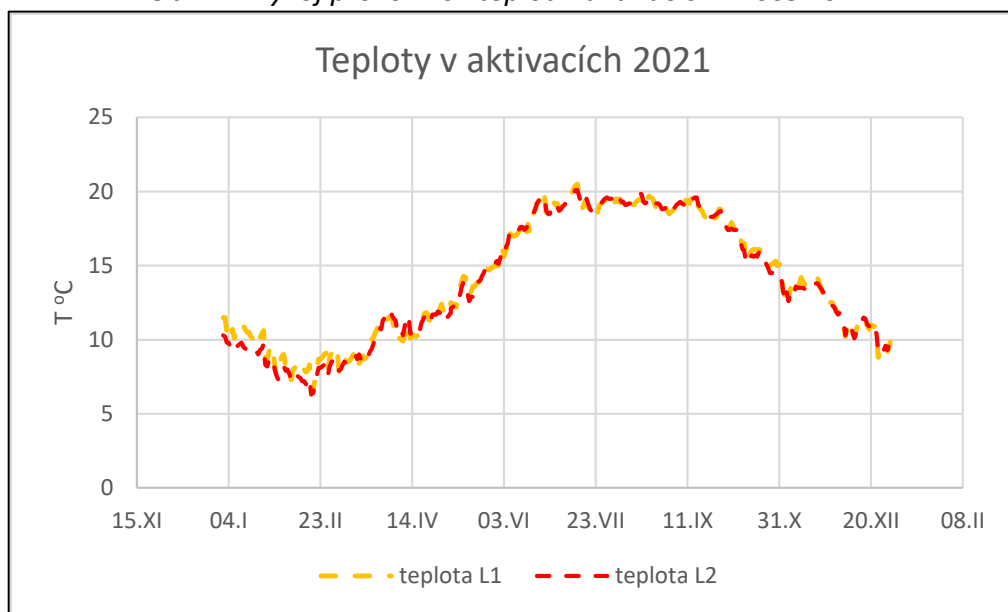
parametr		jednotka	hodnota
průměrná provozní teplota	T _{prům}	°C	15
minimální teplota	T _{min}	°C	12
potřebné celkové stáří kalu	Q _x	d	12,4
navrhované (dosahované) celkové stáří kalu	Q _x	d	8,3
specifická produkce kalu	Y _{AK}	kg/kg	0,935
produkce aktivovaného kalu		kg/d	112,2
celková produkce kalu		kg/d	122,1
produkce přebytečného kalu		kg/d	120,8
potřebná zásoba kalu		kg	926
provozní koncentrace sušiny aktivovaného kalu	X	kg/m ³	4,0
provozní koncentrace kalu s CHK	X	kg/m ³	4,4
potřebný objem aktivační nádrže	V	m ³	231
objem denitrifikace	V _D	m ³	71,5
objem nitrifikace	V _N	m ³	160,0
zásoba kalu v aktivaci		kg	926
doba kontaktu v denitrifikaci		h	2,27
doba kontaktu v nitrifikaci		h	5,08
střední doba zdržení v aktivaci bez recirkulace	Q	h	21
objemové zatížení	B _V	kg/m ³ .d	0,518
zatížení kalu	B _X	kg/kg.d	0,130
Recirkulační poměr kalu	R _k	% z Qd	100

Z výše uvedeného technologického výpočtu a připojeného diagramu obr. 10. na následující straně vyplývá, že projektové stáří kalu i zatížení kalu nerespektuje vstupní podmínky reálného systému. Navržený systém neumožňuje při plném zatížení 2000 EO trvalé řízení nitrifikace a denitrifikace. Se stabilní a dostatečně účinnou nitrifikací lze počítat jen v případě, že reakční teplota bude vyšší než 15 °C. Z předcházejícího textu a diagramu obr.11. vyplývá, že v případě teplotního průběhu nijak teplotně extrémního roku 2021, by při návrhovém zatížení 2000 EO bylo stabilní a účinné nitrifikace dosaženou ve 156 ze 365 provozních dnů tj. jen 42,7% provozní doby.

Obr.10. Závislost potřebného stáří kalu na teplotě stabilní nitrifikace.



Obr.11. Vývoj provozních teplot v aktivacích v roce 2021.



Tabulka 6. Bilance fosforu 2000 EO.

parametr		rozměr	hodnota
předpokládaná koncentrace P v odtoku		mg/l	3,0
množství P-celk, které je nutno vysrážet		kg/d	2,7
spotřeba $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$		kg/d	7,8
spotřeba 40 % roztoku $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$		l/d	12,4
roční spotřeba		m^3/rok	4,5
produkce chemického kalu		kg/d	9,9

Zdroj vzduchu 300 m³/h je sice dostačující i pro omezené nitrifikační pochody, ale jen s minimální rezervou a pro plnou nitrifikaci je nedostatečný viz. následující tabulka 7.

Tabulka 7. Oxygenační kapacita a návrh jemnobublinné aerace 2000 EO.

parametr		rozměr	hodnota
celková provozní spotřeba kyslíku	OC _p	kg/d	225,1
součinitel přestupu kyslíku	a	-	0,75
součinitel nerovnoměrnosti pro OC	k _n	-	1
standardní oxygenační kapacita	OC _{ST}	kg/d	384,9
poměr OC _{ST} /Bv		kg/kg	3,21
hloubka aktivační směsi v nádržích		m	4
střední využití kyslíku ze vzduchu E _a	E _a	%	21,43
potřebné množství vzduchu na aeraci	Q _{vz}	m ³ /h	278
potřebný přetlak dmyhadla		mbar	435

Z následující tabulky 8. je zřejmé, že dimenzování dosazovacích nádrží je na projektovaný průtok dostačující a nádrže jsou použitelné do hraničního ředěného kalového indexu – obvykle je používán KI = 120 ml/g.

Tabulka 8. Dosazovací nádrže 2000 EO.

parametr		rozměr	hodnota
počet dosazovacích nádrží		ks	2
velikost dosazovací nádrže			5,4
celková plocha dosazovacích nádrží		m ²	56,2
celkový objem dosazovacích nádrží		m ³	116,0
očekávaný kalový index	KI	ml/g	120
srovnávací objem kalu	VSV	ml/l	522
hydraulické zatížení plochy při Q _h	n	m/h	0,594
hydraulické zatížení plochy při Q _č	n	m/h	0,517
zatížení plochy nerozp.lát. při Q _h	NA	kg/m ² .h	2,4
zatížení plochy nerozp.lát. při Q _č	NA	kg/m ² .h	2,1
střední doba zdržení při Q _č	Q	h	2,6
koncentrace vratného kalu	X _r	kg/m ³	8,0
dnová koncentrace vratného kalu	X _d	kg/m ³	11,4
doba zahuštění kalu v dosazovací nádrži		h	1,11
celková hloubka DN při Q _h	hc	m	3,08
celková hloubka DN při Q _č	hc	m	2,75
skutečná hloubka dosazovacích nádrží	hc	m	4,00
únik NL z dos.nadrže při Q _h		mg/l	6,3
únik NL z dos.nadrže při Q _č		mg/l	4,7
průměrná konc. BSK ₅ na odtoku při Q _h		mg/l	7,4
průměrná konc. BSK ₅ na odtoku při Q _č		mg/l	6,8

Objem současné kalové jímky odpovídá pouze zahušťovacímu objemu a neumožňuje aerobní stabilizaci kalu. Při plném zatížení a zahuštění na 2,0 % (vyšší hodnoty nelze očekávat) by byla

k dispozici pouze doba zdržení 10 dnů. To je nedostatečné stáří na jakoukoli stabilizaci. Dodatečně byla nádrž vybavena aeračním systémem s dmychadlem Mivalt.

Závěrem kapitoly lze konstatovat, že návrhová kapacita čistírny odpadních vod Zlonice neodpovídá deklarované hodnotě 2000 EO, jak bylo prezentováno. Trvalé dosažení požadovaných výsledků při návrhovém zatížení je mimo možnosti osazené technologie.

5. AKTUÁLNÍ ZATÍŽENÍ TECHNOLOGIE ČOV A DISPONIBILNÍ REZERVA

Posouzení stávajícího zatížení ČOV a disponibilní rezervy vycházelo z průměrného výsledku monitoringu ČOV, který byl realizován ve dnech 3. – 10. 10. 2022.

Na základě výsledků kap.3.2. a 3.3. bylo aktuální průměrné zatížení zaokrouhлено na 900 EO se středním hydraulickým zatížením ≈ 165 l/EO.d. Koncentračně i poměrově se vycházelo opět z průměrných hodnot z monitoringu včetně vyššího poměru u hodnot dusíku.

Tabulka 9. Průtoky odpadních vod – aktuální zatížení.

průtok		jednotka	hodnota
průměrný průtok splaškových vod	$Q_{24,m}$	m ³ /d m ³ /h l/s	148,5 6,2 1,7
průměrný bezdeštný denní průtok	Q_{24}	m ³ /d m ³ /h l/s	148,5 6,2 1,7
maximální bezdeštný denní průtok	Q_d	m ³ /d m ³ /h l/s	222,8 9,3 2,6
maximální bezdeštný hodinový průtok	Q_h	m ³ /h l/s	20,4 5,7
čerpaný průtok odpadních vod	$Q_{\check{c}}$	m ³ /h l/s	28,8 8,0

Tabulka 10. Aktuální znečištění odpadních vod.

ukazatel		jednotka	hodnota
počet ekvivalentních obyvatel		EO ₆₀	900
BSK ₅		g/EO.d	60,0
		kg/d	54,0
		mg/l	364
CHSK		g/EO.d	120,0
		kg/d	108,0
		mg/l	727
NL		g/EO.d	55,0
		kg/d	49,5
		mg/l	333
N-celk		g/EO.d	16,0
		kg/d	14,4

		mg/l	97
N-NH ₄ ⁺		g/EO.d	12,0
		kg/d	10,8
		mg/l	73
P-celk		g/EO.d	2,5
		kg/d	2,3
		mg/l	15

Z technologických výpočtů tabulka 11. vyplývá, že při současném zatížení ±900 EO pracuje aktivační systém bez větších problémů a dokáže i plně nitrifikovat.

Při koncentraci kalu $\approx 4 \text{ g.l}^{-1}$ lze dosáhnout na stáří kalu kolem 21 dnů a to je charakteristické pro nízkozatížený teplotně robustní aktivační systém, který umožní nastavit plnou nitrifikaci i při osazených malých aktivačních nádržích.

Tabulka 11. Aktivační systém – aktuální zatížení.

parametr		jednotka	hodnota
průměrná provozní teplota	$T_{\text{prům}}$	°C	15
minimální teplota	T_{min}	°C	8
podíl denitrifikační části	f_D	-	0,31
potřebné celkové stáří kalu	Q_X	d	18,4
navrhované (dosahované) celkové stáří kalu	Q_X	d	21,1
specifická produkce kalu	Y_{AK}	kg/kg	0,811
produkce aktivovaného kalu		kg/d	43,8
celková produkce kalu		kg/d	48,3
únik kalu odtokem		kg/d	0,7
produkce přebytečného kalu		kg/d	47,5
potřebná zásoba kalu		kg	925
provozní koncentrace sušiny aktivovaného kalu	X	kg/m ³	4,0
provozní koncentrace kalu s CHK	X	kg/m ³	4,4
potřebný objem aktivační nádrže	V	m ³	231
objem denitrifikace	V_D	m ³	71
objem nitrifikace	V_N	m ³	160
zásoba kalu v aktivaci		kg	925
doba kontaktu v denitrifikaci		h	3,85
doba kontaktu v nitrifikaci		h	8,61
střední doba zdržení v aktivaci bez recirkulace	Q	h	37
objemové zatížení	B_V	kg/m ³ .d	0,233
zatížení kalu	B_X	kg/kg.d	0,058
Recirkulační poměr kalu	R_k	% z Qd	100

Srážení fosforu tabulka 12. je možno bezproblémově nastavit a udržet ještě vhodnou koncentraci biologického a chemického kalu.

Tabulka 12. Bilance fosforu – aktuální zatížení.

parametr		rozměr	hodnota
předpokládaná koncentrace P v odtoku		mg/l	3,0
množství P-celk, které je nutno vysrážet		kg/d	1,2
spotřeba Fe ₂ (SO ₄) ₃		kg/d	3,5
spotřeba 40 % roztoku Fe ₂ (SO ₄) ₃		l/d	5,6
roční spotřeba		m ³ /rok	2,1
produkce chemického kalu		kg/d	4,5

Tabulka 13. Oxygenační kapacita a návrh jemnobublinné aerace – aktuální zatížení.

parametr		rozměr	hodnota
celková provozní spotřeba kyslíku	OC _P	kg/d	134,4
součinitel přestupu kyslíku	a	-	0,75
součinitel nerovnoměrnosti pro OC	k _n	-	1,2
standardní oxygenační kapacita	OC _{ST}	kg/d	275,8
poměr OC _{ST/Bv}		kg/kg	5,11
hloubka aktivační směsi v nádržích		m	4
střední využití kyslíku ze vzduchu E _a	E _a	%	21,43
potřebné množství vzduchu na aeraci	Q _{vz}	m ³ /h	199
potřebný přetlak dmyhadla		mbar	435

Tabulka 14. Dosazovací nádrže– aktuální zatížení.

parametr		rozměr	hodnota
počet dosazovacích nádrží		ks	2
velikost dosazovací nádrže			5,4
celková plocha dosazovacích nádrží		m ²	56,2
celkový objem dosazovacích nádrží		m ³	116,0
očekávaný kalový index	KI	ml/g	120
srovnávací objem kalu	VSV	ml/l	529
hydraulické zatížení plochy při Q _h	n	m/h	0,365
hydraulické zatížení plochy při Q _č	n	m/h	0,514
zatížení plochy nerozp.lát. při Q _h	NA	kg/m ² .h	1,5
zatížení plochy nerozp.lát. při Q _č	NA	kg/m ² .h	2,1
střední doba zdržení při Q _č	Q	h	3,0
koncentrace vratného kalu	X _r	kg/m ³	8,0
dnová koncentrace vratného kalu	X _d	kg/m ³	11,4
doba zahuštění kalu v dosazovací nádrži		h	1,11
celková hloubka DN při Q _h	hc	m	2,10
celková hloubka DN při Q _č	hc	m	2,76
skutečná hloubka dosazovacích nádrží	hc	m	4,00
únik NL z dos.nadrže při Q _h		mg/l	2,4
únik NL z dos.nadrže při Q _č		mg/l	4,8
průměrná konc. BSK ₅ na odtoku při Q _h		mg/l	5,6
průměrná konc. BSK ₅ na odtoku při Q _č		mg/l	6,3

Vzhledem k zatížení ± 900 EO je disponibilní zdroj vzduchu pro aeraci dostačující a není třeba ho jakkoli posilovat.

Dosazovací nádrže pracují při aktuálním zatížení s dostatečnou rezervou. Pro posouzení je potřeba počítat s částečným bytněním kalu a to znamená s ředěným kalovým indexem ≈ 120 ml/g.

Velikost kalové jímky je pro stávající zatížení plně použitelná. Stáří kalu v aktivacích umožňuje základní stabilizaci kalu. Lze počítat s kapacitou kalové jímky na ≈ 60 dnů (při očekávaném úniku kalu do odtoku až 90 dnů).

Z kapitoly 5. a připojených technologických výpočtů je zřejmé, že prezentované objemové a zátěžové parametry výpočtu aktivačního procesu odpovídají reálné kapacitě ČOV <1000 EO. S přihlédnutím k aktuálnímu zatížení technologické linky ± 900 EO lze kapacitní výhledovou rezervu odhadovat maximálně na ± 100 EO.

6. VÝHLEDOVÉ ZATÍŽENÍ ČOV 2500 EO

S ohledem na budoucí rozvoj obce předpokládá objednatel zatížení ČOV až 2500 EO. V dalších výpočtech předpokládáme, že nová výstavba bude odkanalizována oddílnou kanalizací (vyloučení dešťových balastů).

Při návrhu intenzifikace jsme vycházeli s ohledem na efektivitu vynaložených realizačních nákladů z předpokladu maximálního využití stávajících provozních objektů doplněných o nezbytné technologické celky.

Jak vyplynulo z kapitoly 5., je kapacita současné čistírny v podstatě zaplněna a nelze počítat s jakýmkoli výraznějším zvýšením vstupního zatížení při dodržení stávajících legislativních podmínek.

Tabulka 15. Průtoky odpadních vod 2500 EO.

průtok		jednotka	hodnota
průměrný průtok splaškových vod	$Q_{24,m}$	m^3/d	400,0
		m^3/h	16,7
		l/s	4,6
průměrný bezdeštný denní průtok	Q_{24}	m^3/d	400,0
		m^3/h	16,7
		l/s	4,6
maximální bezdeštný denní průtok	Q_d	m^3/d	560,0
		m^3/h	23,3
		l/s	6,5
maximální bezdeštný hodinový průtok	Q_h	m^3/h	49,0
		l/s	13,6
čerpaný průtok odpadních vod	$Q_{\check{c}}$	m^3/h	50,4
		l/s	14,0

Tabulka 16. Znečištění odpadních vod 2500 EO.

ukazatel		jednotka	hodnota
počet ekvivalentních obyvatel		EO ₆₀	2 500
BSK ₅		g/EO.d	60,0
		kg/d	150,0

		mg/l	375
CHSK		g/EO.d	120,0
		kg/d	300,0
		mg/l	750
NL		g/EO.d	55,0
		kg/d	137,5
		mg/l	344
N-celk		g/EO.d	16,0
		kg/d	40,0
		mg/l	100
N-NH ₄ ⁺		g/EO.d	12,0
		kg/d	30,0
		mg/l	75
P-celk		g/EO.d	2,5
		kg/d	6,3
		mg/l	16

Tabulka 17. Aktivační systém 2500 EO.

parametr		jednotka	hodnota
průměrná provozní teplota	T _{prům}	°C	15
minimální teplota	T _{min}	°C	8
podíl denitrifikační části	f _D	-	0,31
potřebné celkové stáří kalu	Q _x	d	18,4
navrhované (dosahované) celkové stáří kalu	Q _x	d	21,0
specifická produkce kalu	Y _{AK}	kg/kg	0,811
produkce aktivovaného kalu		kg/d	121,7
celková produkce kalu		kg/d	134,3
únik kalu odtokem		kg/d	1,7
produkce přebytečného kalu		kg/d	132,6
potřebná zásoba kalu		kg	2556
provozní koncentrace sušiny aktivovaného kalu	X	kg/m ³	4,0
provozní koncentrace kalu s CHK	X	kg/m ³	4,4
potřebný objem aktivační nádrže	V	m ³	639
objem denitrifikace	V _D	m ³	197,5
objem nitrifikace	V _N	m ³	441,6
zásoba kalu v aktivaci		kg	2556
doba kontaktu v denitrifikaci		h	4,23
doba kontaktu v nitrifikaci		h	9,46
střední doba zdržení v aktivaci bez recirkulace	Q	h	38
objemové zatížení	B _V	kg/m ³ .d	0,235
zatížení kalu	B _X	kg/kg.d	0,059
Recirkulační poměr kalu	R _k	% z Q _d	100

Pro předmětnou čistírnu je třeba z důvodu stability procesu v zimním období uvažovat se stářím kalu na úrovni alespoň 21 dnů při návrhové koncentraci aktivovaného kalu v aktivaci na

úrovni 4 g/l. V současnosti je k dispozici objem aktivací $\pm 231 \text{ m}^3$. Takže v souladu s výpočty tab. 17, chybí $\pm 408 \text{ m}^3$ aktivačního objemu.

Stávající dosazovací nádrže specifické hybridní konstrukce jsou v poměru k ploše nevyhovující velmi mělké a vždy hrozí únik kalu do odtoku. Proto bude výhodnější odstranit stávající vestavbu a celý objem stávajících nádrží využít jako aktivační části. Pak navrhujeme převést stávající aktivace včetně dosazovacích prostor na nitrifikace o využitelném objemu 347 m^3 a doplnit novou nádrž dělenou na $\pm 195 - 200 \text{ m}^3$ pro denitrifikačního objemu a zbývající část nitrifikace 100 m^3 doplnit novou dostavbou obr.12.

Tabulka 18. Bilance fosforu 2500 EO.

parametr		rozměr	hodnota
předpokládaná koncentrace P v odtoku		mg/l	3,0
množství P-celk, které je nutno vysrážet		kg/d	3,4
spotřeba $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$		kg/d	9,9
spotřeba 40 % roztoku $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$		l/d	15,9
roční spotřeba		m^3/rok	5,8
produkce chemického kalu		kg/d	12,6

Tabulka 19. Oxygenační kapacita a návrh jemnobublinné aerace 2500 EO.

parametr		rozměr	hodnota
celková provozní spotřeba kyslíku	OC_P	kg/d	373,2
součinitel přestupu kyslíku	a	-	0,75
součinitel nerovnoměrnosti pro OC	k_n	-	1,2
standardní oxygenační kapacita	OC_{ST}	kg/d	765,8
poměr OC_{ST}/B_v		kg/kg	5,11
hloubka aktivační směsi v nádržích		m	4
střední využití kyslíku ze vzduchu E_a	E_a	%	21,43
potřebné množství vzduchu na aeraci	Q_{VZ}	m^3/h	552
potřebný přetlak dmychadla		mbar	435

Pro zatížení ČOV o kapacitě 2500 EO bude nezbytné posílit výkon stávajících dmychadel. Maximální kapacita jednoho stávajícího dmychadla je $150 \text{ Nm}^3/\text{h}$. K pokrytí návrhové kapacity bude třeba výkon dmychadel $552 \text{ m}^3/\text{h}$ ($516 \text{ Nm}^3/\text{h}$) s řízením přes kyslíkovou sondu. Aerace intenzifikovaných aktivací bude zajištěna novou dvojicí dmychadel odpovídající kapacity ($276 - 280 \text{ m}^3/\text{h}$). Stávající dmychadla ($\approx 160 \text{ m}^3/\text{h}$) budou využita jako záloha a pro aeraci kalové jímky s časovým řízením.

Tabulka 20. Dosazovací nádrže 2500 EO.

parametr		rozměr	hodnota
počet dosazovacích nádrží		ks	2
velikost dosazovací nádrže			6
celková plocha dosazovacích nádrží		m^2	72,0
celkový objem dosazovacích nádrží		m^3	205,5
očekávaný kalový index	KI	ml/g	120
srovnávací objem kalu	VSV	ml/l	530

hydraulické zatížení plochy při Q_h	n	m/h	0,682
hydraulické zatížení plochy při Q_ε	n	m/h	0,701
zatížení plochy nerozp.lát. při Q_h	NA	kg/m ² .h	2,7
zatížení plochy nerozp.lát. při Q_ε	NA	kg/m ² .h	2,8
střední doba zdržení při Q_ε	Q	h	2,8
koncentrace vratného kalu	X r	kg/m ³	8,0
dnová koncentrace vratného kalu	X d	kg/m ³	11,4
doba zahuštění kalu v dosazovací nádrži		h	1,11
celková hloubka DN při Q_h	hc	m	3,50
celková hloubka DN při Q_ε	hc	m	3,58
skutečná hloubka dosazovacích nádrží	hc	m	5,80
únik NL z dos.nadrže při Q_h		mg/l	4,0
únik NL z dos.nadrže při Q_ε		mg/l	4,3
průměrná konc. BSK ₅ na odtoku při Q_h		mg/l	6,1
průměrná konc. BSK ₅ na odtoku při Q_ε		mg/l	6,1

Při zatížení 2500 EO a stávajících bilančních poměrech odpadních vod bude v rámci intenzifikace nově doplněna dvojice dostatečně dimenzovaných dosazovacích nádrží. Mohou být realizovány typové vertikální betonové dosazovací nádrže 6 x 6 m. Nebo variantně budou postaveny nové dosazovací nádrže radiální o celkové ploše 70 m² na příklad o průměru 6,8 m a minimální hloubce u stěny 4,0 m.

Tabulka 21. Aerobní stabilizace kalu 2500 EO.

parametr		rozměr	hodnota
produkce přebytečného, příp. vč. chem.kalu		kg/d	132,6
zahuštění přebytečného kalu při stabilizaci		%	2,5
množství přeb. kalu odtah. z aktivace		m ³ /d	13,3
množství odstraněného org.podílu		kg/d	28,8
množství stabilizovaného kalu		kg/d	103,7
množství zahuštěného stabilizovaného kalu		m ³ /d	4,1
potřebná standardní OC pro stabilizaci		kg/d	66,3
max. hloubka přebytečného kalu v jímce		m	4,0
potřebné množství vzduchu pro stabilizaci		m ³ /h	156
zdroj vzduchu		Nm ³ /h	150
navrhovaná velikost stabilizační nádrže		m ³	170
skutečná doba uskladnění ve stab. nádrži		d	41
počet elementů AME-260S		ks	25

Ke zpracování přebytečného kalu můžeme koncepčně přistupovat dvojím způsobem. Buď se bude uvažovat o celkové stabilizaci kalu za aerobních podmínek a pak bude nezbytné zvětšit objem kalových jímek na ± 170 m³ (chybí asi 100 m³ užitého objemu), nebo lze zvážit technologii zahuštění kalu nebo ještě lépe strojního odvodnění kalu a pak lze stávající jímku v rámci technologie zachovat. Je nutno ale počítat s tím, že kal nebude plně stabilizován a to znamená vyšší spotřebu flokulantu a nižší procento konečného odvodnění kalu.

Tabulka 22. Odvodnění uskladněného stabilizovaného kalu 2500 EO.

parametr		rozměr	hodnota
množství stabiliz. kalu k odvodnění		kg/d	103,7
sušina kalu k odvodnění		%	2,5
počet dnů odvodňování v týdnu		d/t	4,0
počet hodin provozu		h/d	6,0
v den odvodňování je třeba odvodnit		kg/d	181,5
kapacita odvodnění		kg/h	30,3
objem zahuštěného kalu k odvodnění		m ³ /d	7,3
objem zahuštěného kalu k odvodnění		m ³ /h	1,2
sušina odvodněného kalu		%	20
objem odvodněného kalu / den odvodňování		m ³ /d	0,91
množství kalové vody / den odvodňování		m ³ /d	6,4
dávka polymerního flokulantu		g/kg suš.	8,0
roční spotřeba polymerního flokulantu		kg/rok	302,9

6.1. Dispozice ČOV 2500 a odhad realizačních nákladů

Příklad možného dispozičního uspořádání intenzifikované ČOV 2500 uvádíme na následujícím obr.12. Jde o jednu z možných alternativ zaměřených na výstavbu na pozemcích 19/1 ve vlastnictví obce (např. může být pouze jedna dosazovací nádrž apod.)

Obr.12. Příklad možného uspořádání intenzifikované ČOV 2500
(modře nové objekty, žlutě alternativa DN).



Vzhledem k cenovému vývoji v posledním období lze odhadovat pořizovací náklady na rozšíření čistírny odpadních vod pouze velmi orientačně s tím, že ke zpřesnění reálných nákladů může dojít až po zpracování příslušné projektové dokumentace a vysoutěžení zhotovitele stavby.

V současnosti lze odhadnout náklady na navrženou stavbu ve výši asi 19 - 20 mil. Kč. (stavba 2 ks DN na cca 3. - 5. mil. Kč, dostavba aktivačního objemu 3. – 4. mil. Kč, technologické vybavení 3. - 4. mil. Kč, nové elektrovybavení na 1. mil. Kč a strojní odvodnění na 3. – 4. mil. Kč). Náklady projektové dokumentace odhadujeme na 1,0 mil. Kč.

7. ZHODNOCENÍ A ZÁVĚR

Předkládaná technologická studie je zaměřena na objektivní posouzení aktuálního látkového a hydraulického zatížení technologické linky obecní ČOV Zlonice 2000 EO, výpočtové ověření návrhových parametrů technologické linky a stanovení disponibilní kapacitní rezervy čistírny odpadních vod. Součástí studie je koncepční návrh intenzifikace ČOV na výhledovou kapacitu požadovanou objednatelem 2500 EO.

Kapitola 3. obsahuje výsledky monitorovací kampaně, která proběhla ve dnech 3.10. – 10.10.2022. Součástí monitorovací kampaně byl odběr a analytické zpracování 24 hodinových po 1 hodině slévaných vzorků odpadních vod na přítoku do ČOV a vyhodnocení záznamu průběhu odtoku z řídicího systému ČOV. Z výsledků monitorovací kampaně vyplývá, že aktuální zatížení ČOV reprezentované organickým znečištěním činí 873,7 EO BSK₅, 946,8 EO_{CHSK}, technologické výpočty pracovaly s průměrným zatížením 900 EO při zvýšené specifické produkci odpadních vod 165 l/EO.d.

V kap.4. prezentujeme technologické výpočty zaměřené na ověření návrhové kapacity ČOV 2000 EO. Z technologických výpočtů vyplývá, že čistírna odpadních vod Zlonice neumožňuje vyčištění projektovaného zatížení 2 000 EO v současných limitech VPR.

Z kapitoly 5. a připojených technologických výpočtů je zřejmé, že prezentované objemové a zátěžové parametry výpočtu aktivačního procesu odpovídají reálné kapacitě ČOV, která nepřekračuje 1000 EO. S přihlédnutím k aktuálnímu zatížení technologické linky nevykazuje stávající technologická linka významnější kapacitní rezervu, odhadovanou maximálně na <100 EO.

Kapitola 6. obsahuje koncepční technologické výpočty a návrh nezbytného doplnění současné technologické linky tak, aby bylo dosaženo objednatelem požadované kapacity ČOV 2500 EO. Dosažení návrhové kapacity na úrovni 2500 EO vyžaduje doplnění objemu aktivačních nádrží s novým technologickým vybavením včetně dmychadel a vybudování nových dosazovacích nádrží, protože stávající hybridní dosazovací nádrže jsou nedostatečné pro návrhové zatížení. Při návrhu kalové koncovky je nutno buď uvažovat o zvětšení kalové jímky (kalojemu), nebo doplnit technologii o strojní odvodnění kalů. Bude nezbytné také změnit elektrovýzbroj ČOV.

Vzhledem k cenovému vývoji stavebních prací a technologických dodávek v posledním období lze odhadovat pořizovací náklady rozšíření čistírny odpadních vod pouze orientačně s tím, že ke zpřesnění reálných nákladů může dojít až po zpracování příslušné projektové dokumentace a vysoutěžení zhotovitele stavby. V současnosti lze odhadnout náklady na navrženou stavbu úhrnem ve výši asi 19 - 20 mil. Kč včetně zpracování projektové dokumentace.

PŘÍLOHA 1.
PROTOKOLY ANALYTICKÝCH ROZBORŮ