

Posúdenie stavu ČOV Cinobaňa

1 Kapacita a hlavné technologické parametre

1.1 Projektované parametre

Mechanicko-biologická čistiareň odpadových vôd (**MB ČOV**) je určená na čistenie odpadových vôd (**OV**) produkovaných od obyvateľov, domácností a občianskej vybavenosti obce Cinobaňa. OV sú privádzané do areálu ČOV gravitačne, splaškovou kanalizáciou.

MB ČOV bola pôvodne dimenzovaná na zaťaženia :

Hydraulické zaťaženie MB ČOV :

$Q_{\text{priem.}}$	=	6,2	$\text{l} \cdot \text{s}^{-1}$
$Q_{\text{d.max}}$	=	9,3	$\text{l} \cdot \text{s}^{-1}$
$Q_{\text{h.max}}$	=	24,23	$\text{l} \cdot \text{s}^{-1}$
Q_{d}	=	537,0	$\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$
Q_{R}	=	196 005,0	$\text{m}^3 \cdot \text{rok}^{-1}$

Látkové zaťaženie MB ČOV :

BSK_5	=	112,77	$\text{kg} \cdot \text{deň}^{-1}$
CHSK_{Cr}	=	225,54	$\text{kg} \cdot \text{deň}^{-1}$
$\text{NL}_{105^\circ\text{C}}$	=	137,54	$\text{kg} \cdot \text{deň}^{-1}$
$\text{N}_{\text{Cel.}}$	=	151,97	$\text{kg} \cdot \text{deň}^{-1}$

1.2 Návrh kapacity čistenia ČOV v zmysle STN 75 6401

Návrh kapacity čistenia ČOV je vykonaný v zmysle STN 75 6401 Čistiarene odpadových vôd pre viac ako 500 EO a vyhlášky MŽP SR č. 684 /2006, ktorou sa ustanovujú podrobnosti o technických požiadavkách na návrh, projektovú dokumentáciu a výstavbu verejných vodovodov a verejných kanalizácií. V zmysle uvedenej STN nebude uvažované s množstvom priemyselných, odpadových vôd $Q_{24, p}$, nakoľko v obci sa priemysel nenachádza.

Počet obyvateľov napojených na ČOV

počet obyvateľov

$N = 2500$ obyvateľov

Špecifická potreba vody podľa vybavenia bytov

1.1 byty s ústredne vykurovaním s ústrednou prípravou teplej vody a vaňovým kúpeľom	0 %	145 $\text{l} \cdot \text{obyvateľ}^{-1} \cdot \text{deň}^{-1}$
1.2 byty s lokálnym ohrevom teplej vody a vaňovým kúpeľom	85 %	135 $\text{l} \cdot \text{obyvateľ}^{-1} \cdot \text{deň}^{-1}$
1.3 ostatné byty pripojené na vodovod vrátane bytov so sprchovacím kútom	15 %	100 $\text{l} \cdot \text{obyvateľ}^{-1} \cdot \text{deň}^{-1}$

Priemerná denná produkcia odpadovej vody z bytového fondu

$$q_o = 145 \times 0,0 + 135 \times 0,85 + 100 \times 0,15$$
$$q_o = 130 \text{ l.obyvateľ}^{-1}.\text{deň}^{-1}$$

Priemerná denná produkcia odpadovej vody z občianskej vybavenosti

Podľa prílohy č.1 k vyhláske č. 684/2006 Z.z.:

$$q_v = 25 \text{ l.obyvateľ}^{-1}.\text{deň}^{-1}$$

Priemerná produkcia odpadovej vody na obyvateľa a deň

$$q = q_o + q_v$$
$$q = 130 + 25$$
$$q = 155 \text{ l.obyvateľ}^{-1}.\text{deň}^{-1}$$

Priemerný denný prítok

$$Q_{24,m} = N \times q$$
$$Q_{24,m} = 2500 \times 155$$
$$Q_{24,m} = 387\,500 \text{ l.d}^{-1} = 388 \text{ m}^3.\text{d}^{-1}$$

Množstvo balastných vôd (5% z $Q_{24,m}$)

$$Q_B = Q_{24,m} \times 0,05$$
$$Q_B = 388 \times 0,05$$
$$Q_B = 19 \text{ m}^3.\text{d}^{-1}$$

Priemerný bezdažďový denný prítok odpadových vôd na ČOV

$$Q_{24} = Q_{24,m} + Q_B$$
$$Q_{24} = 388 + 19$$
$$Q_{24} = 407 \text{ m}^3.\text{d}^{-1} = 17,0 \text{ m}^3.\text{h}^{-1} = 4,7 \text{ l.s}^{-1}$$

Maximálny bezdažďový denný prítok

$$Q_d = Q_{24,m} \times k_d + Q_B$$
$$k_d = 1,39 \text{ podľa STN 75 6401, Tabuľka 1}$$
$$Q_d = 388 \times 1,39 + 19$$
$$Q_d = 558 \text{ m}^3.\text{d}^{-1}$$

Maximálny bezdažďový hodinový prítok

$$Q_h = (Q_{24,m} \times k_d \times k_h + Q_B) : 24$$
$$k_h = 2,08 \text{ podľa STN 75 6401, Tabuľka 1}$$
$$Q_h = (388 \times 1,39 \times 2,08 + 19) : 24$$
$$Q_h = 48 \text{ m}^3.\text{h}^{-1} = 13,2 \text{ l.s}^{-1}$$

Vstupné údaje pre posúdenie ČOV

Priemerný denný nátok	$Q_{24} = 407 \text{ m}^3.\text{d}^{-1}$
	$= 17,0 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$
	$= 4,7 \text{ l.s}^{-1}$
Maximálne hodinové množstvo odpadových vôd	$Q_h = 48 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$
	$= 13,2 \text{ l.s}^{-1}$

Množstvo znečistenia na prítoku do ČOV

Kvalita odpadových vôd pritekajúcich na čistiareň bola stanovená podľa STN 75 6401 Čistiarne odpadových vôd pre viac ako 500 EO, čl. 4.8.

Pri určovaní kvality odpadových vôd na prítoku do ČOV sa zohľadnili aj súčasné skúsenosti z prevádzkovania iných ČOV ako i výsledky výskumu na jestvujúcich ČOV, ktoré vykonal VÚVH Bratislava. Tu bolo preukázané, že napr. pri parametri BSK_5 sa reálne hodnoty znečistenia pohybujú v rozmedzí od 34,3 po 51,2 g.obyvateľ⁻¹.deň⁻¹.

stanovená špecifická produkcia znečistenia	$BSK_5 =$	45 g.ob ⁻¹ .deň ⁻¹
chemická spotreba kyslíka (stanovená dichrómanom)	$CHSK_{Cr} =$	225,0 kg.d ⁻¹
biochemická spotreba kyslíka (s potlačením nitrifikácie)	$BSK_5 =$	112,5 kg.d ⁻¹
nerozpustené látky	$NL =$	112,5 kg.d ⁻¹
celkový dusík	$TN =$	21,3 kg.d ⁻¹
celkový fosfor	$TP =$	5,0 kg.d ⁻¹

Počet ekvivalentných obyvateľov - podľa čl. 4.9 STN 75 6401

$$EO_{60} = BSK_5 : 0,06$$

$$EO_{60} = 112,5 : 0,06$$

$$EO_{60} = 1875$$

2 Popis ČOV

Opadové vody pritekajú do ČOV kanalizačným zberačom – vetva „A_S“ DN 300. Na trase kanalizácie je osadená odľahčovacia komora.

2.1 Vypínacia komora

OV pritekajú dvomi potrubiami z dvoch strán do vypínacej komory, ktorá je v areáli ČOV. Vo vypínacej komore je na prítoku do ČS osadené kanalizačné hradítko. Vo vypínacej šachte je riešené obtokovanie ČOV. Na vtoku do obtokového potrubia sú osadené výklopné hrablice. Hrablice sú natočené vodorovným smerom v dôsledku čoho je ich čistenie problematické. Obsluha to rieši ich čiastočným, vyklopením čo má za následok odtok odľahčovaných odpadových vôd do toku bez zachytávania plávajúcich látok.

2.2 Čerpacia komora

Čerpacia komora má vonkajšie rozmery 4,7 x 3,0 m. Hĺbka nezistená predpoklad cca 5 m. Čerpacia stanica slúži zároveň ako vyrovnávací nádrž.

Pôvodne boli v ČS osadené dve čerpadlá PIRANHA 25-2D Q= 19,0 m³/hod, H= 8,0 m. V súčasnosti sú tieto nahradené jedným čerpadlom GRUNDFOS, ktoré v čase obhliadky ČOV bolo nefunkčné (bolo vymenené) a odpadová voda bola čerpaná prenosným čerpadlom a výtlak bol riešený hadicou.

Ako mechanické predčistenie je v ČS na prítoku OV osadený nátokový kôš so šírkou medzier 5 mm, ručne vyťahovaný, ktorý je z hora otvorený. Pri stúpnutí hladiny v ČS pri vyšších prítokoch ako je kapacita čerpadla sú zachytené zhrabky vyplavované do ČS.

2.3 Lapač piesku

Odpadová voda po hrubom predčistení je dopravovaná čerpadlom do horizontálneho štrbinového lapača piesku v ktorom je na odťahovanie zachyteného piesku inštalované kalové čerpadlo SIGMA GFHU 80.

Pôvodne odpadová voda z lapača piesku natekala do potrubia, ktoré pred denitrifikáciou (2 linky biologického čistenia) bolo rozdelené na dve potrubia, každé do jednej denitrifikácie, na ktorých boli osadené uzávery. V súčasnosti je to nefunkčné. Nátok do biologického reaktora je riešený pomocou sklzu vyrobeného z polypropylénu bez možnosti odstaviť niektorú z liniek biologického čistenia.

2.4 Biologické čistenie

Biologické čistenie je zrealizované v dvoch samostatných linkách. Jedna linka pozostáva z predradenej denitrifikačnej nádrže, nitrifikačnej nádrže a dosadzovacej nádrže Dortmundského typu.

Technické parametre:

Denitrifikácia: 2,4 m x 4,3 m, hĺbka 4,4 m. Hladina – 4,0 m. Objem = 41,28 m³

Nitrifikácia: 7,8 m x 4,3 m, hĺbka 4,4 m. Hladina – 4,0 m. Objem = 134,16 m³

Dosadzovacia nádrž: 4,3 x 4,3 m , plocha – 18,49 m², objem 43,2 m³

Základné technologické parametre:

Celkový objem denitrifikácie: $V_{DN} = 82,56 \text{ m}^3$

Celkový objem nitrifikácie: $V_{NT} = 268,32 \text{ m}^3$

Celkový objem aktivácie: $V_a = 350,88 \text{ m}^3$

Celková plocha dosadzovacej nádrže: $P_{DOS} = 36,98 \text{ m}^2$

Celkový objem dosadzovacej nádrže: $V_{DOS} = 86,40 \text{ m}^3$

2.4.1 Výpočet biologického reaktora podľa STN 75 6401

Návrhové priemerné denné množstvo znečistenia na biologický reaktor

počet obyvateľov	$N = 2500 \text{ ob.}$
chemická spotreba kyslíka (stanovená dichrómanom)	$CHSK_{Cr} = 225 \text{ kg/d}$
biochemická spotreba kyslíka (s potlačením nitrifikácie)	$BSK_5 = 112,5 \text{ kg/d}$
nerozpustené látky	$NL = 112,5 \text{ kg/d}$
celkový dusík	$TN = 21,3 \text{ kg/d}$
celkový fosfor	$TP = 5,0 \text{ kg/d}$

Množstvo odpadových vôd

$$\begin{aligned} Q_{24} &= 407 \text{ m}^3/\text{d} = 17,0 \text{ m}^3/\text{h} = 4,7 \text{ l/s} \\ Q_h &= 48 \text{ m}^3/\text{h} = 13,3 \text{ l/s} \end{aligned}$$

Predpokladaná koncentrácia znečistenia v prítoku na biologický reaktor

$$\begin{aligned}S_{CHSK,i} &= CHSK / Q_{24} = 225,0 / 407,0 = 0,553 \text{ kg/m}^3 \\S_{BSK,i} &= BSK / Q_{24} = 112,5 / 407,0 = 0,276 \text{ kg/m}^3 \\S_{NL,i} &= NL / Q_{24} = 112,5 / 407,0 = 0,276 \text{ kg/m}^3 \\S_{TN,i} &= TN / Q_{24} = 21,3 / 407,0 = 0,052 \text{ kg/m}^3 \\S_{TP,i} &= TP / Q_{24} = 5,0 / 407,0 = 0,012 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

Predpokladaná kvalita odpadovej vody na odtoku z biologického reaktora

$$\begin{aligned}S_{CHSK,e} &= 0,050 \text{ kg/m}^3 \\S_{BSK,e} &= 0,020 \text{ kg/m}^3 \\S_{NL,e} &= 0,020 \text{ kg/m}^3 \\S_{NH4-N,e} &= 0,005 \text{ kg/m}^3 \\S_{NO3-N,e} &= 0,015 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

Návrhové parametre biologického reaktora

návrhový vek kalu	Θ_X	= 25	dní
minimálna teplota	T_{min}	= 10	°C
maximálna teplota	T_{max}	= 25	°C
koncentrácia kalu	X	= 5	kg/m ³
povrchové hydraulické zaťaženie separačného stupňa pri Q_h	v	= 1,1	m ³ /(m ² .h)
teoretická doba zdržania v separačnom stupni pri Q_h	t_s	= 1,3	hod
celkové využitie O_2	f_{O_2}	= 45	g/m ³
koeficient prestupu O_2 v odpadovej vode	α	= 0,75	-
požadovaná (rovnovážna) koncentrácia O_2	$c_{O_2,R}$	= 2,0	mg/l
saturačná koncentrácia O_2 pri T_{max}	$c_{O_2,S}$	= 8,3	mg/l
špecifická spotreba kyslíka pre T_{max} , Θ_X	$\dot{S}SO_2$	= 1,6	kg/kg

VÝPOČET BIOLOGICKÉHO REAKTORA

korekcia produkcie kalu na teplotu

$$\begin{aligned}F &= 1,072^{(T_{min}-15)} \\F &= 1,072^{(10-15)} \\F &= 0,706\end{aligned}$$

špecifická produkcia sušiny kalu

$$\begin{aligned}\dot{S}PS &= 0,6 \cdot (NL/BSK + 1) - 0,0432 \cdot F / (1/\Theta_X + 0,08 \cdot F) \\ \dot{S}PS &= 0,6 \cdot (112,5/112,5 + 1) - 0,0432 \cdot 0,706 / (1/25 + 0,08 \cdot 0,706) \\ \dot{S}PS &= 0,88 \text{ kg/kg}\end{aligned}$$

produkcia prebytočného kalu – korigovaná

$$\begin{aligned}PPK &= \dot{S}PS \cdot BSK - Q_{24} \cdot S_{NL,e} \\ PPK &= 0,88 \cdot 112,5 - 407 \cdot 0,02 \\ PPK &= 91 \text{ kg/d}\end{aligned}$$

objem aktivácie

$$\begin{aligned}V &= (PPK + Q_{24} \cdot S_{NL,e}) \cdot \Theta_X / X \\ V &= (91 + 407 \cdot 0,02) \cdot 25 / 5 \\ V &= 496 \text{ m}^3\end{aligned}$$

asimilovaný dusík – interpolačne

$$N_{asim} = BSK \cdot (0,000037 \cdot \Theta_X^2 - 0,0023 \cdot \Theta_X + 0,0661)$$
$$N_{asim} = 112,5 \cdot (0,000037 \cdot 25^2 - 0,0023 \cdot 25 + 0,0661)$$
$$N_{asim} = 3,6 \text{ kg/d}$$

nitifikovaný dusík

$$NH_4-N_N = TN - N_{asim} - S_{NH_4-N,e} \cdot Q_{24}$$
$$NH_4-N_N = 21,3 - 3,6 - 0,005 \cdot 407$$
$$NH_4-N_N = 15,665 \text{ kg/d}$$

denitrifikovaný dusík

$$NO_3-N_D = TN - N_{asim} - (S_{NH_4-N,e} + S_{NO_3-N}) \cdot Q_{24}$$
$$NO_3-N_D = 21,3 - 3,6 - (0,005 + 0,015) \cdot 407$$
$$NO_3-N_D = 9,6 \text{ kg/d}$$

objem denitrifikačnej sekcie - interpolačne z celkového objemu aktivácie

$$V_D = 6,1447 \cdot ((BSK/NO_3-N_D)^{-1,3031}) \cdot V$$
$$V_D = 6,1447 \cdot ((112,5/9,6)^{-1,3031}) \cdot 496$$
$$V_D = 123 \text{ m}^3$$

potreba kyslíka na priebeh biologických procesov

$$PO_2 = ((BSK \cdot \check{S}SO_2 + 4,6 \cdot NH_4-N_N - 2,9 \cdot NO_3-N_D) \cdot c_{O_2,S} / (c_{O_2,S} - c_{O_2,R})) / \alpha$$
$$PO_2 = ((112,5 \cdot 1,6 + 4,6 \cdot 15,665 - 2,9 \cdot 9,6) \cdot 8,3 / (8,3 - 2)) / 0,75$$
$$PO_2 = 393,9 \text{ kg/d}$$

potreba vzduchu na priebeh biologických procesov

$$PV = PO_2 / (24 \cdot f_{O_2} \cdot 0,001)$$
$$PV = 393,9 / (24 \cdot 45 \cdot 0,001)$$
$$PV = 364,7 \text{ m}^3/\text{h}$$

potrebná plocha dosadzovacej časti

$$P_{DN} = Q_h / v$$
$$P_{DN} = 48 / 1,1$$
$$P_{DN} = 43,6 \text{ m}^2$$

maximálne zaťaženie plochy dosadzovacej časti nerozpustenými látkami

$$N_A = Q_h \cdot X / P_{DN}$$
$$N_A = 48 \cdot 5 / 43,6$$
$$N_A = 5,5 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$$

potrebný objem dosadzovacej sekcie

$$V_{DN} = t_s \cdot Q_h$$
$$V_{DN} = 1,3 \cdot 48$$
$$V_{DN} = 62,4 \text{ m}^3$$

zdržná doba odpadovej vody v aktivácii

$$\Theta = 24 \cdot V / Q_{24}$$
$$\Theta = 24 \cdot 496 / 407$$
$$\Theta = 29,2 \text{ hod}$$

účinnosť denitrifikácie

$$E_D = NO_3-N_D / NH_4-N_N$$

$$E_D = 9,6 / 15,67$$

$$E_D = 0,61$$

potrebný celkový recirkulačný pomer

$$R_C = E_D / (1 - E_D)$$

$$R_C = 0,61 / (1 - 0,61)$$

$$R_C = 1,6$$

čas kontaktu aktivačnej zmesi v denitrifikačnej sekcii

$$t_D = 24 \cdot V_D / (Q_{24} \cdot (1 + R_C))$$

$$t_D = 24 \cdot 123 / (407 \cdot (1 + 1,6))$$

$$t_D = 2,8 \text{ hod}$$

čas kontaktu aktivačnej zmesi v nitrifikačnej sekcii

$$t_N = 24 \cdot (V - V_D) / (Q_{24} \cdot (1 + R_C))$$

$$t_N = 24 \cdot (496 - 123) / (407 \cdot (1 + 1,6))$$

$$t_N = 8,6 \text{ hod}$$

látkové zaťaženie kalu

$$B_X = BSK / (V \cdot X)$$

$$B_X = 112,5 / (496 \cdot 5)$$

$$B_X = 0,045 \text{ kg/(kg.d)}$$

látkové objemové zaťaženie

$$B_V = BSK / V$$

$$B_V = 112,5 / 496$$

$$B_V = 0,227 \text{ kg/(m}^3\text{.d)}$$

zaťaženie kalu v nitrifikačnej sekcii redukovanými formami dusíka

$$B_{TN} = TN / (X \cdot (V - V_D))$$

$$B_{TN} = 21,3 / (5 \cdot (496 - 123))$$

$$B_{TN} = 0,01 \text{ kg/(kg.d)}$$

pokles kyselinovej neutralizačnej kapacity vplyvom prebiehajúcich biochemických procesov

$$\Delta KNK_N = - (140 \cdot (NH_4-N_N - NO_3-N_D) + 60 \cdot NO_3-N) / Q_{24}$$

$$\Delta KNK_N = - (140 \cdot (15,665 - 9,6) + 60 \cdot 9,6) / 407$$

$$\Delta KNK_N = -3,50 \text{ mmol/l}$$

oxický vek kalu

$$\Theta_{X,ox} = \Theta_X \cdot (1 - V_D / V)$$

$$\Theta_{X,ox} = 25 / (1 - 123 / 496)$$

$$\Theta_{X,ox} = 18,8 \text{ d}$$

kapacita biologického reaktora – počet EO_{60}

$$EO_{60} = BSK / 0,06$$

$$EO_{60} = 112,5 / 0,06$$

$$EO_{60} = 1875$$

2.4.2 Posúdenie existujúceho biologického reaktora

Návrhové priemerné denné množstvo znečistenia na biologický reaktor

počet obyvateľov	N	=	2500	ob.
chemická spotreba kyslíka (stanovená dichrómanom)	$CHSK_{Cr}$	=	225	kg/d
biochemická spotreba kyslíka (s potlačením nitrifikácie)	BSK_5	=	112,5	kg/d
nerozpustené látky	NL	=	112,5	kg/d
celkový dusík	TN	=	21,3	kg/d
celkový fosfor	TP	=	5,0	kg/d

Množstvo odpadových vôd

$$Q_{24} = 407 \text{ m}^3/\text{d} = 17,0 \text{ m}^3/\text{h} = 4,7 \text{ l/s}$$

$$Q_h = 48 \text{ m}^3/\text{h} = 13,3 \text{ l/s}$$

Predpokladaná koncentrácia znečistenia v prítoku na biologický reaktor

$$S_{CHSK,i} = CHSK / Q_{24} = 225,0 / 407,0 = 0,553 \text{ kg/m}^3$$

$$S_{BSK,i} = BSK / Q_{24} = 112,5 / 407,0 = 0,276 \text{ kg/m}^3$$

$$S_{NL,i} = NL / Q_{24} = 112,5 / 407,0 = 0,276 \text{ kg/m}^3$$

$$S_{TN,i} = TN / Q_{24} = 21,3 / 407,0 = 0,052 \text{ kg/m}^3$$

$$S_{TP,i} = TP / Q_{24} = 5,0 / 407,0 = 0,012 \text{ kg/m}^3$$

Predpokladaná kvalita odpadovej vody na odtoku z biologického reaktora

$$S_{CHSK,e} = 0,050 \text{ kg/m}^3$$

$$S_{BSK,e} = 0,020 \text{ kg/m}^3$$

$$S_{NL,e} = 0,020 \text{ kg/m}^3$$

$$S_{NH4-N,e} = 0,005 \text{ kg/m}^3$$

$$S_{NO3-N,e} = 0,015 \text{ kg/m}^3$$

Návrhové parametre biologického reaktora

návrhový vek kalu	Θ_X	=	16,3	dní
minimálna teplota	T_{min}	=	10	°C
maximálna teplota	T_{max}	=	25	°C
koncentrácia kalu	X	=	5	kg/m ³
povrchové hydraulické zaťaženie separačného stupňa pri Q_h	v	=	1,1	m ³ /(m ² .h)
teoretická doba zdržania v separačnom stupni pri Q_h	t_s	=	1,3	hod
celkové využitie O_2	f_{O_2}	=	45	g/m ³
koeficient prestupu O_2 v odpadovej vode	α	=	0,75	-
požadovaná (rovnovážna) koncentrácia O_2	$c_{O_2,R}$	=	2,0	mg/l
saturačná koncentrácia O_2 pri T_{max}	$c_{O_2,S}$	=	8,3	mg/l
špecifická spotreba kyslíka pre T_{max} , Θ_X	\dot{S}_{SO_2}	=	1,6	kg/kg

VÝPOČET BIOLOGICKÉHO REAKTORA

korekcia produkcie kalu na teplotu

$$F = 1,072^{(T_{min}-15)}$$

$$F = 1,072^{(10-15)}$$

$$F = 0,706$$

špecifická produkcia sušiny kalu

$$\begin{aligned}\dot{S}_{PS} &= 0,6 \cdot (NL/BSK + 1) - 0,0432 \cdot F / (1/\Theta_X + 0,08 \cdot F) \\ \dot{S}_{PS} &= 0,6 \cdot (112,5/112,5 + 1) - 0,0432 \cdot 0,706 / (1/16,3 + 0,08 \cdot 0,706) \\ \dot{S}_{PS} &= 0,94 \text{ kg/kg}\end{aligned}$$

produkcia prebytočného kalu – korigovaná

$$\begin{aligned}PPK &= \dot{S}_{PS} \cdot BSK - Q_{24} \cdot S_{NL,e} \\ PPK &= 0,94 \cdot 112,5 - 407 \cdot 0,02 \\ PPK &= 98 \text{ kg/d}\end{aligned}$$

objem aktivácie

$$\begin{aligned}V &= (PPK + Q_{24} \cdot S_{NL,e}) \cdot \Theta_X / X \\ V &= (98 + 407 \cdot 0,02) \cdot 16,3 / 5 \\ V &= 346 \text{ m}^3\end{aligned}$$

asimilovaný dusík – interpolačne

$$\begin{aligned}N_{asim} &= BSK \cdot (0,000037 \cdot \Theta_X^2 - 0,0023 \cdot \Theta_X + 0,0661) \\ N_{asim} &= 112,5 \cdot (0,000037 \cdot 16,3^2 - 0,0023 \cdot 16,3 + 0,0661) \\ N_{asim} &= 4,3 \text{ kg/d}\end{aligned}$$

nitriifikovaný dusík

$$\begin{aligned}NH_4-N_N &= TN - N_{asim} - S_{NH_4-N,e} \cdot Q_{24} \\ NH_4-N_N &= 21,3 - 4,3 - 0,005 \cdot 407 \\ NH_4-N_N &= 14,965 \text{ kg/d}\end{aligned}$$

denitriifikovaný dusík

$$\begin{aligned}NO_3-N_D &= TN - N_{asim} - (S_{NH_4-N,e} + S_{NO_3-N}) \cdot Q_{24} \\ NO_3-N_D &= 21,3 - 4,3 - (0,005 + 0,015) \cdot 407 \\ NO_3-N_D &= 8,9 \text{ kg/d}\end{aligned}$$

objem denitrifikačnej sekcie - interpolačne z celkového objemu aktivácie

$$\begin{aligned}V_D &= 6,1447 \cdot ((BSK/NO_3-N_D)^{-1,3031}) \cdot V \\ V_D &= 6,1447 \cdot ((112,5/8,9)^{-1,3031}) \cdot 346 \\ V_D &= 78 \text{ m}^3\end{aligned}$$

potreba kyslíka na priebeh biologických procesov

$$\begin{aligned}PO_2 &= ((BSK \cdot \dot{S}_{SO_2} + 4,6 \cdot NH_4-N_N - 2,9 \cdot NO_3-N_D) \cdot c_{O_2,S} / (c_{O_2,S} - c_{O_2,R})) / \alpha \\ PO_2 &= ((112,5 \cdot 1,6 + 4,6 \cdot 14,965 - 2,9 \cdot 8,9) \cdot 8,3 / (8,3 - 2)) / 0,75 \\ PO_2 &= 391,8 \text{ kg/d}\end{aligned}$$

potreba vzduchu na priebeh biologických procesov

$$\begin{aligned}PV &= PO_2 / (24 \cdot f_{O_2} \cdot 0,001) \\ PV &= 391,8 / (24 \cdot 45 \cdot 0,001) \\ PV &= 362,8 \text{ m}^3/\text{h}\end{aligned}$$

potrebná plocha dosadzovacej časti

$$\begin{aligned}P_{DN} &= Q_h / v \\ P_{DN} &= 48 / 1,1 \\ P_{DN} &= 43,6 \text{ m}^2\end{aligned}$$

maximálne zaťaženie plochy dosadzovacej časti nerozpustenými látkami

$$N_A = Q_h \cdot X / P_{DN}$$

$$N_A = 48 \cdot 5 / 43,6$$

$$N_A = 5,5 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$$

potrebný objem dosadzovacej sekcie

$$V_{DN} = t_s \cdot Q_h$$

$$V_{DN} = 1,3 \cdot 48$$

$$V_{DN} = 62,4 \text{ m}^3$$

zdržná doba odpadovej vody v aktivácii

$$\Theta = 24 \cdot V / Q_{24}$$

$$\Theta = 24 \cdot 346 / 407$$

$$\Theta = 20,4 \text{ hod}$$

účinnosť denitrifikácie

$$E_D = \text{NO}_3\text{-N}_D / \text{NH}_4\text{-N}_N$$

$$E_D = 8,9 / 14,97$$

$$E_D = 0,59$$

potrebný celkový recirkulačný pomer

$$R_C = E_D / (1 - E_D)$$

$$R_C = 0,59 / (1 - 0,59)$$

$$R_C = 1,5$$

čas kontaktu aktivačnej zmesi v denitrifikačnej sekcii

$$t_D = 24 \cdot V_D / (Q_{24} \cdot (1 + R_C))$$

$$t_D = 24 \cdot 78 / (407 \cdot (1 + 1,4))$$

$$t_D = 1,9 \text{ hod}$$

čas kontaktu aktivačnej zmesi v nitrifikačnej sekcii

$$t_N = 24 \cdot (V - V_D) / (Q_{24} \cdot (1 + R_C))$$

$$t_N = 24 \cdot (346 - 78) / (407 \cdot (1 + 1,4))$$

$$t_N = 6,5 \text{ hod}$$

látkové zaťaženie kalu

$$B_X = \text{BSK} / (V \cdot X)$$

$$B_X = 112,5 / (346 \cdot 5)$$

$$B_X = 0,065 \text{ kg}/(\text{kg} \cdot \text{d})$$

látkové objemové zaťaženie

$$B_V = \text{BSK} / V$$

$$B_V = 112,5 / 346$$

$$B_V = 0,325 \text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$$

zaťaženie kalu v nitrifikačnej sekcii redukovanými formami dusíka

$$B_{TN} = TN / (X \cdot (V - V_D))$$

$$B_{TN} = 21,3 / (5 \cdot (346 - 78))$$

$$B_{TN} = 0,02 \text{ kg}/(\text{kg} \cdot \text{d})$$

pokles kyselinovej neutralizačnej kapacity vplyvom prebiehajúcich biochemických procesov

$$\Delta \text{KNK}_N = - (140 \cdot (\text{NH}_4\text{-N}_N - \text{NO}_3\text{-N}_D) + 60 \cdot \text{NO}_3\text{-N}) / Q_{24}$$

$$\Delta \text{KNK}_N = - (140 \cdot (14,965 - 8,9) + 60 \cdot 8,9) / 407$$

$$\Delta \text{KNK}_N = -3,40 \text{ mmol/l}$$

oxický vek kalu

$$\Theta_{X,ox} = \Theta_X \cdot (1 - V_D / V)$$
$$\Theta_{X,ox} = 16,3 / (1 - 78 / 346)$$
$$\Theta_{X,ox} = 12,6 \text{ d}$$

kapacita biologického reaktora – počet EO_{60}

$$EO_{60} = BSK / 0,06$$
$$EO_{60} = 112,5 / 0,06$$
$$EO_{60} = 1875$$

2.4.3 Porovnanie technologických ukazovateľov biologického čistenia

Tabuľka 1 Porovnávací tabuľka vypočítaných a skutočných hodnôt

Parameter		rozměr	vypočítaná hodnota	skutočná hodnota
objem denitrifikácie	V_{DN}	m^3	123	82
objem nitrifikácie	V_{NT}	m^3	373	268
objem aktivácie	V_a	m^3	496	350
plocha dosadz. nádrže	P_{DOS}	m^2	44	37
objem dosadz. nádrže	V_{DOS}	m^3	63	86
Vek kalu	Θ_X	dni	25	16,3
Potreba vzduchu pre biológiu		m^3/hod	364,7	523

Biologický stupeň čistenia odpadových vôd bol navrhnutý a zrealizovaný tak, že pri plnom zaťažení ČOV je vek kalu 16,3 dňa, čo znamená potrebu dostabilizácie kalu v externom zásobníku prebytočného kalu. K tomu bola využitá trojkomorová nádrž pôvodnej ČOV.

Prebytočný aktivovaný kal z dosadzovacej nádrže je prečerpávaný mamutkou do aeróbnej sekcie kalovej za účelom dostabilizovania. Oxické podmienky sú vytvorené prevzdušňovacím zariadením ASEKO (obdobne ako v nitrifikácii). Prevzdušňovanie je vykonávané kontinuálne – zabezpečenie biochemickej stability na podmienky dopúšťania prebytočného kalu z DN a následné prepúšťanie stabilizovaného kalu do druhej sekcie kalovej.

Prevzdušňovacia technika s pružnou membránou typu ASEKO :

- nosné trubky prevzdušňovacieho zariadenia v počte – 2
- prevzdušňovacie elementy A-109 v počte – 16 ks
- Rotačné dúchadlo – 2 x typ DITL-030
(jedno v prevádzke, druhé automaticky záložné)
- Frekvenčný menič – 1 x typ VONSCH-VS 38 m/5,5
- Objem prevzdušňovanej nádrže – prevádzkovo využiteľný = 73,0 m^3
- Doba zdržania $T_k = 25$ až 30 dní

Stabilizovaný kal otvorom vzájomného prepojenia vteká do akumuláčnej a zahusťovacej časti kalojemu. Zahusťenie sa realizuje gravitačne s odčerpávaním odsedimentovanej kalovej vody, ktorá je dopravovaná do čerpacej stanice surových vôd. Takto zahustená forma kalu a po naplnení akumuláčnej sekcie kalojemu je kalovým čerpadlom prečerpávaný na zariadenie pre finálne odvodnenie.

Vystrojenie kalojemu – akumuláčná a zahusťovacia časť :

- Kalové odstredivé čerpadlo typu GFMU
- Objem zahusťovacej nádrže – prevádzkovo využiteľný = 146,0 m³
- Množstvo prebytočného kalu:
 - v tekutom stave (3% sušina) = 1 080 m³ . r⁻¹
 - v odvodnenom stave (25% suš.) = 320 t . rok⁻¹

2.5 Zahusťovanie a odvodňovanie kalu

Spracovávaný kal je privádzaný kalovým čerpadlom zo zahusťovacej nádrže kalojemu do flokulačného zariadenia. Pred vstupom do flokulačného zariadenia je do kalového potrubia pomocou dávkovacieho čerpadla privedený flokulant. Kal následne postupuje do „násypky“ lisu. V pásovom lise následne dochádza najskôr ku gravitačnému a následne aj mechanickému odvodneniu. Odvodnený kal ďalej postupuje na pásový dopravník. Filtrát je sústavou žľabov odvádzaný do odberných miest. Príprava tekutého flokulantu na báze SOKOFLOK 68 je vykonávaná v chemickom hospodárstve. Pripravený flokulant je postupne prepúšťaný do zásobnej nádrže odkiaľ je prepravovaný do samotného procesu odvodnenia.

Parametre zahusťovača PLOZA – 800 - A :

- výkon zariadenia	=	6,4 m ³ . hod ⁻¹
- spotreba organického flokulantu	=	3,14 kg . suš ⁻¹
	=	91,55 g na 1m ³ kalu
- vstupná sušina	=	3,43 %
- sušina za zahusťovacím zariadením	=	14,23 %
- výstupná sušina za lisom	=	31,38 %
- tlak v dolisovacích valcoch	=	0,60 MPa
- typ flokulantu SOKOFLOK 68		
- predpokladaná spotreba pri 3,0 m ³ . d ⁻¹	=	100,00 kg . rok ⁻¹

Údaje boli prevzaté z prevádzkového poriadku ČOV Cinobaňa.

2.6 Merný objekt :

Vyčistená odpadová voda zo zberného potrubia preteká cez revíziu šachty do merného objektu, ktorý tvorí celoplastový Parshallov žľab s ultrazvukovou sondou. Merný objekt je v stavebnom vyhotovení ako kruhová betónová šachta. Z merného objektu vyčistená odpadová voda je zaústená do kanalizácie odvádzajúcej vody z odľahčovacej šachty do recipientu – Banský potok.

Typ meracieho zariadenia - Parshallov žľab (celoplastový) PARS-P3

Typ vyhodnocovacej jednotky
s analógovým prevodníkom signálu - NIVOSONAR SMW 222
Snímacie zariadenie prietoku - ultrazvuková sonda

2.7 Strojno–technologické vybavenie ČOV :

1.	Hrablicový kôš, štrbina 5 mm	1 ks
2.	Kontajner na zhrabky	1 ks
3.	Čerpadlá v ČS: PIRANHA 25-2D Q= 19,0 m ³ /hod, H= 8,0 m	2 ks
4.	Lapač piesku: Ponorné kalové odstredivé 80-GFHU Q= 54,0 m ³ /hod	1 ks
5.	Denitrifikačná nádrž: Ponorné miešadlo RW 2022	2 ks
6.	Nitrifikačná nádrž:	2 ks
7.	Rotačné dúchadlo DITL-030	2 ks
8.	Prevzdušňovací systém ASEKO: Prevzdušňovacie elementy A-109	60 ks
9.	Merný objekt – Pashalov žľab PARS 3	1 ks
10.	Kalové hospodárstvo: Prevzdušňovací systém ASEKO Prevzdušňovacie elementy A-109	16 ks
11.	Dávkovacie čerpadlo chémie v strojovni	1 ks
12.	Zahusľovač PLOZA-800-A + lis na odvodnenie	1 ks

2.8 Zvážanie žumpových odpadových vôd

V súčasnosti je to riešené s využitím existujúcej nádrže pôvodnej ČOV. Dovezené odpadové vody sú vypúšťané do žľabu z pletiva z okami, kde sú zachytávané hrubé nečistoty. Následne je zvážaná odpadová voda prevzdušňovaná a prečerpávaná do čistiaceho procesu.

Tento spôsob vyžaduje ručné čistenie žľabu, pričom zachytené nečistoty je dosť problematické vyberať. Zároveň prevzdušňovaním dochádza k uvoľňovaniu zápachajúcich plynov do okolitého ovzdušia.

Nádrž je pomerne veľká – objem cca 80 m³

3 Záver

ČOV v súčasnom stave je schopná prevádzky a je možné dosahovať požadované parametre na odtoku z ČOV.

Z ohľadom na automatizáciu prevádzky a potrebu vykonávania manuálnych činností navrhujem nasledujúce úpravy:

1. Výmena výklopných hrablic vo vypínacej komore na prítoku do ČOV za nerezové so zvislými prútmí tak, aby bolo zjednodušené čistenie hrablic a zároveň aby sa umožnilo aj samočistenie.
2. Do čerpacej stanice na prítoku osadiť strojne stierané hrablice v nerezovom žľabe. Alternatívne je možné osadiť kolmé hrablice so závitovkovým vynášaním zhrabkov.
3. Čerpaciu stanicu vybaviť dvomi čerpadlami v zapojení 1 + 1.
4. Z ohľadom na veľkosť ČS doplniť prevzdušňovanie s elektroventilom na prívodnom potrubí tak, aby v pravidelných intervaloch dochádzalo ku premiešaniu objemu ČS z dôvodu likvidácie vyflotovaného kalu.
5. Upraviť odtok z horizontálneho štrbinového lapača piesku tak, aby bolo možné uzatvárať prítok do jednotlivých liniek – rozdeľovací objekt.
6. Zakrytie denitrifikačných nádrží drevenými fošňami odstrániť. Zakrytie malo zabrániť pri minimálnych nátokoch v zimných mesiacoch podchladzovanie denitrifikácie. V prípade dobudovania kanalizácie a zaťaženia ČOV to nebude potrebné. Alternatívne je možné zakrytie nahradiť plastovým krytom, prípadne zakrytím zo sklolaminátového kompozitu.
7. Polypropylénové žľaby v dosadzovacích nádržiach sú popraskané a nátok do žľabu sa deje cez praskliny. Navrhujem žľaby vymeniť za nerezové, alebo minimálne opraviť pôvodné polypropylénové žľaby.
8. Z dôvodu automatizácie navrhujem odťah prebytočného kalu z dosadzovacích nádrží do stabilizačnej nádrže prebytočného kalu pomocou čerpadiel.
9. Odvodňovacie zariadenie kalu PLOZA + Dvojválcový lis je osadené pod prístreškom. Do budúcnosti navrhujem zariadenie nahradiť skrutkovým odvodňovacím lisom (napr. VOLUNTE) alebo pásovým lisom (napr. GORO 6 – VANEX). Zároveň prístrešok doplniť stenami, z dôvodu prevádzkovania odvodňovacieho zariadenia v zimných mesiacoch.
10. Zvážané odpadové vody navrhujem vypúšťať buď priamo do vypínacej šachty pred mechanické predčistenie, alebo vybudovať zakrytú nádrž o užitočnom objeme 30 až 40 m³ vybavenú hrablicami na zachytávanie hrubých nečistôt, miešadlom kôli homogenizácii obsahu a čerpadlom, ktorý sa budú odpadové vody zo žump dávkovať do prítoku na mechanické predčistenie.
11. V súčasnosti je jedným dúchadlom zabezpečovaná ako recirkulácia v reaktoroch, odťah prebytočného kalu, tak aj prevzdušňovanie dostabilizačnej nádrže kalu a prevzdušňovanie zvážaných odpadových vôd. Navrhujem do strojovne dúchadiel doplniť dúchadlo pre prevzdušňovanie dostabilizačnej nádrže kalu, ktoré by zároveň zabezpečovalo premiešavanie čerpacej stanice. Jestvujúce dúchadlá by slúžili len pre potreby biologických reaktorov. Do budúcnosti navrhujem zväžiť zmenu činnosti dúchadiel zo systému 1 + 1 inštalovaná rezerva na 2 + 1 inštalovaná rezerva. Každá linka biologického čistenia by mala samostatné dúchadlo.
12. V prípade realizácie uvedených zmien bude potrebné zmeniť aj prevádzkový rozvod silnoprúdu a doplniť automatizovaný systém riadenia technologického procesu.

13. Z hľadiska stavebných úprav navrhujem revitalizovať betónové konštrukcie pôvodných betónových nádrží slúžiacich na dostabilizáciu, uskladnenie a manipuláciu s kalom, ako aj ČS.
14. Alternatívne riešenie by bolo vybudovať tretiu linku biologického čistenia, čím by sa dosiahla stabilizácia kalu v procese čistenia, odpadla by manipulácia s kalom z dôvodu dostabilizácie a zároveň by sa znížila citlivosť ČOV na hydraulické zaťaženie.

Uvedené úpravy je možné realizovať postupne alebo naraz v závislosti od finančných možností investora.

Príloha – fotodokumentácia

Príloha č.2 – Výkresy bioreaktorov



V Bratislave, 26.5.2016

Ing. Oto Tkačov, PhD.
Autorizovaný stavebný inžinier
reg. číslo 2351*Z*A2