

D.2.3.1 - 02 HYDROTECHNICKÉ VÝPOČTY

(dle ČSN 75 6401 a ATV A 131E)

Projekt:	ČOV Škvorec	Vypracoval:	MK
Kanalizace:	oddílná	Datum:	29. 4. 2021
Typ:	2 linky - samostatná AN-D, AN-N, REG, DN		

1.0 VSTUPNÍ ÚDAJE

Počet EO:	4700 EO	Koeficient denní nerovnoměrnosti k_d	1,4
Spec.potřeba qdp:	0,12 m ³ /EO*d	Koeficient denní nerovn. prům k_{dp}	-
Balastní vody:	0 %	Koeficient hodinové nerovnoměrnosti k_h	2
		Koeficient minimální hodinové nerovnoměrnosti k_{min}	0,6

2.0 BILANČNÍ UKAZATELE

Koncentrace znečištění na odtoku (návrhová) při použití BAT dle NV č. 401/2015 Sb.

Parametr	průměrná (mg/l)	"p" maximální (mg/l)	"m" celoroční průměr (mg/l)	min. účinnost (%)	Pro kategorie EO dle 401/2015 Sb.
BSK ₅	18	25	-	90	2tis. - 10tis.
CHSK	70	120	-	80	2tis. - 10tis.
NL	20	30	-	-	2tis. - 10tis.
N-NH ₄ ⁺	8	15	-	80	2tis. - 10tis.
N _{celk}	14	25	-	70	10tis.-100tis.
P _{celk}	2	5	-	75	2tis. - 10tis.

Navrhovaná výpočtová koncentrace N-NH₄⁺ je 5 mg/l.

Navrhovaná výpočtová koncentrace P_{celk} je 1,6 mg/l.

Roční množství vypouštěných odpadních vod	Q ₂₄ *365	=	200750 m ³ /r
Maximální měsíční množství	Q ₂₄ *365/12	=	16729 m ³ /m
Maximální množství	Q _{max} = Q _h	=	64,2 m ³ /h

3.0 ZATÍŽENÍ ČOV (dle ČSN 75 6401)

3.1 HYDRAULICKÉ ZATÍŽENÍ ČOV

Průměrný denní přítok OV	obyvatelstvo	Q _{24,m}	550 m ³ /d	22,9 m ³ /h	200750 m ³ /rok
	průmysl	Q _{24,p}	0 m ³ /d	0,0 m ³ /h	0 m ³ /rok
Denní množství bal.vod	Q _b =Q _{24,m} *b/100		0 m ³ /d	0,0 m ³ /h	0 m ³ /rok
Průměrný bezdeštný denní přítok	Q ₂₄ =Q _{24,m} +Q _{24,p} +Q _b		550 m ³ /d	22,9 m ³ /h	200750 m ³ /rok
Maximální bezdeštný denní přítok (výpočtový)	Q _d (Q _v)	Q _d =Q _{24,m} *k _d +Q _{24,p} *k _{d,p} +Q _b	770 m ³ /d	32,1 m ³ /h	8,9 l/s
Maximální bezdeštný hodinový přítok	Q _h	Q _h =(Q _{24,m} *k _d +Q _{24,p} *k _{d,p} +Q _b)/24		64,2 m ³ /h	17,8 l/s
Q _{min}				13,8 m ³ /h	3,8 l/s
Maximální přítok při čerpání	Q _{čerp} =n*Q _h			-	-
Multiplikátor			1		

3.2 LÁTKOVÉ ZATÍŽENÍ ČOV

3.2 LÁTKOVÉ ZATÍŽENÍ ČOV		$L_c = s. p. \cdot EO/1000$	$S_i = L_c/Q_{24} \cdot 1000$	* 365 dní	
	spec. produkce	denní produkce	koncentrace	roční produkce	
biochem. sp. kyslíku	BSK ₅	60 gBSK ₅ /EO.d	282,0 kgBSK ₅ /d	513 mg/l	102,93 t/rok
chemická sp. kyslíku	CHSK	120 gCHSK/EO.d	564,0 kgCHSK/d	1025 mg/l	205,86 t/rok
nerozpuštěné látky	NL	55 gNL/EO.d	258,5 kgNL/d	470 mg/l	94,35 t/rok
amoniakální dusík	N-NH ₄	7 gN-NH ₄ /EO.d	32,9 kgN-NH ₄ /d	60 mg/l	12,01 t/rok
celkový dusík	N _C	11 gNC/EO.d	51,7 kgN _C /d	94 mg/l	18,87 t/rok
celkový fosfor	P _C	2.5 gPC/EO.d	11,8 kgP _C /d	21 ma/l	4.29 t/rok

3.3 POŽADOVANÁ ÚČINNOST ČIŠTĚNÍ

parametr	S _i (mg/l)	S _o (mg/l)	E (%)
BSK ₅	513	18	96
CHSK	1025	70	93
NL	470	20	96
N _c	94	5,0	95
P _c	23	1,6	93

$$E = (S_i - S_o) / S_i * 100$$

4. AKTIVACE - 2 linky

4.0 NÁVRH OBJEMU STANDARDNÍHO REAKTORU

návrhové látkové zatížení kalu	$B_{SS(X)}$	0,08 kg BSK ₅ /kg suš*d
návrh koncentrace suš. aktivovaného kalu	X_{AN}	5,0 kg suš./m ³
návrhový objem $V=24*Q_d*S_i,BSK_5/B_X/X_{AN}$	V	987,0 m ³
objemové zatížení kalu	$B_R(V)$	0,40 kg BSK ₅ /m ³ *d

4.1 NÁVRHOVÉ STÁŘÍ KALU

způsob aktivačního procesu		R-D-N
teplota odpadní vody	T_{min}	10 °C
bezpečnostní faktor	SF	1,8
	V_D/V_{AT}	f_D
		0,372
navrhovaný objem denitrifikace		V_D
		280 m ³
navrhovaný celkový objem biologického reaktoru		V_{AT}
		751 m ³
návrhové stáří kalu	$SF * 3,4 * k_T / f_N$	$t_{ss \ dim}$
		15,9 d

4.2 DUSÍKOVÁ BILANCE - POMĚR OBJEMU DENITRIFIKACE V REAKTORU (ATV A 131E, str. 26)

denní produkce celkového dusíku N_c		51,7 kg/d		94 mg/l
organický dusík na odtoku	$S_{orgN,EST}$	1,10 kg/d		2 mg/l
amoniakální dusík na odtoku	$S_{NH4,EST}$	2,75 kg/d		5 mg/l
dusičnanový dusík na odtoku	$S_{NO3,EST}$	0,6	4,95 kg/d (4+0+10)	9 mg/l
dusík v biomase	$X_{orgN,BM}$	4,5 % BSK ₅	12,55	22,8 mg/l
dusičnan. dusík k denitrifikaci	$S_{NO3,D}$	30,35 kg/d		55,2 mg/l
poměr $S_{NO3,D} / C_{BOD,IAT}$				0,11 0,11
výpočtový poměr V_D/V_A				0,365
návrhový objem denitrifikace				274 m ³

4.3 POSOUZENÍ ZATÍŽENÍ REAKTORU

skutečné látkové zatížení kalu	$B_{SS(X)}$	0,11 kg BSK ₅ /kg suš*d
skutečné objemové zatížení kalu	$B_R(V)$	0,53 kg BSK ₅ /m ³ *d

4.4 OBJEMY NÁDRŽÍ

OBJEM NAVRHOVANÉHO BIOLOGICKÉHO REAKTORU BEZ REGENERACE

počet nádrží		- linka
stávající	délka nádrže D_{AT}	- m
rozměry:	šířka nádrže \hat{S}_{AT}	- m
	hladina vody V_{AT}	- m
	plocha dna A_{BR}	179 m ²
	objem V_{BR}	751 m ³

OBJEM NAVRHOVANÉ REGENERACE KALU

počet nádrží		1 linka
rozměry:	délka nádrže D_R	9 m
	šířka nádrže \hat{S}_R	3,6 m
	hladina vody V_R	4,2 m
	plocha dna A_R	32 m ²
	objem V_R	136 m ³

OBJEM NAVRHOVANÉ DENITRIFIKACE

počet nádrží		1 linka
rozměry:	délka nádrže D_D	9 m
	šířka nádrže \hat{S}_D	7,4 m
	hladina vody V_D	4,2 m
	plocha dna A_D	67 m ²
	objem V_D	280 m ³

OBJEM STÁVAJÍCÍ/NAVRHOVANÉ NITRIFIKACE

počet nádrží		1 linka - stávající	2. linka - stávající	1 linka - navrhovaná	celkem
rozměry:	délka nádrže D_N	7,2 m	7,2 m	11 m	
	šířka nádrže \hat{S}_N	5,5 m	5,5 m	3,0 m	
	hladina vody V_N	4,2 m	4,2 m	4,2 m	
	plocha dna A_N	39,6 m ²	39,6 m ²	33,0 m ²	112,2 m ²
	objem V_N	166,3 m ³	166,3 m ³	139 m ³	471 m ³

5. FOSFOR

5.1 BILANCE FOSFORU

denní produkce celkového fosforu P_c			11,8 kg/d	21 mg/l
fosfor na odtoku		80 %	0,88 kg/d	1,6 mg/l
fosfor k růstu het. biomasy	$X_{P,BIM}=0,01 \cdot S_{i,BSK5}$	1 %	2,82 kg/d	5,13 mg/l
biologicky odbourávaný fosfor	$X_{P,BIOL}=0,005 \cdot S_{i,BSK5}$	0,5 %	1,41 kg/d	2,56 mg/l
fosfor k chemickému srážení			6,64 kg/d	12,07 mg/l

5.2 NÁVRH CHEMICKÉHO SRÁŽENÍ FOSFORU

molární hmotnost P				30,97 g/mol
molární hmotnost Fe				55,85 g/mol
molární hmotnost $Fe_2(SO_4)_3$				399,885 g/mol
relativní objem srážedla b	před-, přímé, simult., terciální	(ATW A 202E, str. 10)		1,2
molární poměr $Fe/Fe_2(SO_4)_3$	AS_{Fe}			0,28
molární poměr P/Fe				0,55
průměrná dávka čistého srážedla	Bd	51,4 kg $Fe_2(SO_4)_3/d$		2,1 kg $Fe_2(SO_4)_3/h$
max. dávka čistého srážedla pro		69,4 kg $Fe_2(SO_4)_3/d$		2,9 kg $Fe_2(SO_4)_3/h$
peak factor f_p				1,35
procento účinné latky	Fe			40 %
hustota				1,48 g/cm ³
průměrná dávka koagulantu		158,0 ml/m ³		3,62 l/h
max. dávka koagulantu		213,3 ml/m ³		4,89 l/h
průměrná spotřeba koagulantu za den				87 l/d
objem zásobníku sikoagulantu				2 m ³
zásoba na dobu				23,0 dní
počet čerpadel				2 ks
výpočtové čerpané množství				2,44 l/h
návrhové čerpané množství				2,6 l/h

5.3 PRODUKCE KALU CHEMICKÝM SRÁŽENÍM

průměrná produkce kalu chemických srážení fosforu		34,5 kg/d
průměrná produkce kalu biologickým srážení fosforu		4,2 kg/d
celková produkce kalu srážení fosforu		38,7 kg/d

6. NÁVRH RECIRKULACE

celková recirkulace	$RC = RS + RI$	RC	5,6
účinnost recirkulace		h	85,0 %

6.1 NÁVRH RECIRLUKACE VRATNÉHO KALU

objem vratného kalu	$Q_{RS} = 0,5 \text{ až } 1,5 \cdot Q_d$		100 %
navrhovaný recirkulační poměr vratného kalu	$R_v = Q_R / Q_v$	RS	1
množství vratného kalu	pro 2 linky do DEN	Q_{RS}	32 m ³ /h
počet čerpadel			1 ks
dimenze výtlačného potrubí		D	106,5 mm
		DN	104 x 2 mm
doporučená rychlost ve výtlačném potrubí		v	1,0 m/s

6.2 NÁVRH INTERNÍ RECIRLUKACE

výpočtový poměr interní recirkulace			4,6
navrhovaný poměr interní recirkulace		RI	5
množství kalu interní recirkulace	2 linky	Q_{RI}	160 m ³ /h
množství kalu interní recirkulace	1 linka	Q_{RI}	80 m ³ /h
počet čerpadel			1 ks/linku
dimenze výtlačného potrubí		D	168,4 mm
		DN	164 x 2 mm
doporučená rychlost ve výtlačném potrubí		v	1,0 m/s

7. SPOTŘEBA KYSLÍKU

7.1. SPOTŘEBA KYSLÍKU

špičková hodinová spotřeba kyslíku	$OU_{h, max}$	22,2 kg O ₂ /h 532,1 kg O ₂ /d
hodinová spotřeba kyslíku	OU_h	382,7 kg O ₂ /d
využití kyslíku pro odbourávání uhlíku	$OU_{d, C}$	321,3 kg O ₂ /d
specifická spotřeba kyslíku	$OU_{C, BOD}$	1,14 kg O ₂ /kg BSK ₅
spotřeba kyslíku v nitrifikaci	$OU_{d, N}$	149,4 kg O ₂ /d
kyslík v denitrifikaci	$OU_{d, D}$	88,0 kg O ₂ /d
koeficient	f_C	1,2
koeficient	f_N	2
špičková spotřeba kyslíku	$OU_{h, fc}$	17,9 kg O ₂ /h
	$OU_{h, fN}$	22,2 kg O ₂ /h

7.2. STANDARDNÍ OXIGENAČNÍ KAPACITA

standardní oxigenační kapacita	OC_{st}	888,6 kg O ₂ /d
špičková standardní oxigenační kapacita	$OC_{st, max}$	1235,6 kg O ₂ /d
navrhovaná špičková standardní oxigenační kapacita	30% OC_{st}	1155,2 kg O ₂ /d
koeficient přestupu kyslíku a (0,5 - 1)	a	0,75
korekce nadmořské výšky f_p (tab. odečet) 250 m n. m.	f_p	0,97
součinitel nerovnoměrnosti k_n (1-1,3)	k_n	1,3
teplota T	T	23 °C
rozpuštěnost kyslíku v čisté vodě $c_{m,s}$ (T 23°C)	$c_{m,s}$	8,68 mg O ₂ /l
provozní koncentrace kyslíku c_m (2 nebo 0,5)	c_m	2,0 mg O ₂ /l

7.3. PROVZDUŠŇOVACÍ ZAŘÍZENÍ

průtok vzduchu Q_{vZ}	Q_{vZ}	551,0 m ³ /h
špičkový průtok vzduchu $Q_{vZ, max}$	$Q_{vZ, max}$	766,1 m ³ /h
navrhovaný špičkový průtok vzduchu $Q_{vZ, max}$	30% Q_{vZ}	716,3 m ³ /h
obsah kyslíku ve vzduchu	c_i	0,28 kg/m ³
množství využitého O ₂ ve vzduchu při dané hl. ponoření	Ea	24,0 %
hloubka probublávání	H	4 m
množství využitého O ₂ na 1m hloubky	E_2	6,0 %/m
počet elementů	170,2	180 ks
průtok vzduchu na element		4,50 m ³ /h
počet nádrží		2 linky
počet dmychadel	(provozní + rezerva)	2+1 ks
rezerva vzduchu		5 m ³ /h
max. návrhové množství vzduchu jednoho dmychadla		363 m ³ /h
		50 kPa
přetlak p_v tlak vzduchu v nadm. výšce	p_1	
hydraulický tlak $p_H = h \cdot r \cdot g$	p_H	40 kPa
tlaková ztráta v potrubí	p_P	1 kPa
tlak. ztr. aeračního elementu	p_A	4 kPa
tlak. ztr. ve ventilech, filtrech	p_F	0 kPa
	$p_v = p_1 + p_H + p_P + p_A + p_F$	45 kPa

7.4. PŘÍVODNÍ POTRUBÍ PROVZDUŠŇOVACÍHO ZAŘÍZENÍ

rychlost vzduchu v potrubí (10 - 20 m/s)	v	13 m/s
dimenze potrubí	D	99 m
DN přívodního potrubí	DN	DN100

7.5. PROVZDUŠŇOVACÍ ZAŘÍZENÍ REGENERACE

návrhový parametr regenerace	1 - 2 m ³ /h/m ³ nebo 6 m ³ /h/m ²		
plocha dna		A _R	32 m ²
objem		V _R	136 m ³
navrhovaný průtok vzduchu dle plochy	1,5 m ³ /h/m ³	Q _{VZ, R, P}	204 m ³ /h
navrhovaný průtok vzduchu dle objemu	6 m ³ /h/m ²	Q _{VZ, R, O}	194
obsah kyslíku ve vzduchu		c _i	0,28 kg/m ³
množství využitého O ₂ ve vzduchu při dané hl. ponoření		E _a	24,0 %
hloubka probublávání		H	4 m
množství využitého O ₂ na 1m hloubky	Jetflex HD270	E ₂	6,0 %/m
počet elementů		45,4	44 ks
průtok vzduchu na element			4,50 m ³ /h
přetlak p _v	tlak vzduchu v nadm. výšce	p ₁	
	hydraulický tlak	p _H	40 kPa
	tlaková ztráta v potrubí	p _P	1 kPa
	tlak. ztr. aeračního elementu	p _A	4 kPa
	tlak. ztr. ve ventilech, filtrech	p _F	0 kPa
	p _v = p ₁ + p _H + p _P + p _A + p _F		45 kPa
max. návrhové množství vzduchu jednoho dmychadla			204 m ³ /h
			50 kPa
rychlost vzduchu v potrubí (10 - 20 m/s)		v	12 m/s
dimenze potrubí		D	78 mm
DN přívodního potrubí		DN	DN80

8 DOSAZOVACÍ NÁDRŽE (DN) - 2 linky - LAMELOVÁ VESTAVBA

8.1 ZAHUŠŤOVÁNÍ KALU V DN

kalový index	SVI	110 mg/l
doba zahuštění	t _{Th}	1,8 h
koncentrace kalu na dně DN	SS _{BS}	11,1 kg suš./m ³
koeficient naředění: shrabovák		0,9
koncentrace vratného kalu	SS _{RS}	10 kg suš./m ³
recirkulační poměr	RS	1
koncentrace kalu v biologickém reaktoru	SS _{AT}	5,0 kg suš./m ³
objemové hydraulické zatížení kalu	q _{sv}	550 l/m ² /h
objem kalu v DN po 30 min.	DSV	547 l/m ³

8.2 NÁVRH VÝŠEK DN

plošné hydraulické zatížení		q _A	0,90 m/h
min plocha hladiny	2 linky	A _{ST}	35,6 m ²
průměr ukliďovacího válce	1 linka	d _V	0,8 m
plocha ukliďovacího válce	1 linka	A _V	0,5 m ²
potřebná plocha	1 linka		18,1 m ²
navržená plocha	1 linka	A _{DN}	25,0 m ²
navržená plocha	2 linky	A _{DN}	50,0 m ²
navržený délka strany čtvercové nádrže		a _{DN}	5,0 m
výpočtová hloubka nádrže		4,9 m	Návrh
zóna čisté vody	h ₁	0,5 m	0,5 m
separační zóna	h ₂	2,0 m	1 m
akumulační zóna	h ₃	1,0 m	1 m
zahušťovací zóna	h ₄	1,5 m	1,5 m
navrhovaná hloubka nádrže		s lamelovou vestavbou	4,0 m
navrhovaný objem			100,5 m ³

8.3 NÁVRHOVÉ PARAMETRY LAMELOVÉ VESTAVBY

specifická plocha		8,2 m ² /m ³
hydraulický poloměr		82 mm
maximální návrhová průtoková kapacita lamely		132,25 m³/h
typ lamelového modulu		H80 (polypropylen)
výška lamelové vestavby		800 mm
celkový objem lamelové vestavby		28,2 m ³
instalovaná plocha lamel		36 m ²
projektovaná plocha lamel		220,42 m ²
úhel lamelové dutiny		60 °
doba zdražení		h

8.4 POSOUZENÍ DN S LAMELOVOU VESTAVBOU

plocha dosazováku	4 m průměr	12,6 m ²
plocha lamelové vestavby		9,0 m ²
specifická plocha lamelové vestavby		8,2 m ²
projektovaná plocha lamelové vestavby	1 linka	73,8 m ²
projektovaná plocha lamelové vestavby	2 linky	147,6 m ²
navrhovaný průtok	1 linka	32,1 m ³ /h
navrhovaný průtok	2 linky	64,2 m ³ /h
navrhované plošné hydraulické zatížení	q _A	0,4 m/h
navrhované plošné hydraulické zatížení s recyrkulací	q _{A+RS}	0,9 m/h

9. ZPRACOVÁNÍ KALU

9.1 PRODUKCE PŘEBYTEČNÉHO KALU

specifická produkce přebytkového kalu	Y _{OB}	0,91 kg kalu/kg BSK ₅
tepelný faktor endogenní respirace	F _T	0,71
produkce přebytkového kalu	SP _{d,C}	255,5 kg/den

9.2 VÝPOČET STÁŘÍ KALU

koncentrace sušiny přebytkového kalu	X _w	10,0 kg/m ³
koncentrace sušiny na odtoku	X _O	0,02 kg/m ³
objem přebytkového kalu	Q _w = (P _{Sc} -P _{So})/(X _R -X _O)	24,39 m ³ /d
	Q _w	1,016 m ³ /h
celkové množství sušiny P _{Sc} (50 g * EO/d)	P _{Sc}	254,4 kg/d
množství uniklého kalu do odtoku P _{So} = X _O *Q ₂₄	P _{So}	11,0 kg/d
koncentrace sušiny vratného kalu	X _R	10,0 kg/m ³
stáří kalu = V _R *X/24/(X _w *Q _w +X ₂ (Q ₂₄ -Q _w))	t _{ss}	14,8 d

9.3 PARAMETRY KALOVÉHO HOSPODÁŘSTVÍ

produkce přebytkového kalu		255,5 kg/d
produkce přebytkového kalu srážením fosforu		38,7 kg/d
celková produkce přebytkového kalu		294,2 kg/d
předpokládané zahuštění v kalojemu		1 %
objem přebytkového kalu		29,4 m ³ /d
předpokládané zahuštění v kalojemu		2,5 %
objem kalu při předpokládaném zahuštění v kalojemu		11,8 m ³ /d
předpokládané zahuštění kalu v dehydrátoru		18 %
objem kalu po předpokládaném odvodnění		1,6 m ³ /d
předpokládaná doba odvodňování	cca	5 h/d
množství vylisované vody		10,1 m ³ /d