

# **Příloha č.2: Hydrotechnický výpočet ČOV**



## HYDROTECHNICKÝ VÝPOČET ČOV podle norem ČSN 75 6401

AKCE : **ČOV Pačlavice**

KANAL.: jednotná s ČS na síti

TYP: vsazený DN, čtvercová aktivace

DATUM: 23.09.2019

ZPRAC.: ing. Mikešová

### VSTUPNÍ ÚDAJE

Počet EO:	1000 EO	Koeficient denní nerovnoměrnosti	$k_d$	1,4
Spec.potř. $q_{dp}$	0,12 m <sup>3</sup> /EO.d	Koeficient denní nerovnom.průmysl	$k_{d,p}$	1
Balastní vody:	20 %	Koeficient hodinové nerovnoměrnosti	$k_h$	2,2

### HYDRAULICKÉ ZATÍŽENÍ ČOV

Průměrný denní přítok OV	obyvatelstvo	$Q_{24,m}$	120 m <sup>3</sup> /d	5 m <sup>3</sup> /h	43800 m <sup>3</sup> /r
	průmysl	$Q_{24,p}$	0 m <sup>3</sup> /d	0 m <sup>3</sup> /h	0 m <sup>3</sup> /r
Denní množství bal.vod	$Q_b = Q_{24,m} * b / 100$		24 m <sup>3</sup> /d	1 m <sup>3</sup> /h	8760 m <sup>3</sup> /r
Průměrný bezdeštný denní přítok	$Q_{24} = Q_{24,m} + Q_{24,p} + Q_b$		144 m <sup>3</sup> /d	6 m <sup>3</sup> /h	52560 m <sup>3</sup> /r
Maximální bezdeštný denní přítok OV (výpočtový)	$Q_d = Q_{24,m} * k_d + Q_{24,p} * k_{d,p} + Q_b$		192 m <sup>3</sup> /d	8 m <sup>3</sup> /h	2,22 l/s
Maximální bezdeštný hodinový přítok OV	$Q_h = (Q_{24,m} * k_d * k_h + Q_{24,p} * k_{d,p} * k_h + Q_b) / 24$			19,48 m <sup>3</sup> /h	5,41 l/s
Maximální přítok za deště	$Q_{dest} = n * Q_h$			23,38 m <sup>3</sup> /h	6,49 l/s
Multiplikátor $n = Q_{dest} / Q_h$ 1,2					
ČOV do 5000 EO $Q_{dest} < 1,2 * Q_h$ ano					
ČOV nad 5000 EO $Q_{dest} < 2 * Q_d - Q_b$					

### LÁTKOVÉ ZATÍŽENÍ ČOV

Biochem.sp.kyslíku BSK <sub>5</sub>	60 gBSK <sub>5</sub> /EO.d	60 kgBSK <sub>5</sub> /d	416,67 mg/l	21,9 t/r
Chemická sp.kyslík CHSK	120 gCHSK/EO.d	120 kgCHSK/d	833,33 mg/l	43,8 t/r
Nerostpuštěné látky NL	55 gNL/EO.d	55 kgNL/d	381,94 mg/l	20,08 t/r
Celkový dusík N <sub>c</sub>	11 gN <sub>c</sub> /EO.d	11 kgN <sub>c</sub> /d	76,39 mg/l	4,02 t/r
Celkový fosfor P <sub>c</sub>	2 gP <sub>c</sub> /EO.d	2 kgP <sub>c</sub> /d	13,89 mg/l	0,73 t/r

Počet EO dle látkového zatížení	1000 EO
Koncentrace znečištění BSK <sub>5</sub> $S_i = L_c / Q_{24,1} * 1000$	416,666667 mg/l

## NÁVRH

Počet linek

1 ks

## 1. AKTIVAČNÍ NÁDRŽ - 1 linka

s nitrifikací, denitrifikací a současnou stabilizací kalu, na předřazeném stupni odbouráno p procent BSK <sub>5</sub>				
látkového zatížení (cca 10 - 15 %)	p	=	0	%
látkové zatížení BSK <sub>5</sub> na aktivaci	$Lan = Lc \cdot (1-p/100)$	=	60,00	kgBSK <sub>5</sub> /d
objemové látkové zatížení BSK <sub>5</sub>	Bv	=	0,2	kgBSK <sub>5</sub> /m <sup>3</sup> *d
koncentrace suš.aktivovaného kalu(dop. 3,5-5kgsuš/m <sup>3</sup> )	Xan	=	4	kgsuš./m <sup>3</sup>
látkové zatížení kalu Bx=Bv/Xan	Bx	=	0,05	kgBSK <sub>5</sub> /kgsuš.d

## 1.1 VÝPOČET OBJEMU AKTIVAČNÍ NÁDRŽE

<b>nutný objem aktivační nádrže</b>	$Van = Lc / Bv$	=	300,0	m <sup>3</sup>
<u>návrh:</u> strana nádrže	$Aan$	=	8,2	m
strana nádrže	$Ban$	=	8,4	m
hladina vody	$Han$	=	5,3	m
<b>skutečný objem akt.nádrže Van =</b>	$(Aan \cdot Ban \cdot Han) \cdot Vdn$	=	303,38	m <sup>3</sup>
$Van / EO = Van / (Lc/0.06) \cdot 1000$		=	303,38	l/EO
skutečné zatížení v aktivaci :	$Bv = Lc / Van$	=	0,20	kgBSK <sub>5</sub> /m <sup>3</sup> *d
zdržení v aktivaci	$Tan = Van / Q_{24}$	=	50,56	h

## 1.2 VÝPOČET STÁŘÍ KALU

koncentrace sušiny přebytečného kalu	Xw	=	8	kg/m <sup>3</sup>
koncentrace nerozpuštěných látek na odtoku	X2	=	0,02	kg/m <sup>3</sup>
objem přebytečného kalu	Qw	=	5,90	m <sup>3</sup> /d
$Qw = (PSc - PSo) / (Xvk - X2)$	Qw	=	0,25	m <sup>3</sup> /h
celkové množství sušiny PSc = 50 g/EO.d * EOlátk	PSc	=	50	kg/d
množství sušiny na odtoku PSo = NLo*Q <sub>24</sub>	Pso	=	2,88	kg/d
koncentrace sušiny vratného kalu	Xvk	=	8	kg/m <sup>3</sup>
stáří kalu = $Van \cdot Xan / 24 / (Xw \cdot Qw + X2(Q24 - Qw))$	Tx	=	24,27	d

## 1.3 OXYGENAČNÍ KAPCITA

koeficient	as	=	0,50	kg O <sub>2</sub> /kgBSK <sub>5</sub>
koeficient endogenní respirace	kre	=	0,10	
denní potřeba kyslíku aktivovaný kal	Os	=	176,35	kg O <sub>2</sub> /d
z toho: - substrátová respirace		=	29,40	kg O <sub>2</sub> /d
- endogenní respirace		=	120,00	kg O <sub>2</sub> /d
- nitrifikace		=	26,95	kg O <sub>2</sub> /d
hodinová potřeba kyslíku aktivovaný kal	Osh	=	8,52	kg O <sub>2</sub> /h
koeficient využití kyslíku (0,8-0,9)	a	=	0,8	
rozpuštěnost kyslíku, simultánní nitr.+denitr.	c <sub>m</sub>	=	0,5	mg O <sub>2</sub> /l
rovnovážná koncentrace O2 při T10	c <sub>s10</sub>	=	11,24	g O <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>
rovnovážná koncentrace O2 při T20	c <sub>s20</sub>	=	9,07	g O <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>
odmocnina (D20/Dt)		=	0,861	
Cu (1-2 gO2/m3)		=	1	g O <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>
<b>denní oxygennační kapacita</b>	OC <sub>a</sub>	=	264,35	kg O <sub>2</sub> /d
<b>hodinová oxygennační kapacita</b>	OC <sub>h</sub>	=	12,77	kg O <sub>2</sub> /h
přenos kyslíku na 1 m hloubky		=	10	g / m <sup>3</sup> *m
hloubka probublávání He = Han - 0,2	He	=	5	m
množství vzduchu		=	255,49	m <sup>3</sup> /h
<b>standardní oxygennační kapacita dle TNV 756613</b>	OC <sub>st</sub>	=	267,21	kg O <sub>2</sub> /d
koeficient a přestupu kyslíku (0,5 - 1)	a	=	0,7	
korekce nadmořské výšky f <sub>p</sub> (tab.odečet)	f <sub>p</sub>	=	0,954	
součinitel nerovnoměrnosti (1-1,3)	kn	=	1,2	
teplota T °C		=	20	°C
spotřeba kyslíku	Ocp	=	176,35	kg O <sub>2</sub> /d
rovnovážná koncentrace O2 při T20	c <sub>m,s</sub>	=	9,07	g O <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>
provozní koncentrace O2	c <sub>m</sub>	=	1,5	g O <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>
přenos kyslíku na 1 m hloubky		=	10	g / m <sup>3</sup> *m
hloubka probublávání He = Han - 0,2	He	=	5	m
množství vzduchu		=	222,67	m <sup>3</sup> /h

<b>1.4 PROVZDUŠŇOVACÍ ZAŘÍZENÍ</b>				
specifická potřeba kyslíku	OB	=	3	kg O <sub>2</sub> /BSK <sub>5</sub>
koeficient alfa ( 0.5 - 1.0 )		=	0,7	
přívod kyslíku OC=OB*Lc/(alfa*24)	OC	=	10,71	kg O <sub>2</sub> /h
hloubka probublávání He = Han - 0.3	He	=	5	m
kyslíkový vnos f-O2 -bez nuceného oběhu		=	8-10	g / m <sup>3</sup> *m
-s nuceným oběhem		=	12-15	g / m <sup>3</sup> *m
zvoleno		=	10	g / m <sup>3</sup> *m
He * f O2		=	0,050	kg O <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>
potřebné množství vzduchu Qp = OC / He * f O2	Qp	=	214	m <sup>3</sup> /h
Skutečné množství vzduchu v závislosti na konkrétním atm.tlaku (nadm.výšce)				
a konkrétní předpokládané teplotě vzduchu na sání Qs=Qp*f		=	245	m <sup>3</sup> /h
f = (273+T)/(273*(((288-0,0065*H)/288)^5,255))		=	1,14	
předpokl.teplota nasávaného vzduchu	T	=	30	st.C
nadmořská výška ČOV	H	=	255	m n.m.
NÁVRH DMÝCHADLA				
dmýchadlo		=	245	m <sup>3</sup> /h
návrh množství vzduchu	Qvz	=	245	m <sup>3</sup> /h
		=	4,08	m <sup>3</sup> /min
počet dmýchadel		=	1	ks
zapojení dmýchadel		=	1+1	ks
počet dmýchadel		=	2	ks
přetlak		=	65	kPa
přívod vzduchu bude regulován měřicí a řídící sondou dle skutečné spotřeby kyslíku				
<b>1.5 POMALUBĚŽNÉ VRTULOVÉ MÍCHADLO</b>				
pro denitrifikaci budou nainstalována pomaluběžná vrtulová míchadla , která zajistí promíchávání aktivovaného kalu				
počet míchadel	k	=	1	ks
průměr	Dm	=	0,6	m
jmenovitý výkon míchadla	Pi	=	1,5	kW
skutečný měrný výkon míchadla (v praxi 2 - 8 W/m <sup>3</sup> )		=	4,94	W/m <sup>3</sup>
<b>1.6 NÁVRH POČTU PROVZDUŠŇOVAČŮ :</b>				
jemnobublinné provzdušňování výkon jednoho provzdušň. elementu		=	4-5,5	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> *ks
zvoleno		=	5	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> *ks
min. počet provzdušňovačů		=	49,00	ks
zvoleno		=	50	ks
<b>1.7 NÁVRH VZDUCHOVÉHO POTRUBÍ PRO AKTIVACI</b>				
-doporučená rychlost vzduchu v potrubí		=	10-20	m/s
Hlavní trubní svod k aktivaci F = Qvz / v	F	=	45,3703704	cm <sup>2</sup>
vypočítaný průměr potrubí		=	76,00	mm
návrh	DN	=	80	NEREZ
výpočet rychlosti : v = Qvz / F		=	13,54	m/s

## 2. DOSAZOVACÍ NÁDRŽ\_1 linka

Maximální bezdeštný hodinový přítok OV	Q <sub>h</sub>	=	19,48	m <sup>3</sup> /h
Max.přítok za deště	Q <sub>dest</sub>	=	23,38	m <sup>3</sup> /h
koncentrace sušiny v aktivaci	X	=	4	kg/m <sup>3</sup>
index kalu	KI	=	100	ml/g
objem kalu v AN	V30	=	400	ml/l
objem hydr. zatížení kalu	L	=	600	l/m <sup>2</sup> *h

<b>2.1 NÁVRH PLOCHY DOSAZOVACÍ NÁDRŽE</b>				
plošné hydraulické zatížení v-DN = L / (X * KI)	v <sub>DN</sub>	=	1,50	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> *h
min.plocha dosazovací nádrže A <sub>min1DN</sub> = Q/ v-DN	A <sub>min1DN</sub>	=	15,59	m <sup>2</sup>
plocha přítokového válce	Av	=	0,43	m <sup>2</sup>
celk.potřebná plocha Amin-DN = Q/ v-DN	A <sub>minDN</sub>	=	16,02	m <sup>2</sup>
min.průměr dosazováků vypočtené	D <sub>DN</sub>	=	4,52	m
průměr dosazováků navržený	D <sub>DN</sub>	=	6	m
skutečná plocha dosazovací nádrže A <sub>DN</sub> =(π * D <sub>DN</sub> <sup>2</sup> )/4		=	28,27	m <sup>2</sup>
odtoková rýna ( k úhelník )	k	=	6	
skutečná plocha přítokového válce	Av	=	0,78	m <sup>2</sup>
průměr přítokového válce		=	28m2	m

<b>2.2 VÝPOČET OBJEMU SUŠINY</b>			
objem vratného kalu: $Q_{vk} < 1,5 \cdot Q_v$	=	100	%
množství vratného kalu	$Q_{vk}$	8	m <sup>3</sup> /h
poměr vratného kalu $VK = Q_{vk}/Q_v$	VK	1	
poměr vratného kalu $VK_{dest} = Q_{vk}/Q_{dest}$	VKdest	0,41067762	
sušina obsažená ve vratném kalu	$Xvk = X \cdot (1+VK)/VK$	8	kg/m <sup>3</sup>
	$Xvkd = X \cdot (1+VKdest)/VKdest$	10,305	kg/m <sup>3</sup>
sušina obsažená na dně dosazováku	$Xdd = Xvk$ nebo $Xvkd$	10,305	kg/m <sup>3</sup>
proměnná navýšení sušiny		1	kg/m <sup>3</sup>
$Xmax = X + \text{proměnná navýšení sušiny}$		5	kg/m <sup>3</sup>
zatížení plochy dos.nádrže nerozpuštěnými látkami	$N_A = (Q_h + Q_{vk}) \cdot Xmax / (A_{DN} \cdot Av)$	5,7	kg/m <sup>2</sup> ·h
do 6 kg/m <sup>2</sup> ·h			
<b>2.3 VÝPOČET OBJEMU</b>			
doba zahuštění tE	tE	1,09	h
koncentrace C	C	828,30	l/m <sup>3</sup>
* zóna čisté vody	$h1 = \text{konst.}$	0,50	m
* dělicí zóna	$h2 = 0,3 \cdot v \cdot DN \cdot (1+VK \cdot n \cdot VKdest) / (1-V30/1000)$	1,06	m
* akumulační zóna	$h3 = 0,45 \cdot L \cdot (1+VK \cdot n \cdot VKdest) / 500$	0,76	m
* zahušťovací zóna	$h4 = L \cdot (1+VK \cdot n \cdot VKdest) \cdot tE / C$	1,12	m
celková poměrná hloubka	hcelk	3,44	m
doporučený objem dosazováku : $V-DN = A-DN \cdot hcelk$		53,59	m <sup>3</sup>
<u>sklon dosazovací nádrže alfa</u>			
		60	
průměr dosazováku u dna	Ddno	0,4	m
hloubka trychtýře :	$ht = (D_{DN}/2 - D_{dno}/2) \cdot \tan(\alpha)$	4,85	m
skutečný objem trychtýře Vt	$Vt = \pi \cdot ht/3 \cdot (D_{DN}^2 + D_{dno}^2 + D_{DN} \cdot D_{dno})$	48,96	m <sup>3</sup>
hloubka cylindru:	zvoleno hcl	0,45	m
objem cylindru :	$Vcl = \pi \cdot D_{DN}^2 / 4 \cdot hcl$	12,72	m <sup>3</sup>
celkový potřebný objem dosazovací nádrže	$V_{DN} = Vt + Vcl$	61,68	m <sup>3</sup>
celková hloubka :	$hcel = ht + hcl$	5,30	m
NÁVRH H - DN	H-DN	5,3	m
skutečné plošné zatížení	$V_{DN} = Q_v / A_{DN}$	0,28	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ·h
max.skutečné plošné zatížení	$V_{DN} = Q_h / A_{DN}$	0,83	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ·h
skutečná doba zdržení	$t_{bezd} = V_{DN} / Q_h$	3,20	h
min. doba zdržení	$t_{dest} = V_{DN} / Q_h$	2,64	h
<b>2.4 VRATNÝ KAL</b>			
přítok vratného kalu	$Q_{vk} < 2,0 \cdot Q_v$	16	m <sup>3</sup> /h
zvoleno	$Q_{vk}$	8	m <sup>3</sup> /h
nvk		1	
$QVK = Q_{vk} \cdot nvk$		8	m <sup>3</sup> /h
KALOVÉ POTRUBÍ rychlost kalu v potrubí	v	1	m/s
$F = QVK / (v \cdot 3600)$		22,22	cm <sup>2</sup>
potřebný průměr		53,19	mm
návrh : DN		66	PE d75
výpočet : $v = Q_{vk} / F$		0,65	m/s
SHYBKA	$Q = Q_{VK} + Q_v$	31,38	m <sup>3</sup> /h
rychlost kalu v potrubí shybky	vs	1	m/s
$F = Q / (vs \cdot 3600)$		87,17	cm <sup>2</sup>
potřebný průměr (150,200,250,300)		105,35	mm
návrh DN :		200	mm

### 3. KALOVÉ HOSPODÁŘSTVÍ

<b>3.1 USKLADŇOVACÍ NÁDRŽ KALU (KALOJEM)</b>			
specifické mn.stabilizovaného kalu	=	50	g/EO*d
celková produkce kalu	CP=50/1000*EOlátk.	=	50 kg/d
obsah pevných látek	OPL	=	3 %
denní produkce kalu	CP/1000*100/O	=	1,67 m <sup>3</sup> /d
		=	608,00 m <sup>3</sup> /r
potřebná kapacita kalojemu	Kkal	=	90 d
potřebný objem V = Kkal * Qkal	V	=	150 m <sup>3</sup>
<u>Akal</u>		=	4,8 m
<u>Bkal</u>		=	6,5 m
<u>Hkal</u>		=	4,85 m
<u>počet kalových sil</u>		=	1 ks
Vkal = Akal*Bkal*Hkal		=	151,32 m <sup>3</sup>
doba zdržení tkal = Vkal*Qkal		=	90,79 d
<b>3.2 PROVZDUŠŇOVACÍ ZAŘÍZENÍ-STŘEDNĚBUBLINNÉ</b>			
potřeba kyslíku		=	1 m <sup>3</sup> O <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>
účinnostní koeficient ( 0,8 - 1,3 )		=	0,8
potřebné množství vzduchu pro kalovou nádrž	Vkal*koef	=	121 m <sup>3</sup> /h
NÁVRH DMÝCHADLA	dmýchadlo	=	120 m <sup>3</sup> /h
		=	2 m <sup>3</sup> /min
	počet dmýchadel	=	1 ks
	přetlak	=	60 kPa
NÁVRH POČTU PROVZDUŠŇOVAČŮ :	středněbublinné provzdušňování	=	5,5-6,5 m <sup>3</sup> /ks*h
	výkon jednoho provzdušň. elementu	=	6 m <sup>3</sup> /ks*h
	potřebný počet provzdušňovačů	=	20,00 ks
	zvoleno	=	20 ks
<b>3.3 STROJNÍ ODVODNĚNÍ-ODSTŘEDIVKA</b>			
specifické mn.stabilizovaného kalu		=	50 g/EO*d
celková produkce kalu	CP=50/1000*EOlátk.	=	50 kg/d
výstupní sušina		=	20 %
denní produkce odvodněného kalu		=	0,3 m <sup>3</sup> /d
roční produkce odvodněného kalu		=	109,5 m <sup>3</sup> /r
denní množství zpracovávaného kalu na odvodnění	denní PK*7/5	=	2,33 m <sup>3</sup> /d
hltnost odvodňovacího zařízení		=	1 m <sup>3</sup> /hod
počet provozních hodin za pracovní týden (max. 18 hodin týdně)		=	2,3 hod

### 4. VÝPOČET ODSTRAŇOVÁNÍ FOSFORU

<b>4.1 BILANCE FOSFORU</b>			
specifické množství fosforu	s	=	2 g <sub>P</sub> /EO.d
požadovaná koncentrace P v odtoku	c	=	1,5 g/m <sup>3</sup>
denní množství fosforu	P = s*EO	=	2 kg <sub>P</sub> /d
biologicky odbouráno 40%	Pb = 0,4*P	=	0,80 kg <sub>P</sub> /d
celkové množství P v odtoku	Po = c*Qv/1000	=	0,22 kg <sub>P</sub> /d
k chem.odbourání zbývá	Pc = P-Pb-Po	=	0,98 kg <sub>P</sub> /d
srážedlo : chlorid železitý FeCl <sub>3</sub>	hustota srážedla	r	= 1,43 g/cm <sup>3</sup>
	procenta účinné látky	p	= 40 %Fe
	molární poměr	m	= 1,3 mol <sub>Fe</sub> /mol <sub>P</sub>
	atomová hmotnost P		= 30,97
	atomová hmotnost Fe		= 55,85
<b>4.2 VÝPOČET POTŘEBNÉHO MNOŽSTVÍ SRÁŽEDLA mFe</b>			
mFe = Pc*m*55,85/30,97		=	2,31 kg <sub>Fe</sub> /d
molární přepočít na srážedlo FeCl <sub>3</sub>		=	2,9
DÁVKA SRÁŽEDLA	D = 2,9*mFe	=	6,69 kg <sub>FeCl<sub>3</sub></sub> /d
		=	2441,8 kg <sub>FeCl<sub>3</sub></sub> /r
objem srážedla	V = D/(p*r)*100	=	11,70 l/d
		=	4269 l/r
NÁVRH : objem zásobní nádrže	<u>V</u>	=	2,5 m <sup>3</sup>
skladová kapacita		=	214 d
dávkovací čerpadlo	potřebný výkon	=	11,70 l/d
		=	0,49 l/h
navržen	skutečný výkon	=	1 l/h