



***„Zpracování podkladů terénního šetření bodových zdrojů znečištění
v povodí vodárenské nádrže Švihov“ - aktivita A3***

- a) Audit stávajících bodových zdrojů znečištění v povodí VN Švihov*
- b) Expertní a konzultační činnost*

SMLOUVA O DÍLO

číslo 03/2009/2/Ho

Plnění projektu BG FTA EČ 008

„Integrovaný vodohospodářský management v ochranných pásmech vodního zdroje Želivka“

Objednatel: A.R.C. spol. s r.o.

Klimentská 8, 110 00 Praha – Nové Město

Zhotovitel: ENVI-Pur, spol. s r.o.

Měšická 3083, 390 02 Tábor



duben 2009

OBSAH

1.	Audit stávajících bodových zdrojů znečištění v povodí VN Švihov.....	2
1.1	Čistírna odpadních vod Pelhřimov	2
1.1.1	Stávající situace	2
1.1.2	Stručná charakteristika	2
1.2	Čistírna odpadních vod Pacov	5
1.2.1	Stávající situace	5
1.2.2	Stručná charakteristika	5
1.2.3	Hlavní body návrhu intenzifikace	6
1.3	Obec Obrataň.....	8
1.3.1	Stávající situace	8
1.3.2	Stručná charakteristika	8
1.4	Obec Božejov	11
1.4.1	Stávající situace	11
1.4.2	Stručná charakteristika	11
1.5	Obec Senožaty.....	13
1.5.1	Stávající situace	13
1.5.2	Stručná charakteristika	13
1.6	Obec Červená Řečice	15
1.6.1	Stávající situace	15
1.6.2	Stručná charakteristika	15
1.7	Obec Želiv	16
1.7.1	Stávající situace	16
1.7.2	Stručná charakteristika	16
1.8	Obec Košetice	18
1.8.1	Stávající situace	18
1.8.2	Stručná charakteristika	18
1.9	Obec Čechtice	20
1.9.1	Stávající situace	20
1.9.2	Stručná charakteristika	20
1.10	Obec Křivsoudov.....	21
1.10.1	Stávající situace	21
1.10.2	Stručná charakteristika	21
2.	Expertní a konzultační činnost	22
2.1	Biologické čištění odpadních vod a aktivační proces	22
2.2	Principy biologického odstraňování sloučenin dusíku	22
2.2.1	<i>Začlenění denitrifikace do aktivačního procesu.....</i>	23
2.3	Principy biologického odstraňování sloučenin fosforu	28
2.3.1	<i>Uspořádání aktivační pro zvýšené biologické odstranění fosforu.....</i>	28
2.3.2	<i>Chemické srážení fosforu</i>	30
2.4	Společné odstraňování dusíku a fosforu a jeho problémy.....	31
3.	Navrhovaná opatření a závěr	32

1. Audit stávajících bodových zdrojů znečištění v povodí VN Švihov

V rámci plnění předmětu Smlouvy o dílo č. 03/2009/2/Ho „*Zpracování podkladů terénního šetření bodových zdrojů znečištění v povodí vodárenské nádrže Švihov*“ byly konzultovány projekty intenzifikace čistíren odpadních vod měst Pelhřimov a Pacov. Jedná se o největší sídla v povodí nádrže Švihov a tudíž se jedná o potenciálně největší bodové zdroje znečištění. Jednání byla vedena se zpracovateli projektové dokumentace, zástupci provozovatele ČOV i představiteli uvedených obcí. Dále byla v rámci plnění předmětu smlouvy navázána spolupráce s obecním úřadem obce Obrataň, jejíž zástupci projeví zájem o řešení situace s nadměrným výskytem nutrientů v povrchových vodách v této oblasti.

V návaznosti na zadání objednatele byly do hodnocení zařazeny další komunální ČOV v malých obcích v povodí vodárenské nádrže Švihov /viz dále/

1.1 Čistírna odpadních vod Pelhřimov

1.1.1 Stávající situace

Rok uvedení do provozu: 1994 (1. linka), 1995 (2.,3. linka)

Rok rekonstrukce: 2002 (kalové hospodářství)

Základní projektové kapacitní parametry :			Přítok (t/rok)	Odtok (t/rok)
Q _d (m ³ /d)	10 000	BSK ₅	777,4	18,1
EO dle BSK ₅	78 167	CHSK	1321,5	66,2
BSK ₅ (kg/d)	2 290	NL	404,1	9,4
		N celkový	66,5	31,6
		P celkový	16,7	1,6

Vodoprávní povolení bylo vydáno :

dne 19. 12. 1997

č. j. : ŽP/4234/97-231.2-Ve

vydal **OkÚ RŽP Pelhřimov**

1.1.2 Stručná charakteristika

Čistírna městských odpadních vod je mechanicko-biologicko-chemická čistírna s klasickým hrubým předčištěním (česle + lapák písku), s usazovacími nádržemi, s aktivací a dosazovacími nádržemi, s mezofilní anaerobní stabilizací kalu a bioplynovým hospodářstvím. ČOV se skládá ze třech linek a byla modernizována a rekonstruována na technologii R-AN-D-A s chemickým srážením fosforu. První původní rekonstruovaná linka byla uvedena do provozu v prosinci 1994, druhá rekonstruovaná linka byla uvedena do provozu v září 1995. Třetí linka chemického srážení fosforu byla vybudována nová v prosinci 1995. V roce 2002 byla ukončena „Rekonstrukce a modernizace kalového a plynového hospodářství“.

Odpadní vody natékají do odlehčovací komory a dále přes ručně a strojně stírané česle, lapák písku a Parshallův žlab, za kterým dochází k rozdělení přítoku odpadních vod. 60% pokračuje na první linku a 40% na druhou linku. První linka se skládá z usazovací nádrže, anaerobní nádrže pro biologické odstraňování fosforu, anoxicko-oxické denitrifikační nádrže odkud voda odtéká do aeračně nitrifikační nádrže, linka je pak ukončena dosazovací nádrží a nádrží pro regeneraci kalu. Druhá linka se skládá z usazovací nádrže, denitrifikačně anoxické zóny, dále

voda natéká do denitrifikačně oxické a do aeračně nitrifikační zóny. Následuje další denitrifikačně anoxická zóna a dosazovací nádrž. I tato linka má regenerační nádrž.

Odpadní vody z obou těchto linek dále natékají na třetí linku, kde dochází k chemickému vysrážení fosforu. Vyčištěné odpadní vody natékají do recipientu přes dva biologické rybníky.

K vyhnívání kalu dochází ve dvou vyhnívacích nádržích. Při rekonstrukci kalového hospodářství v roce 2002 byla zde vybudována kompresorová stanice pro míchání vyhnívacích nádrží plynem, membránový plynojem Sattler a v rekonstruované kotelně pak kogenerační jednotka pro výrobu elektrické energie. Dále byla technologie doplněna stanicí pro zahušťování přebytečného kalu.

Čistírna odpadních vod v Pelhřimově byla za dobu svého provozu již několikrát rekonstruována a intenzifikována. Původní technologie z roku 1969 byla postupně doplňována a měněna v závislosti na vývoji příslušné legislativy, nových poznatků v oboru čištění odpadních vod a na rozvoji aglomerace. Zásahy do technologické linky byly prováděny vždy se snahou co nejlépe využít již vybudované nádrže, jednak z důvodu úspory financí, především ale z důvodu prostorového omezení. Současnou technologickou linku proto tvoří technicky sice zajímavý, ale obtížně provozovatelný „slepenec“ navzájem propojených nádrží různých tvarů. Kompletní rekonstrukce ČOV je tedy více než žádoucí, ovšem takovýto zásah vyžaduje zohlednění množství technologických, legislativních i ekonomických faktorů. V současné době se pracuje na posouzení již třetího návrhu řešení intenzifikace.

Stávající mechanicko-biologická čistírna je tvořena dvěma zcela odlišnými linkami s rozdílnou kapacitou a technologickým uspořádáním. Linka I pochází z původní rekonstruované ČOV, linka II byla vybudována v první polovině 80. let. Obě části byly později intenzifikovány. Čistírna odpadních vod má kapacitu 38 167 EO, odpadní vody jsou přiváděny jednotnou kanalizací. Současný maximální průtok mechanickou i biologickou částí ČOV je 290 l/s ovšem již při průtoku 150 l/s dochází k zjevnému hydraulickému přetěžování aktivace spojené s nekontrolovatelným únikem aktivovaného kalu z dosazovacích nádrží.

Mechanické předčištění OV je řešeno strojními jemnými česlemi s obtokem osazeným hrubými ručně stíranými česlemi. Následuje lapák písku se separátorem. Voda po hrubém předčištění je rozdělena na dvě výše zmiňované linky: cca 60% na linku I a cca 40% na linku II. Linka I je tvořena kruhovou usazovací nádrží, anaerobní nádrží začleněné za účelem vytvoření podmínek pro zvýšené biologické odstraňování fosforu. Z této nádrže aktivací směs odtéká do kruhové anoxicko-oxické části, která vznikla přebudováním z původní meziusazovací nádrže.

Vnitřní mezikruží je provozováno jako anoxická zóna, vnější mezikruží lze alternativně provozovat jako anoxickou i oxickou zónu v závislosti na aktuální provozní potřebě. Následuje nitrifikační sekce tvořena osmi nádržemi propojenými do dvou paralelních linek. Separace aktivovaného kalu v lince jedna probíhá v kruhové dosazovací nádrži. Vratný kal je čerpán do kruhové nádrže regenerace kalu, pro kterou je využito objemu původní dosazovací nádrže.

Linka II je tvořena jedinou podélnou nádrží, jež je přepážkami funkčně rozdělena na usazovací nádrž, anoxický reaktor, oxicko-anoxickou nádrž (opět možnost alternativního provozování), nitrifikační nádrž, druhou anoxickou nádrž (následná denitrifikace), odplynovací zónu a pravoúhlý, podélně protékavý dosazovák.

Vyčištěná voda z obou linek natéká ještě do jedné samostatné linky, kde je realizováno chemické (terciární) dosrážení fosforu. Tato linka zahrnuje nádrž s rychloběžnými míchadly a dávkováním koagulantu, dvěma nádržemi vybavenými pomaloběžnými míchadly a dvojitou usazovací nádrž, kde dochází k separaci chemického kalu.

Biologicky a chemicky vyčištěná voda odtéká do dvojice dočišťovacích biologických rybníků. Recipientem je říčka Bělá, která je jedním z významných přítoků do vodárenské nádrže Švihov. Přebytečný kal je likvidován anaerobními stabilizačními procesy.



Obr. 1: Lokalizace čistírny odpadních vod Pelhřimov



Obr. 2: Celkový pohled na ČOV Pelhřimov: Dole – první linka a kalové hospodářství, uprostřed – dosazovací nádrž první linky, horní část – druhá linka ČOV a chemické terciární srážení fosforečnanů

1.2 Čistírna odpadních vod Pacov

1.2.1 Stávající situace

Rok uvedení do provozu: 1969

Rok rekonstrukce: 1995

Základní projektové kapacitní parametry :			Přítok (t/rok)	Odtok (t/rok)
Q _d (m ³ /d)	1 521	BSK ₅	124,7	3,8
EO dle BSK ₅	10 850	CHSK _{Cr}	233,2	10,8
BSK ₅ (kg/d)	248	NL	96	1,4
		N celkový	27,1	8,9
		P celkový	3,8	0,4

Vodoprávní povolení bylo vydáno :

dne 27. 3. 1996

č. j. : ŽP/4979/95-231.2-Ve

vydal: OkÚ RŽP Pelhřimov

1.2.2 Stručná charakteristika

Čistírna městských odpadních vod je mechanicko-biologická čistírna modernizována na technologii R-D-N procesu, čímž jsou vytvořeny podmínky pro biologické odstraňování dusíku. K odstraňování fosforu je použito srážení železitými solemi – přípravkem Prefloc. Odpadní vody natékají přes regulační komoru na hrubé předčištění skládající se z jemných strojně stíraných česlí, odstředivého lapáku písku, mēlnících kruhových česlí a dvou šterbinových nádrží, kde dochází k usazení a vyhnívání kalu. Šterbinové nádrže jsou rozděleny na usazovací prostor, kterým odpadní vody protékají a na vyhnívací prostor, do něhož nečistoty klesají. Dále jsou odpadní vody čerpány přes šnekovou čerpací stanici do dvou do série zapojených denitrifikačních nádrží. Tyto nádrže jsou míchané a ústí do třech do série zapojených provzdušňovacích nitrifikačních nádrží. Tyto nádrže jsou vybaveny pneumatickou jemnobublinnou aerací. Třetí nitrifikační nádrž je zakončena dvěma propustmi. Jedna propust slouží k odtoku směsi odpadní vody s aktivovaným kalem do dvou kruhových dosazovacích nádrží, druhá slouží k vnitřní recirkulaci. Z dosazovací nádrže odtéká vyčištěná voda přes měrný Parshallův žlab do recipientu, usazený kal přes sběrnou jímku do regenerační nádrže. Regenerovaný kal odtéká zpět do první denitrifikační nádrže, nebo jako přebytečný do šterbinových nádrží. Vyhníly kal je čerpán přes čerpací jímku na kalolis, odvodněný kal je odvážen z ČOV na skládku „Hrádek“, kalová voda odtéká na přítok do ČOV.

Původní zkušební provoz byl zahájen v r. 1965, původní trvalý provoz probíhal od r. 1969. V r. 1993 byla zahájena rekonstrukce. Zkušební provoz po rekonstrukci byl zahájen v r. 1995, trvalý provoz byl povolen v r. 1996.

Dle dokumentace poskytnuté Městským úřadem v Pacově je v aglomeraci trvale hlášeno 5 143 obyvatel, z nichž 94 % je napojeno na kanalizaci. Jedná se o jednotnou stokovou síť, na níž jsou kromě obyvatel napojeny některé větší průmyslové podniky zabývající se především strojírenskou a kožedělnou výrobou (průměrně cca 100 zaměstnanců). Odpadní vody jsou odváděny na mechanicko biologickou čistírnu odpadních vod (provozovatel Vodak Humpolec) s technologií R-D-N a chemickým srážením fosforu, jejíž celková kapacita je 10850 EO. Aktuální zatížení podle znečištění na přítoku je 5991 EO. Recipientem je Kejtovský potok.

Stávající technologie ČOV zahrnuje strojně stírané česle, vírový lapák písku s jímku na zachycený materiál, dvojici šterbinových nádrží (primární usazování kombinované s

anaerobním vyhníváním), dvě míchané denitrifikační nádrže, tři aerované nitrifikační nádrže (jemnobublinná aerace), nádrž regenerace kalu, dvojici kruhových dosazovacích nádrží, chemické hospodářství (srážení fosforu) a odtokový měrný žlab. Přebytný kal je přečerpáván do šterbinových nádrží, odvodňován a skladován na kalových polích. Poté je odvážen k zemědělskému využití. Kalová voda z odvodnění se vrací do technologické linky.

K největším problémům stávající ČOV patří velmi zastaralé a opotřebované zařízení mechanického předčištění – česle, lapák písku, těžení a likvidace písku a absence lapáku šterku. Závažným nedostatkem jsou sedimenty zanesené šterbinové nádrže, které ztěžují odtah a likvidaci kalu. Čistírna odpadních vod se dlouhodobě potýká se zvýšenými odtokovými koncentracemi amoniakálního dusíku (nefungující proces nitrifikace). Nitrifikace je na této ČOV negativně ovlivněna především po větší část roku velmi nízkou teplotou přitékající odpadní vody, která proces inhibuje. Problematické je i kalové hospodářství, především nedostatečná kapacita zařízení pro odvodnění kalu, díky čemuž se kal hromadí v dosazovacích nádržích a zhoršuje kvalitu vyčištěné vody ve všech parametrech.

1.2.3 Hlavní body návrhu intenzifikace

Návrh intenzifikace vypracovala firma EKOEKO České Budějovice, VŠCHT Praha se na řešení projektu podílela jako konzultant a odborný garant.

Hrubé předčištění:

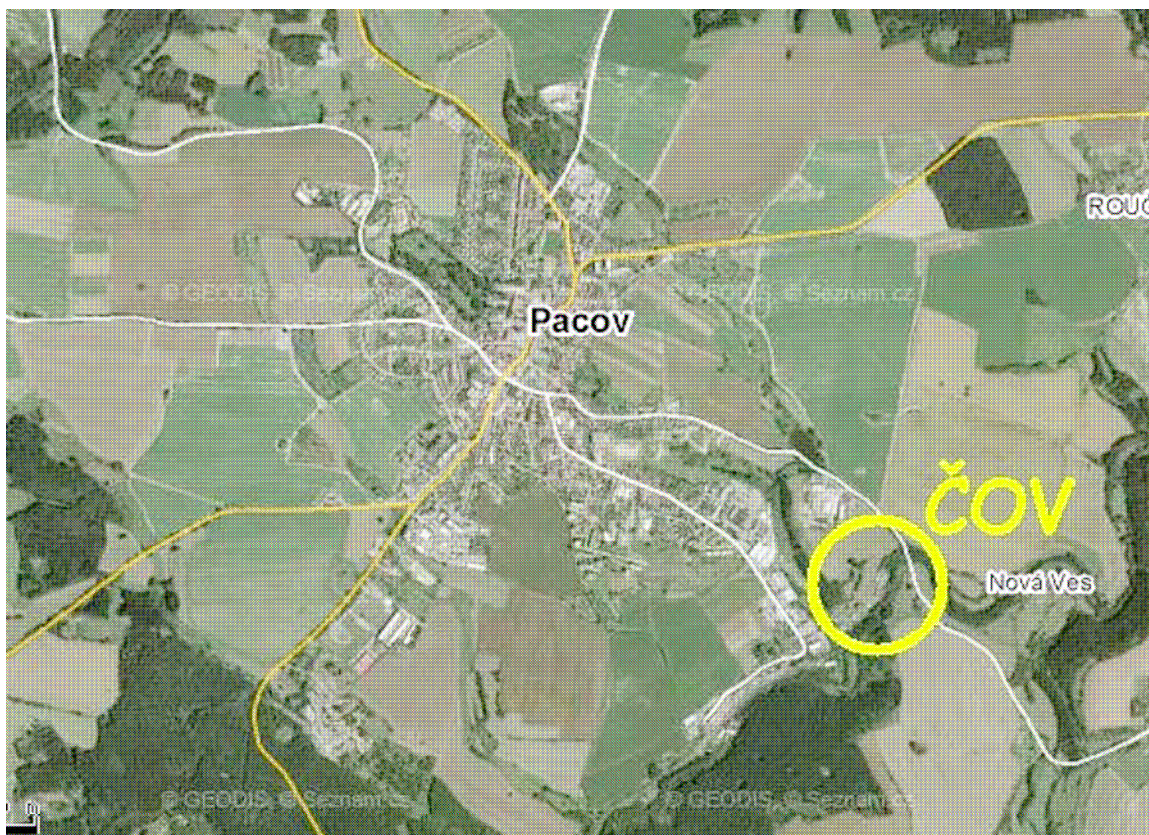
- část přítokového žlabu bude prohloubena a rozšířena pro osazení lapáku šterku,
- za lapákem šterku budou instalovány hrubé strojní česle s průlinami 50 mm,
- bude rekonstruován vírový lapák písku a optimalizováno jeho vyklízení včetně instalace separátoru písku,
- do žlabu za lapákem písku budou instalovány jemné strojní česle s průlinou 5 mm a záložní ručně vyklízené česle s průlinou 6 mm (pro případ poruchy strojních česlí),
- mechanicky předčištěná voda bude čerpána na biologický stupeň (součástí technologie nebude nádrž primárního usazování), pouze při zvýšených deštných průtocích bude přebytná voda odlehčována do nově vybudovaných dešťových zdrží (v původním uspořádání byl zvýšený přítok odlehčován před ČOV přímo do recipientu).

Biologický stupeň:

- denitrifikační část linky bude sestávat z předřazeného anoxického selektoru, do kterého bude zaústěno potrubí vratného kalu a vlastní denitrifikační nádrže, do které bude přiváděna aktivační směs z konce nitrifikační nádrže interní recirkulací,
- následuje nitrifikační část technologie rozdělená do pěti reaktorů a vybavená jemnobublinnou aerací. Intenzita aerace bude regulována tak, aby nejnižší koncentrace kyslíku byla v poslední galerii, odkud bude veden a interní recirkulace aktivační směsi do denitrifikační nádrže,
- stávající dvě dosazovací nádrže budou rekonstruovány, osazeny flokulačními válci, usazený kal bude stírán do kalových jímek uprostřed nádrží,
- stávající regenerační nádrž bude zachována, v případě potřeby bude možné do této nádrže řízeně dávkovat část mechanicky předčištěné odpadní vody a odlehčit tak biologickému stupni (toto bude realizováno pouze v nutných případech nestandardního přítoku, jinak by byl popřen smysl procesu regenerace kalu!!!).

Chemické hospodářství:

pro dosažení požadované odtokové koncentrace celkového fosforu (pod 1 mg/l) bude na ČOV osazeno nové zařízení pro chemické srážení fosforu solemi železa (síranu železitého). Navržená intenzifikace ČOV Pacov zajistí čištění odpadních vod s účinností, která je v souladu s platnou legislativou ČR.



Obr. 3: Lokalizace ČOV Pacov



Obr. 4: Celkový pohled na ČOV Pacov; odzdoła – mechanické čištění, denitrifikační nádrže, nitrifikační nádrže, dvojice dosazovacích nádrží, samostatná regenerační nádrž.

1.3 Obec Obrataň

1.3.1 Stávající situace

Rok uvedení do provozu: 1996

Rok rekonstrukce: 1995

Základní projektové kapacitní parametry :			Přítok (t/rok)	Odtok (t/rok)
Q _d (m ³ /d)	223	BSK ₅	10,4	0,3
EO dle BSK ₅	885	CHSK _{Cr}	19,1	1,4
BSK ₅ (kg/d)	53	NL	10,3	0,2
		N celkový	3,5	1,4
		P celkový	0,5	0,1

Vodoprávní povolení bylo vydáno :

Dne: 28. 5. 1996

č. j. : ŽP / 2090 /96 – 231.2 - Ve

vydal: Okú RŽP Pelhřimov

1.3.2 Stručná charakteristika

Čistírna městských odpadních vod je mechanicko-biologická čistírna pracující na principu prodloužené aktivace se současnou aerobní stabilizací kalu. Pro zlepšení čistícího účinku je před aktivací nádrž předložena denitrifikační nádrž a do přítoku před biologickou částí ČOV je dávkován síran železitý, k chemickému dosrážení fosforu. Odpadní vody natékají po odlehčení na mechanickou část ČOV, skládající se z česlí a vertikálního lapáku písku a dále natékají na biologickou linku. Biologická linka se skládá z míchané denitrifikační nádrže, nitrifikační nádrže, kde je aktivací směs provzdušňována pomocí pneumatické jemnobublinné aerace a z dvou dosazovací nádrží. Vyčištěná voda odtéká odtokovým žlabem do recipientu. Odsazený kal je odhahován do denitrifikační nádrže nebo jako přebytečný do dvou uskladňovacích nádrží a zahušťovacích nádrží.

Dne 14.2.1995 byl zahájen zkušební provoz. Do trvalého provozu byla ČOV uvedena dne 28. 5. 1996 vodoprávním rozhodnutím č.j. ŽP/2090/96-231.2-Ve, vydal OkÚ RŽP Pelhřimov.

V rámci plnění předmětu smlouvy byla na žádost starosty a místostarosty obce Obrataň realizována schůzka zástupců obce, provozovatele místní ČOV (Vodak Humpolec), zástupců AČE a spoluřešitele projektu fy. A.R.C., spol. s r.o. Praha. Jednání se zúčastnil i profesor Vladimír Novotný z Northeastern University v Bostonu, který byl v té době hostem na VŠCHT Praha jako expert Fulbrightovy nadace. Profesor Novotný je uznávaným odborníkem na problematiku eutrofizace a difúzního znečištění vod. Cílem této první schůzky bylo seznámení se se situací v regionu, kde jsou dlouhodobě monitorovány zvýšené koncentrace nutrientů v povrchových i podzemních vodách (hlavně dusičnanového dusíku).

Zvýšené koncentrace dusíkatého znečištění byly zjištěny při analýzách vod ze studní vybudovaných v okolí obce Obrataň, v nejvýznamnější vodoteči v regionu (Kejtořský potok) i v ostatních povrchových vodách (především Ovčinský rybník). Zjištěné koncentrace dusičnanového dusíku ve vodách dosahují desítek mg/l.

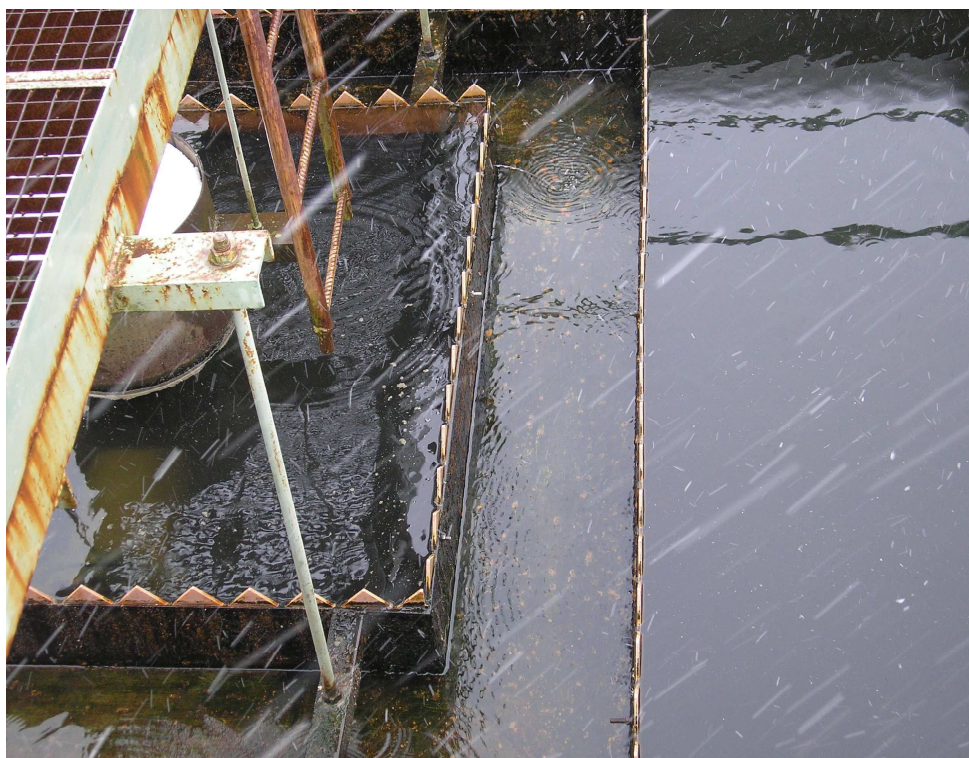
V průběhu schůzky byl diskutován podíl bodových (ČOV) a plošných (zemědělství) zdrojů znečištění na neuspokojivou situaci v oblasti z hlediska přítomnosti vyšších koncentrací nutrientů ve vodách. Ze známých skutečností vyplynulo, že významnějším zdrojem nutrientů jsou plošné splachy ze zemědělské půdy. Nevhodným způsobem obdělávaná půda a výběr pěstovaných plodin (v této oblasti především brambory a kukuřice) podporují vodní erozi, což

v kombinaci s intenzivní aplikací hnojiv způsobuje, že nutrienty pronikají v nežádoucím množství jak do podzemních, tak do povrchových vod.

Naproti tomu místní čistírna odpadních vod není jako bodový zdroj znečištění významná. ČOV je vybavena vhodnou technologií pro biologické odstraňování dusíkatého znečištění, sloučeniny fosforu jsou z odpadních vod odstraňovány chemickým srážením. V rámci pracovní schůzky byl pouze diskutován způsob odlehčování zvýšených přítoků na čistírnu odpadních vod při intenzivnějších srážkových událostech. Na kmenové stoce kanalizačního řádu jsou tři odlehčovací objekty, z nichž voda odtéká bez jakéhokoliv čištění přímo do recipientu.



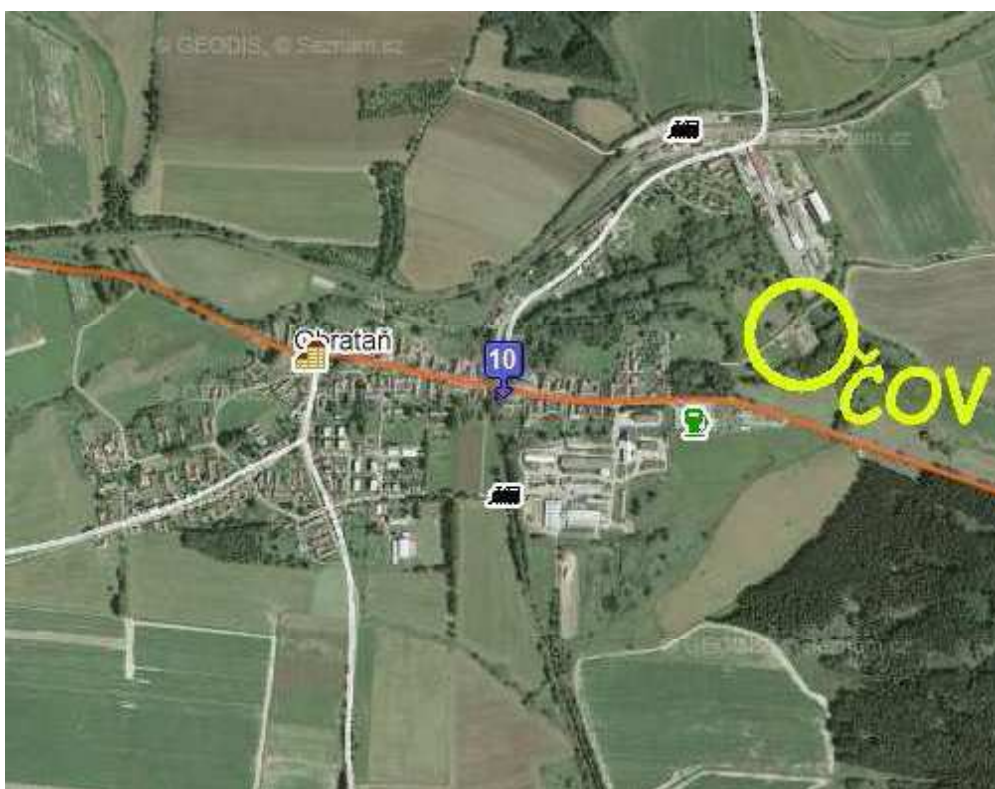
Obr. 5: Aktivační nádrž ČOV Obrataň



Obr. 6: Odtok z ČOV (dosazovací nádrž)



Obr. 7: Chemické hospodářství (srážení fosforu)



Obr. 8: Lokalizace ČOV Obrataň

1.4 Obec Božejov

1.4.1 Stávající situace

Rok uvedení do provozu: 1987

Rok rekonstrukce: 2003

Základní projektové kapacitní parametry :			Přítok (t/rok)	Odtok (t/rok)
Q _d (m ³ /d)	353,8	BSK ₅	29,3	0,6
EO dle BSK ₅	1 050	CHSK _{Cr}	46	2,7
BSK ₅ (kg/d)	63	NL	20,3	0,4
		N celkový	4,76*	0,62*
		P celkový	0,7	0,2

* odhad-stanovovaný je pouze amoniakální a anorganický dusík

Vodoprávní povolení bylo vydáno :

dne 20.11.1995

č. j. : ŽP / 3208 /95 – 231.2 - Ve

vydal **Okú RŽP Pelhřimov**

1.4.2 Stručná charakteristika

Čistírna městských odpadních vod je mechanicko-biologická čistírna s klasickým hrubým předčištěním (česle + lapák písku) a biologickou linkou. Biologická linka se skládá z selektorové části, denitrifikační nádrže, dvou kusů nitrifikačních nádrží, dosazovací nádrže, čerpací a zahušťovací nádrže a uskladňovací nádrže kalu.

Původní provoz probíhal od r. 1987. V letech 2002 –2003 byla provedena rekonstrukce ČOV. Dne 27.11.2003 byl zahájen zkušební provoz.

KANALIZACE A ČOV

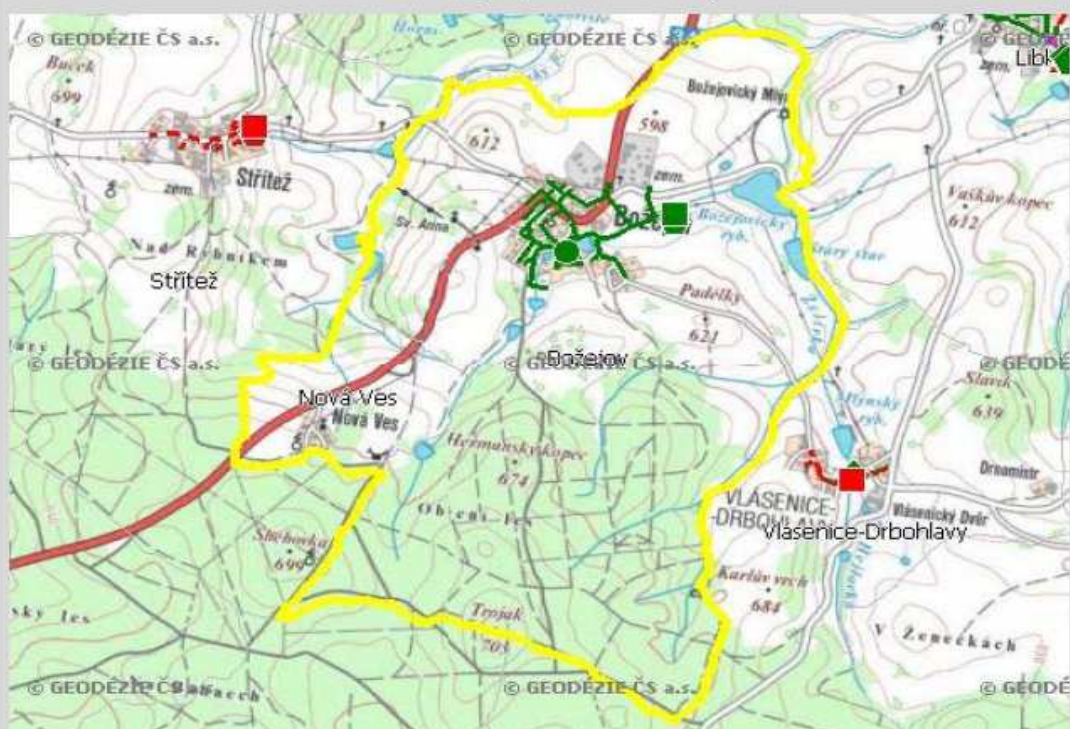
E.1 ZÁKLADNÍ ÚDAJE

	Základní parametry:	Ozn.:	Jednotky:	Rok:			
				2000	2005	2010	2015
	Počet obyv. napoj. na kanalizaci	Nk	obyvatel	783	782	782	728
	Počet obyv. napojených na ČOV	Ncov	obyvatel	783	782	782	728
	Spec. produkce odp. vod obyv.	Qov	l/os.den	157	157	157	157
	Produkce odpadních vod	Mov	m3/den	112,8	112,7	112,7	105,3
	BSK5	BSK5	kg/den	45,1	45,1	45,1	42,1
	NL	NL	kg/den	41,4	41,3	41,3	38,6
	CHSK	CHSK	kg/den	90,3	90,2	90,2	84,3

Mapa E1: Kanalizace

Božejov

Trasování sítí, lokalizace ČOV, ČS, výústě, odlehčovací komory



Legenda:

Trasování kanalizačních sítí:

Jednotná

Splásková

Výtlak

stávající

stávající

stávající

navrhovaná

navrhovaná

navrhovaná

rekonstrukce

rekonstrukce

rekonstrukce

Lokalizace bodových objektů:

Čističky OV

Čerpací stanice

Výústní objekty

Odlehčovací komory

stávající

stávající

stávající

stávající

navrhovaná

navrhovaná

navrhovaná

navrhovaná

rekonstrukce

rekonstrukce

rekonstrukce

rekonstrukce

Obr. 9: Lokalizace ČOV Božejov

1.5 Obec Senožaty

1.5.1 Stávající situace

Rok uvedení do provozu: 1991

Rok rekonstrukce: -

Základní projektové kapacitní parametry :			Přítok (t/rok)	Odtok (t/rok)
Q _d (m ³ /d)	216	BSK ₅	52,3	1,1
EO dle BSK ₅	1 200	CHSK _{Cr}	76,1	4,4
BSK ₅ (kg/d)	64,8	NL	19,3	0,6
		N celkový	4,23*	0,62*
		P celkový	0,7	0,3

* odhad-stanovovaný je pouze amoniakální a anorganický dusík

Vodoprávní povolení užívání stavby ČOV bylo vydáno :

dne 24.6.1991

č.j. ŽP/1408/91-235-Ve

vydal **OÚ RŽP Pelhřimov**

1.5.2 Stručná charakteristika

Čistírna městských odpadních vod je mechanicko-biologická čistírna s klasickým hrubým předčištěním (česle), lapákem písku, aktivační nádrží, dosazovací nádrží, stabilizací kalu ve vyhnívacích nádržích. Zkušební provoz byl zahájen v r. 1987, trvalý provoz byl povolen v r. 1991.

KANALIZACE A ČOV

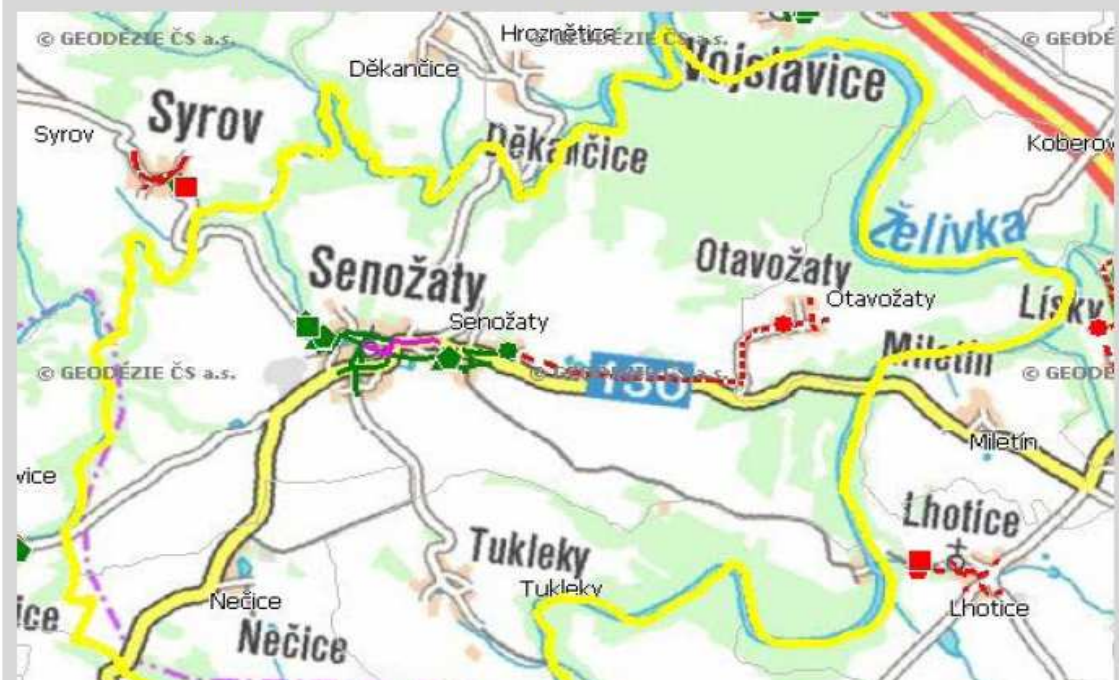
E.1 ZÁKLADNÍ ÚDAJE

Základní parametry:	Ozn.:	Jednotky:	Rok:			
			2000	2005	2010	2015
Počet obyv. napoj. na kanalizaci	Nk	obyvatel	659	658	658	613
Počet obyv. napojených na ČOV	Ncov	obyvatel	659	658	658	613
Spec. produkce odp. vod obyv.	Qov	l/(os.den)	156	156	156	157
Produkce odpadních vod	Mov	m3/den	118	117,8	117,8	109,9
BSK5	BSK5	kg/den	47,2	47,1	47,1	44
NL	NL	kg/den	43,3	43,2	43,2	40,3
CHSK	CHSK	kg/den	94,4	94,2	94,2	87,9

Mapa E1: Kanalizace

Senožaty

Trasování sítí, lokalizace ČOV, ČS, výústě, odlehčovací komory



Legenda:

Trasování kanalizačních sítí:

Jednotná	Splásková	Výtlač
stávající	stávající	stávající
navrhovaná	navrhovaná	navrhovaná
rekonstrukce	rekonstrukce	rekonstrukce

Lokalizace bodových objektů:

Čističky OV	Čerpací stanice	Výústní objekty	Odlehčovací komory
stávající	stávající	stávající	stávající
navrhovaná	navrhovaná	navrhovaná	navrhovaná
rekonstrukce	rekonstrukce	rekonstrukce	rekonstrukce

Obr. 10: Lokalizace ČOV Senožaty

1.6 Obec Červená Řečice

1.6.1 Stávající situace

Rok uvedení do provozu: 1991

Rok rekonstrukce: -

Základní projektové kapacitní parametry :			Přítok (t/rok)	Odtok (t/rok)
Q _d (m ³ /d)	420	BSK ₅	21,8	0,5
EO dle BSK ₅	2 833	CHSK _{Cr}	38,6	3,7
BSK ₅ (kg/d)	170	NL	28	0,5
		N celkový	3,7*	0,62*
		P celkový	0,7	0,2

* odhad-stanovovaný je pouze amoniakální a anorganický dusík

Vodoprávní povolení bylo vydáno :

dne 27. 2. 1996

č. j. : ŽP/4786/95-231.2-Ve

vydal **OÚ RŽP Pelhřimov**

1.6.2 Stručná charakteristika

Čistírna městských odpadních vod je aktivační čistírna s předřazenou anaerobní zónou. Jedná se o dlouhodobou aktivaci s aerobní stabilizací kalu a nitrifikací dusíkatého znečištění. Předřazená anaerobní zóna zároveň plní funkci denitrifikátoru a dochází zde ke snížení obsahu fosforu biologickou cestou. Odpadní vody natékají přes dešťový oddělovač na hrubé předčištění skládající se z česlí a vertikálního lapáku písku. Potom odtékají do míchané anaerobní nádrže, kde se mísí s aktivovaným kalem vráceným z dosazovacích nádrží. Z anaerobní zóny odtéká směs odpadní vody a aktivovaného kalu do aktivační nádrže provzdušňované povrchovým aerátorem a odtud do dvou dosazovacích nádrží, kde dochází k separaci aktivovaného kalu od vyčištěné vody. Aktivovaný kal je buď čerpán na začátek linky do anaerobní nádrže nebo jako přebytečný do uskladňovacích nádrží k zahuštění. Odsazená voda odtéká do recipientu. Kalová voda z uskladňovacích nádrží je zaústěna před anaerobní zónou. Zkušební provoz byl zahájen v roce 1994 a trvalý provoz byl povolen v roce 1996.

1.7 Obec Želiv

1.7.1 Stávající situace

Rok uvedení do provozu: 1984

Rok rekonstrukce: plánovaná v budoucnosti

Základní projektové kapacitní parametry :			Přítok (t/rok)	Odtok (t/rok)
Q _d (m ³ /d)	215	BSK ₅	28	0,9
EO dle BSK ₅	950	CHSK _{Cr}	51,7	5
BSK ₅ (kg/d)	51,3	NL	19,8	0,5
		N celkový	6,22*	1,04*
		P celkový	1	0,3

* odhad-stanovovaný je pouze amoniakální a anorganický dusík

Vodoprávní povolení bylo vydáno :

dne 29. 7. 1993

č. j. : ŽP/3552/93-231/2-Ve

vydal OÚ RŽP Pelhřimov

1.7.2 Stručná charakteristika

Čistírna odpadních vod je mechanicko-biologická čistírna pracující na principu dlouhodobé aktivace se současnou stabilizací kalu. Mechanickou část tvoří klasické hrubé předčištění (česle a lapák písku), kde dochází k odstraňování hrubých nečistot. Dále odpadní vody natékají do aktivační nádrže, která je provzdušňována BSK turbinou. Na čistírně je prováděno srážení fosforu Preflocem do aktivační nádrže. Z aktivační nádrže natéká odpadní voda do dvou dosazovacích nádrží, kde dojde k odsazení kalu do kalového prostoru a vyčištěná voda odtéká odtokovým žlabem do recipientu. Odsazený kal je odtahován a čerpán jednak jako vratný kal do aktivační nádrže nebo jako přebytečný do dvou uskladňovacích nádrží.

KANALIZACE A ČOV

E.1 ZÁKLADNÍ ÚDAJE

Základní parametry:	Ozn.:	Jednotky:	Rok:			
			2000	2005	2010	2015
Počet obyv. napoj. na kanalizaci	Nk	obyvatel	1023	1022	1022	1122
Počet obyv. napojených na ČOV	Ncov	obyvatel	990	989	989	1112
Spec. produkce odp. vod obyv.	Qov	l/os.den	155	155	155	155
Produkce odpadních vod	Mov	m3/den	194,3	194	194	181,2
BSK5	BSK5	kg/den	77,7	77,6	77,6	72,5
NL	NL	kg/den	71,2	71,1	71,1	66,5
CHSK	CHSK	kg/den	155,4	155,2	155,2	145

Mapa E1: Kanalizace

Želiv

Trasování sítě, lokalizace ČOV, ČS, výústě, odlehčovací komory



Trasování kanalizačních sítí:

Jednotná	Splašková	Výtlak
stávající	stávající	stávající
navrhovaná	navrhovaná	navrhovaná
rekonstrukce	rekonstrukce	rekonstrukce

Lokalizace bodových objektů:

Čističky OV	Čerpací stanice	Výústní objekty	Odlehčovací komory
stávající	stávající	stávající	stávající
navrhovaná	navrhovaná	navrhovaná	navrhovaná
rekonstrukce	rekonstrukce	rekonstrukce	rekonstrukce

Obr. 11: Lokalizace ČOV Želiv

1.8 Obec Košetice

1.8.1 Stávající situace

Rok uvedení do provozu: 1990

Rok rekonstrukce: -

Základní projektové kapacitní parametry :			Přítok (t/rok)	Odtok (t/rok)
Q _d (m ³ /d)	2 212	BSK ₅	18	0,5
EO dle BSK ₅	1 000	CHSK _{Cr}	31,4	2,7
BSK ₅ (kg/d)	54	NL	13,3	0,4
		N celkový	3,84*	0,62*
		P celkový	0,6	0,2

* odhad-stanovovaný je pouze amoniakální a anorganický dusík

Vodoprávní povolení bylo vydáno :

dne 29. 7. 1993

č. j. : ŽP/355093/-231/2-Ve

vydal OÚ RŽP Pelhřimov

1.8.2 Stručná charakteristika

Čistírna odpadních vod je mechanicko-biologická čistírna pracující na principu dlouhodobé aktivace se současnou stabilizací kalu. Mechanickou část tvoří klasické hrubé předčištění (česle a lapák písku), kde dochází k odstraňování hrubých nečistot. Dále odpadní vody natékají do biologické části, která se skládá z aktivační nádrže a vertikální dosazovací nádrže. Na čistírně je prováděno srážení fosforu Preflocem do aktivační nádrže. V dosazovací nádrži dochází k odsazení kalu do kalového prostoru a vyčištěná voda odtéká odtokovým žlabem do recipientu. Odsazený kal je odtahován do aktivační nádrže nebo jako přebytečný do dvou zahušťovacích nádrží.

Čistírna odpadních vod byla uvedena do zkušebního provozu dne 8. 12. 1986, do trvalého provozu dne 23. 4. 1990.

KANALIZACE A ČOV

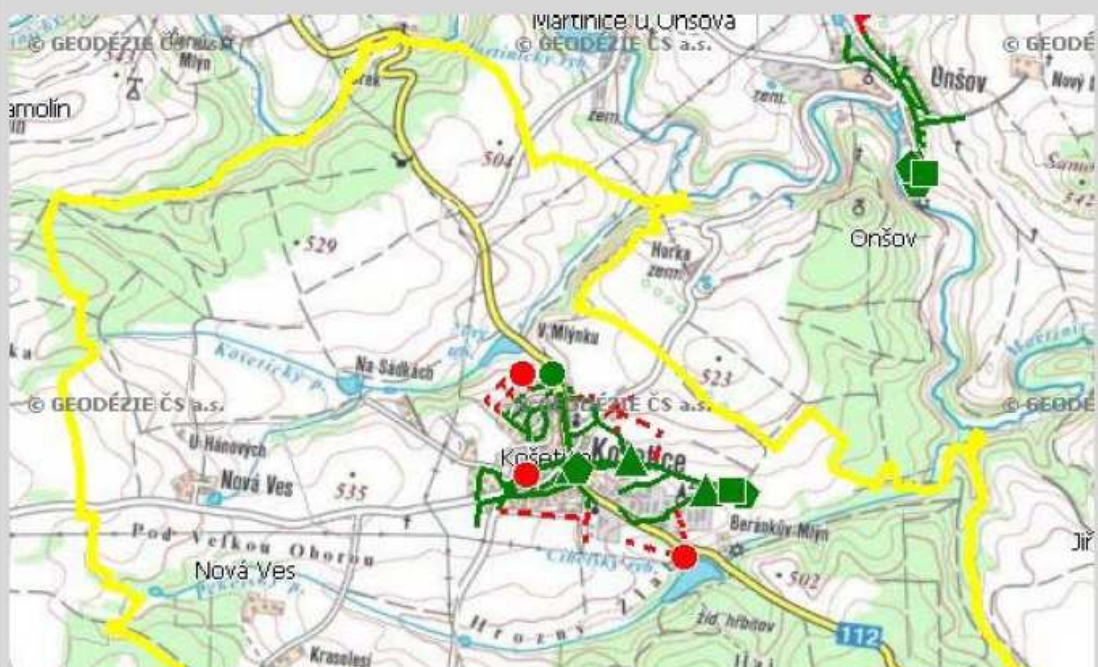
E.1 ZÁKLADNÍ ÚDAJE

Základní parametry:	Ozn.:	Jednotky:	Rok:			
			2000	2005	2010	2015
Počet obyv. napoj. na kanalizaci	Nk	obyvatel	690	690	689	642
Počet obyv. napojených na ČOV	Ncov	obyvatel	690	690	689	642
Spec. produkce odp. vod obyv.	Qov	l/os.den	157	157	157	157
Produkce odpadních vod	Mov	m3/den	117,3	117,1	117	109,4
BSK5	BSK5	kg/den	46,9	46,8	46,8	43,8
NL	NL	kg/den	43	42,9	42,9	40,1
CHSK	CHSK	kg/den	93,8	93,7	93,6	87,5

Mapa E1: Kanalizace

Košetice

Trasování sítí, lokalizace ČOV, ČS, výústě, odlehčovací komory



Legenda:

Trasování kanalizačních sítí:

Jednotná	Splašková	Výtlak
stávající	stávající	stávající
navrhovaná	navrhovaná	navrhovaná
rekonstrukce	rekonstrukce	rekonstrukce

Lokalizace bodových objektů:

Čističky OV	Čerpací stanice	Výústní objekty	Odlehčovací komory
stávající	stávající	stávající	stávající
navrhovaná	navrhovaná	navrhovaná	navrhovaná
rekonstrukce	rekonstrukce	rekonstrukce	rekonstrukce

Obr. 12: Lokalizace ČOV Košetice

1.9 Obec Čechtice

1.9.1 Stávající situace

Rok uvedení do provozu: 1994

Rok rekonstrukce: -

Základní projektové kapacitní parametry :			Přítok (t/rok)	Odtok (t/rok)
Q_d (m ³ /d)	340	BSK ₅	27	0,8
EO dle BSK ₅	1 300	CHSK _{Cr}	51,1	4,2
BSK ₅ (kg/d)	78	NL	15,4	0,4
		N celkový	5,82*	1,24*
		P celkový	0,7	0,2

* odhad-stanovovaný je pouze amoniakální a anorganický dusík

1.9.2 Stručná charakteristika

Čistírna městských odpadních vod je mechanicko-biologická čistírna pracující na principu dlouhodobé aktivace se současným biologickým čištěním fosforu a dusíku a s aerobní stabilizací kalu.

Odpadní vody natékají přes mechanickou část skládající se z česlí a vertikálního lapáku písku do míchané denitrifikační (anaerobní) nádrže a dále do dvou aktivačních (nitrifikačních) nádrží, které jsou provzdušňovány povrchovým aerátorem. Z aktivačních nádrží odtéká směs do dvou dosazovacích nádrží, kde dochází k separaci kalu od vyčištěné vody. Vyčištěná voda odtéká odtokovým žlabem přes měrný objekt do recipientu. Odsazený kal je přečerpáván do přítoku denitrifikační nádrže nebo jako přebytečný do dvou uskladňovacích nádrží. Recipientem je Čechtický potok.

1.10 Obec Křivsoudov

1.10.1 Stávající situace

Rok uvedení do provozu: 1995

Rok rekonstrukce:-

Základní projektové kapacitní parametry :			Přítok (t/rok)	Odtok (t/rok)
Q_d (m ³ /d)	126	BSK ₅	3,3	0,25
EO dle BSK ₅	600	CHSK _{Cr}	7,04	0,85
BSK ₅ (kg/d)	36	NL	2,7	0,06
		N celkový	1,59*	0,12*
		P celkový	0,12	0,01

* odhad-stanovovaný je pouze amoniakální a anorganický dusík

Vodoprávní povolení bylo vydáno :

dne 18.3. 1998

č. j. : Vod: 235 – 152/98

vydal: OkÚ RŽP Benešov

1.10.2 Stručná charakteristika

Čistírna městských odpadních vod je mechanicko-biologická čistírna pracující na principu nízkozátěžované aktivace s aerobní stabilizací kalu se současným biologickým odstraňováním dusíku a srážením fosforu pomocí Preclíku.

Mechanická část (žlab mechanického předčištění) se skládá z česlí, lapáku hrubých sedimentujících nečistot a lapáku tuku. Odpadní voda dále natéká přes rozdělovací komoru na biologický stupeň. Biologické čištění probíhá ve dvou SBR reaktorech, kde jak proces aerobního čištění odpadních vod aktivovaným kalem tak i separace vloček kalu od vyčištěné vody probíhá v jedné nádrži. Technologický postup čištění spočívá v časovém střídání se fází denitrifikace a nitrifikace (denitrifikace I, nitrifikace I, denitrifikace II, nitrifikace II), usazování a čerpání vyčištěné vody a kalu. Zároveň je do reaktoru dodáván Preflok.

Vyčištěná odpadní voda je čerpána přes průtokoměr do nádrže na vyčištěnou vodu a potom rovnoměrně vypouštěna do recipientu. Recipientem je Křivsoudovský potok. Přebytný, aerobně stabilizovaný kal je čerpán do zahušťovací nádrže a po odpuštění odsazené kalové vody je zahuštěný kal vypuštěn do nádrže na kal a odtud vyvážen. Odsazená kalová voda se vrací do aktivace. ČOV pracuje automaticky a je ovládána průmyslovým řídicím automatem APP 88.

2. Expertní a konzultační činnost

2.1 Biologické čištění odpadních vod a aktivační proces

Při biologickém čištění odpadních vod v aerobních podmínkách se uplatňují biochemické procesy, podmíněné činností aerobních mikroorganismů, které rozkládají působením svých enzymů organické látky ve vodě (substrát) oxidačními procesy za přítomnosti molekulárního kyslíku. Konečnými produkty tohoto složitého procesu s řadou dílčích stupňů a meziproduktů jsou oxid uhličitý a voda, v případě dusíkatého substrátu zpravidla amoniak. Rozkladnými procesy získávají mikroorganismy energii nezbytnou ke stavbě jejich buněčné hmoty, včetně zásobních látek.

Organická hmota jako substrát bývá k dispozici v odpadní vodě, stejně jako biogenní prvky, jejichž případný deficit (v průmyslových vodách) musí být dotován. Zajištění dostatečného přívodu kyslíku je základní podmínkou aerobního procesu. Mikroorganismy v potřebném množství v biologické jednotce musí být vypěstovány jejím zapracováním, přičemž se vychází z jejich přítomnosti ve splaškové vodě.

Způsoby čištění odpadních vod se rozdělují na procesy probíhající v reaktorech nebo simulujících přírodní podmínky. Způsoby čištění v reaktorech lze rozdělit na procesy s biomasou ve vzhledu, nazývané aktivací, a na procesy s biomasou přisedlou, mezi nimiž mají dominantní postavení zkrápěné biologické kolony a rotační diskové reaktory.

Základním procesem v biologických systémech čištění je rozklad organických látek, na němž se podílí různorodá mikrobiální společenství, souběžně však za vhodných podmínek probíhají i některé další procesy podmíněné specializovanými bakteriálními druhy, jako je například oxidace amoniaku na dusitany a dusičnany (nitrifikace) působením nitrifikačních bakterií.

Princip biologického čištění aktivací spočívá ve vytvoření aktivovaného kalu v provzdušňované aktivační nádrži. Aktivovaný kal je shlukem mikroorganismů, převážně bakterií, agregovaných takzvanou bioflokulací. Příčinou tohoto jevu je zbytnění buněčné blány tvorbou extracelulárních polymerů, složených převážně z polysacharidů, částečně i z bílkovin a dalších organických látek. K bioflokulaci dochází při provzdušňování odpadní vody obsahující aerobní bakterie. Extracelulární polymery působí jako organické flokulanty, proto dochází ke shlukování bakterií do vloček aktivovaného kalu. Aktivovaný kal je směsnou bakteriální kulturou, obsahující případně i jiné organismy jako např. houby, plísňe, kvasinky a prvoky, ale také z vody adsorbované suspendované a koloidní látky.

V základním uspořádání sestává aktivace z aerované nádrže, v níž dochází k procesu čištění odpadní vody za současné produkce aktivovaného kalu. Z aktivační nádrže odtéká směs odpadní vody a aktivovaného kalu do dosazovací nádrže, v níž se obě tyto složky oddělí sedimentací. Vyčištěná odpadní voda odtéká z biologické čistírny, kdežto sedimentací zahuštěný aktivovaný kal je vrácen do aktivační nádrže, v níž je dodržována jeho dostatečná koncentrace, neboť je nositelem čistícího procesu a základním předpokladem pro jeho uspokojivou rychlost. Objemový podíl recirkulovaného kalu, vztažený na objemový průtok odpadní vody bývá 30 – 50 % někdy je však i podstatně větší. Přebytek aktivovaného kalu, neboť ten se průběžně tvoří, je odváděn ze systému jako kal přebytečný.

2.2 Principy biologického odstraňování sloučenin dusíku

Základními formami výskytu dusíku v odpadních vodách jsou dusík amoniakální a dusík organický, v nichž se dusík nachází v redukovaném stavu (N^{-III}). Obě tyto formy lze analyticky stanovit a vyjádřit společně jako tzv. Kjeldahlův dusík (TKN). Oxidované formy dusíku nejsou přítomny v odpadní vodě přitékající na čistírnu ve významných koncentracích vzhledem k

mikrobiální redukci ve stokové síti. Cílem biologického odstraňování sloučenin dusíku je zoxidovat většinu redukováného dusíku na dusičnany a poté snížit koncentraci dusičnanů na hodnoty přijatelné jak z hlediska odtokových standardů, tak technologické a ekonomické náročnosti procesu.

Dusík je z odpadní vody odstraňován několika procesy, prováděnými i různými funkčními skupinami mikroorganismů:

Inkorporace: Začlenění do nově syntetizované biomasy. Významná část dusíku z odpadní vody může být využita pro syntézní účely organotrofními mikroorganismy. Nově vzniklá biomasa může obsahovat 6-8 % N. Část takto odstraněného dusíku se vrací do technologické linky z kalového hospodářství.

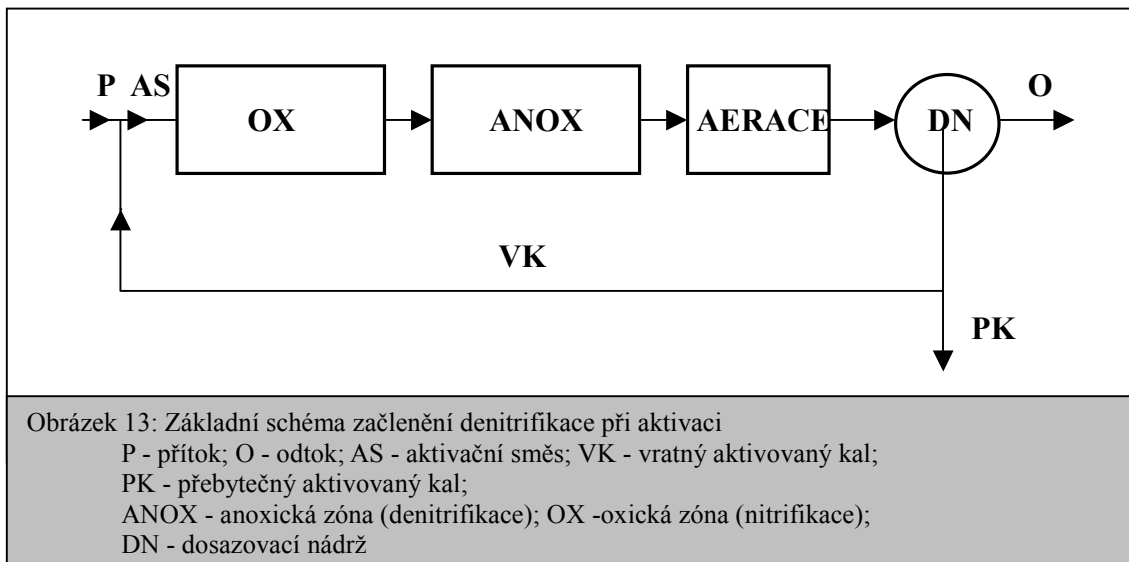
Nitrifikace: Biochemická oxidace amoniakálního dusíku na dusičnanový, proces prováděný chemolithotrofními bakteriemi, které využívají energie z oxidace amoniakálního dusitanového dusíku přičemž novou biomasu syntetizují z uhlíku anorganického. Proces probíhá ve dvou stupních, tj. oxidace amoniaku na dusitany (nitritace) a dusitanů na dusičnany (nitratace). Při nitrifikaci se uvolňují vodíkové ionty, které snižují *alkalitu* odpadní vody. Při nedostatečné alkalitě může vést nitrifikace k samovolnému poklesu pH na hodnoty inhibující proces. Při této oxidaci se jako akceptor elektronů využívá rozpuštěný molekulární kyslík, tj. nitrifikace probíhá v oxických podmínkách. Tento metabolismus je poměrně komplikovaný s nízkým energetickým výtěžkem. Proto nitrifikační bakterie jsou pomalu rostoucí a podléhající celé řadě inhibičních vlivů. Při biologickém čištění odpadních vod, kdy je nutno provádět nitrifikaci souběžně s odstraňováním organického znečištění, vstupuje do hry i jev kompetice s rychle rostoucími organotrofními bakteriemi, které tvoří základ vloček aktivovaného kalu či biofilmů. Na proces nitrifikace musí navazovat denitrifikace, neboť jinak by sloučeniny dusíku zůstávaly ve finálním odtoku přítomny, pouze jejich forma by se změnila z redukované na oxidovanou.

Denitrifikace: Dusičnanový dusík vzniklý na čistírně nitrifikací je nutno podrobit denitrifikaci, kdy oxidovaný dusík slouží jako akceptor elektronů při oxidaci organických látek a je redukován na plynný dusík, který se uvolňuje do prostředí. Podmínky, při kterých k denitrifikaci dochází se nazývají anoxické. Z biochemického hlediska se jedná o proces podobný respiraci s molekulárním kyslíkem, kterého je proto schopna většina běžných organotrofních bakterií. Denitrifikací nejen snížíme koncentrace celkového dusíku na odtoku, ale získáme zpět zhruba 2/3 energie vložené ve formě vzdušného kyslíku do nitrifikace. Provozovat tedy nitrifikaci bez denitrifikace obvykle nemá smysl nejen z hlediska ekologického, ale ani ekonomického. Kromě ekonomických důvodů vedou ke kombinaci nitrifikace s denitrifikací i důvody technologické, neboť při samotné nitrifikaci působí nezredukováné dusičnany problémy v dosazovací nádrži. V zahuštěné vrstvě aktivovaného kalu na dně dosazovací nádrže se podmínky rychle mění z oxických na anoxické, dochází ke spontánní denitrifikaci a uvolňovaný plynný dusík vynáší zahuštěný aktivovaný kal ke hladině. Při oxidaci většiny organických látek za anoxických podmínek dochází k částečnému zvyšování KNK (alkalinity), takže denitrifikace kompenzuje možný pokles pH při nitrifikaci.

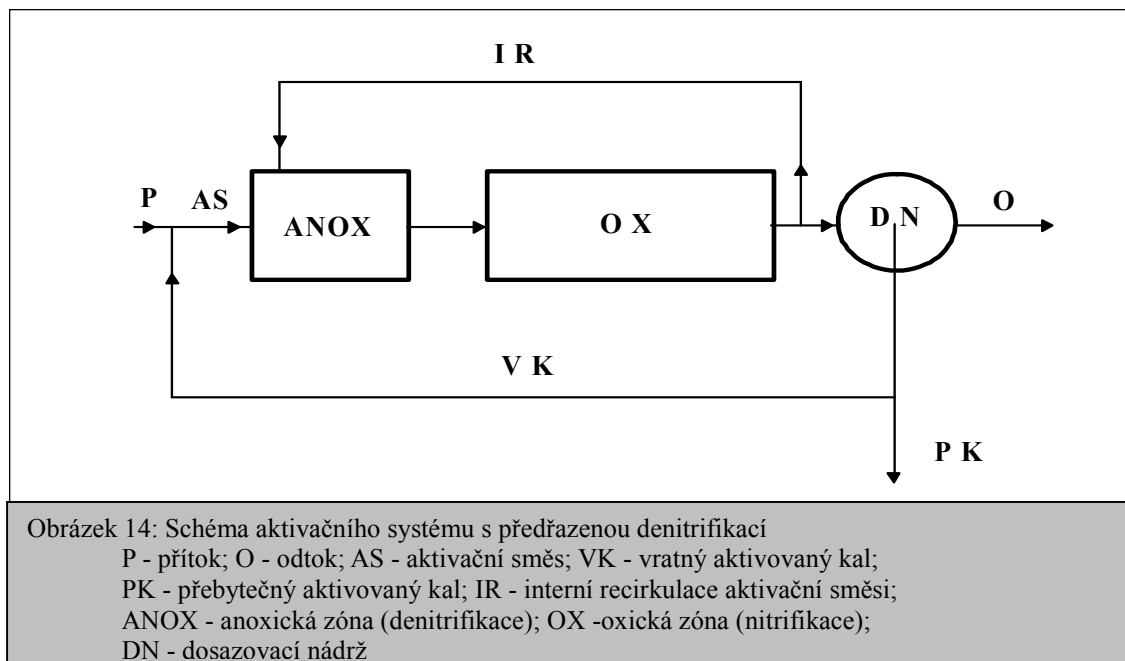
2.2.1 Začlenění denitrifikace do aktivačního procesu

K určitému stupni denitrifikace může v přítomnosti dusičnanů docházet i v provzdušňované aktivační nádrži, neboť uvnitř vloček aktivovaného kalu jsou anoxické podmínky, i když koncentrace O₂ v okolním prostředí není nulová. Má-li však být účinnost denitrifikace podstatně zvýšena, je nutno pro tento účel aktivační čistírnu vhodně upravit. Uspořádání aktivačního procesu s denitrifikací, již musí časově předcházet nitrifikace, lze provést několika způsoby.

Základní uspořádání je řešeno následovně: za provzdušňovanou oxickou zónou (nitrifikace) následuje anoxická zóna (denitrifikace), která není provzdušňována, ale jen míchána, aby nesedimentoval aktivovaný kal (viz Obrázek 13). Proto aby denitrifikace probíhala, je potřebné do denitrifikačního reaktoru přivádět exogenní substrát, např. část nečištěné odpadní vody, nebo methanol, případně kyselinu octovou. Přebytek organické hmoty je třeba rozložit v dalším, menším aerobním reaktoru. Řízení procesu tímto způsobem není vzhledem k proměnlivému složení a koncentraci odpadní vody jednoduché.



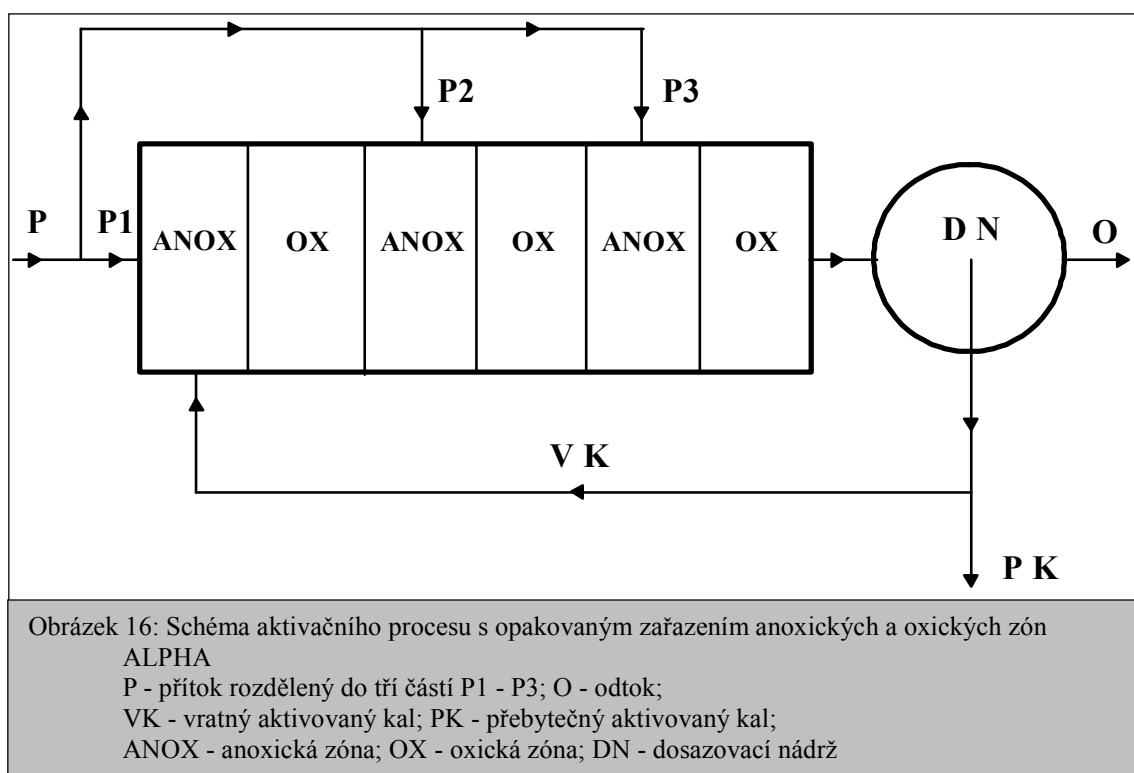
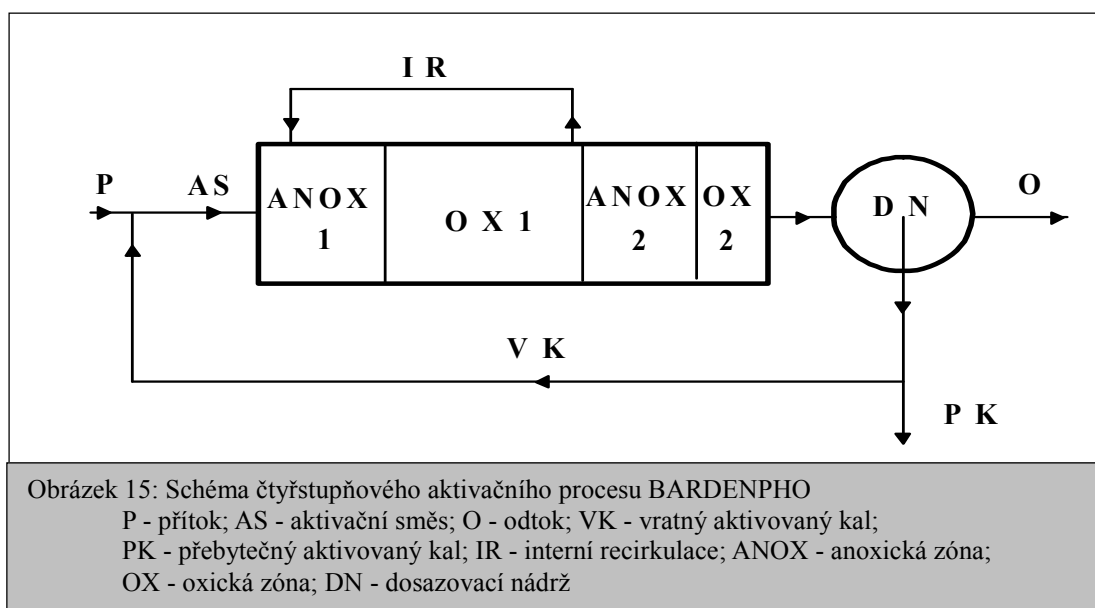
Pro využití dusičnanů k oxidaci organických látek a tím dosažení úspory přiváděného kyslíku a zejména pro dokonalejší využití organické hmoty odpadní vody k denitrifikačnímu procesu se doporučuje zařazení denitrifikačního stupně před nitrifikací (viz Obrázek 14).



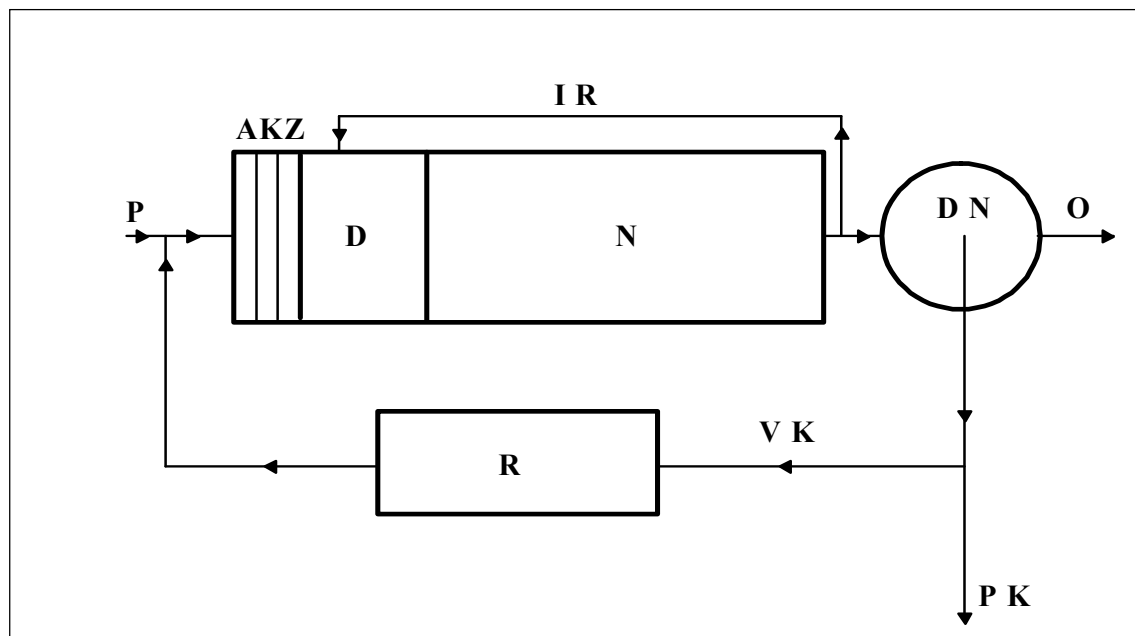
V tomto případě je však nutné zavedení recirkulace směsi za oxickým reaktorem, jímž jsou dusičnany vzniklé nitrifikací v oxickém reaktoru přiváděny do reaktoru anoxického, v němž probíhá denitrifikace. Tímto tzv. vnitřním recyklem, jehož poměr k přiváděnému množství odpadní vody je poměrně velký se vrací aktivací směs před jejím přívodem do dosazovací nádrže, a to proto, aby nebyla DN přetěžována velkým množstvím přiváděné

suspense. Z DN se vrací jen usazený kal v obvyklém množství (cca 30 až 50 %) [15].

Uspořádání aktivace D-N vykazuje některé charakteristické nedostatky, za prvé: k dosažení běžně požadovaných účinností denitrifikace je nutno používat vysoké hodnoty recirkulačního poměru interní recirkulace ($R_{int} = 2-3$), s čímž je spojena zvýšená spotřeba energie na čerpání. Za druhé: s vysokými hodnotami R_{int} se v systému smazává, a to i při kompartmentalizaci jednotlivých zón, koncentrační gradient potřebný pro dosažení přijatelných rychlostí procesů i k zamezení nadměrného růstu vláknitých mikroorganismů. Za třetí: koncentrace dusičnanového dusíku v odtoku ze systému je stejná jako ve vnitřním recyklu, a tedy mnohdy nepříjemně vysoká. K odstranění problémů spojených s vysokými hodnotami R_{int} se někdy místo jednoduché sekvence D-N používají systémy s opakovaným zařazením anoxických a oxických zón. Příkladem může být čtyřstupňový proces BARDENPHO, znázorněný na Obrázku 15, nebo proces ALPHA, znázorněný na Obrázku 16.



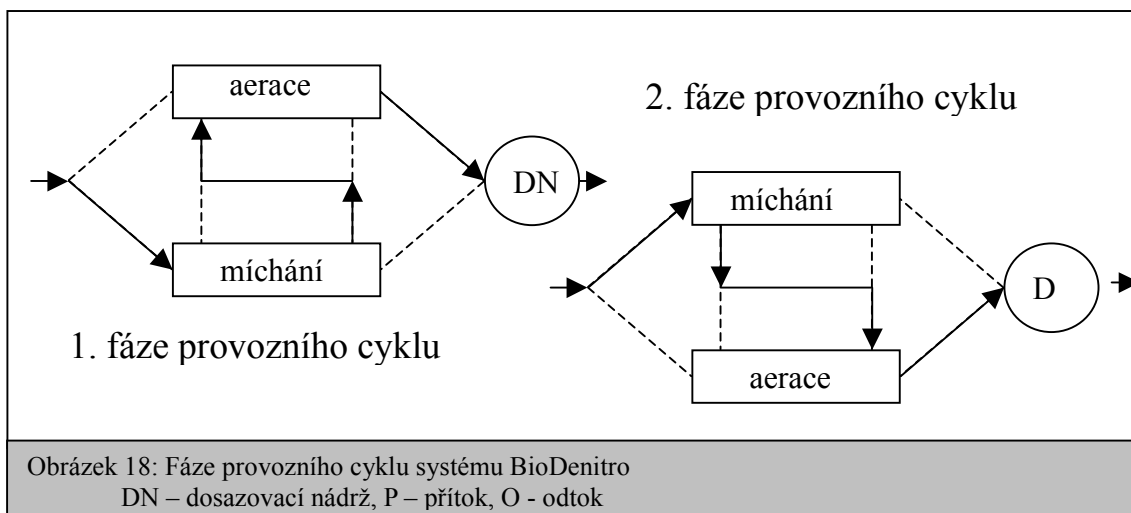
V systému R-D-N je vratný kal z dosazovací nádrže regenerován v provzdušňovaném reaktoru před tím, než je přiveden do anoxického reaktoru. Pokud se výstupní část regenerační zóny provozuje v anoxickém režimu (což je žádoucí proto, aby nebyl do předřazeného anoxického reaktoru přiváděn kyslík), odvětvuje se do ní část přitékající odpadní vody (cca 5 – 10 % přítoku). Tento systém nazývá D-R-D-N proces.



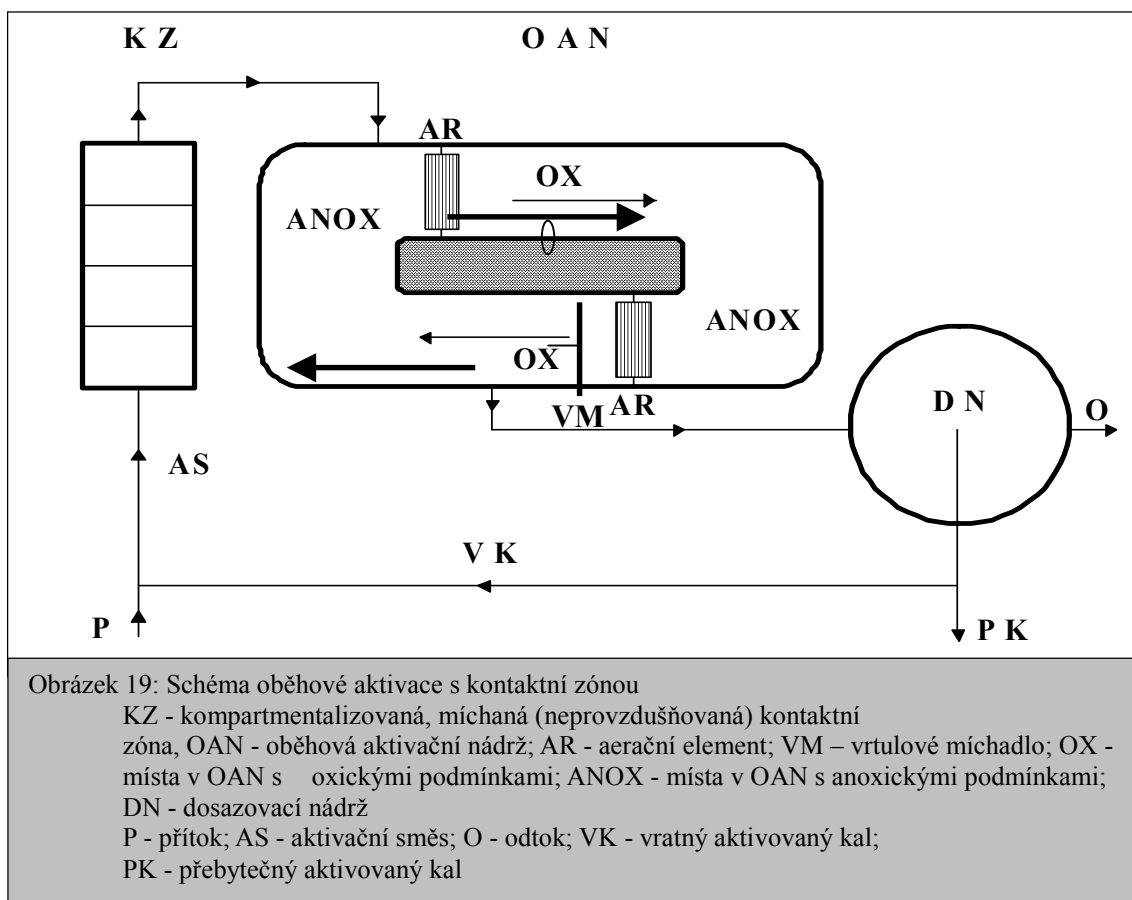
Obrázek 17: Schéma aktivního procesu R-D-N

AKZ - anoxická kontaktní zóna (kompartmentalizovaná); D - denitrifikační zóna; N - nitrifikační zóna; R - regenerační zóna; DN - dosazovací nádrž;
P - přítok; O - odtok; IR - interní recirkulace aktivní směsi; VK - vratný aktivovaný kal; PK - přebytečný aktivovaný kal

Systém BioDenitro sestává ze dvou aktivních nádrží, vybavených aeračním i míchacím zařízením, a jedné dosazovací nádrže. Provoz probíhá střídavě tak, že jedna – jen míchaná – nádrž se napouští odpadní vodou a aktivací směs je z ní odváděna do druhé provzdušňované nádrže, v níž probíhá nitrifikace a z ní do nádrže dosazovací. Usazený aktivovaný kal je vrácen do nádrže provozované v anoxických podmínkách. Po určité době (cca 2 hod) se směr toku obrátí a provoz nádrží se změní tak, že nádrž předtím aeraovaná je jen míchaná a naopak. Odpadní voda a vratný kal jsou přiváděny do nádrže předtím provozované v oxickém režimu. Dusičnany vzniklé v této nádrži v předchozím cyklu nitrifikací jsou denitrifikovány. Podmínkou pro úspěšný provoz je, aby výpočtová doba zdržení odpadní vody v systému byla několikanásobně vyšší než doba provozního cyklu. Schéma pracovních cyklů znázorněno na Obrázku 18.



Výhodně lze realizovat odstranění dusíku v oběhové aktivaci, v níž se oxické a anoxické podmínky střídají během každého oběhu aktivační směsi, tedy v průběhu asi 30 – 60 minut (simultánní denitrifikace). U těchto nádrží je teoretická doba zdržení odpadní vody několikanásobně větší než doba jednoho oběhu, takže tato projde při čištění několikrát oxickou a anoxickou zónou, což je výhodné, neboť při jednom oběhu proběhnou nitrifikační a denitrifikační procesy jen částečně a nedochází k velkým změnám acido-bazických poměrů.



Z energetického hlediska je vhodné oddělené zajištění oběhu aktivační směsi v reaktoru (např. vrtulovým míchadlem) a její aerace, která je zpravidla pneumatická, zajišťována situováním aeračních elementů na dně nádrže v její jedné části. Za ní (ve směru proudění aktivační směsi) je vytvořena oxická zóna a v další části po vyčerpání rozpuštěného kyslíku zóna anoxická.

2.3 Principy biologického odstraňování sloučenin fosforu

Při biologickém čištění odpadních vod dochází vždy k částečnému odstraňování fosforu z odpadních vod, neboť tento nutrient je inkorporován do nově syntetizované biomasy, odstraňované jako přebytečný kal. V aktivovaném kalu z konvenčních čistíren je obsah fosforu v sušině okolo 2%. V biocenóze aktivovaného kalu se však nalézají i bakterie schopné zvýšené akumulace fosforu do buněk. Tyto bakterie jsou souhrnně označovány jako poly-P (polyfosfát akumulující) bakterie, převážně z rodu *Acinetobacter*. Mechanismus zvýšené akumulace fosforu představuje pro tyto mikroorganismy selektivní výhodu při opakovaném střídání anaerobních a oxických kultivačních podmínek, které je základní podmínkou jeho navození. V anaerobních podmínkách se fermentativními procesy vytvářejí z organických látek v odpadní vodě nízkomolekulární sloučeniny jako nižší mastné kyseliny či nižší alkoholy; z hlediska zvýšeného biologického odstraňování fosforu je důležitá zejména přítomnost kyseliny octové. Vzhledem k tomu, že v anaerobních podmínkách není přítomen ani kyslík, ani dusičnanový dusík, nemůže docházet k oxidativnímu využití těchto organických látek. Poly-P bakterie jsou však schopny je akumulovat a ukládat ve formě zásobních látek jako poly- β -hydroxymáselná kyselina (PHB). Energie potřebná k tomuto procesu je uvolňována depolymerizací buněčných polyfosforečnanů, uložených v buňkách ve volutinových granulích. Po přenosu aktivovaného kalu z podmínek anaerobních do oxických jsou organické zásobní látky v buňkách poly-P bakterií oxidovány za přítomnosti molekulárního kyslíku. Uvolněná energie je v přebytku k potřebám buňky, a proto je tato energie zpětně ukládána do buněčných polyfosforečnanů. Buňky poly-P bakterií v oxických podmínkách akumulují jak fosforečnany uvolněné za anaerobních podmínek, tak přinesené odpadní vodou. Fosfor se ze systému odstraňuje vázán ve volutinových granulích v přebytečném aktivovaném kalu, který se odebírá v oxickém stavu. Pomocí specifického Neisserova barvení lze detekovat přítomnost těchto buněčných polyfosfátů v poly-P bakteriích, které tvoří v aktivovaném kalu typické hroznovité shluky. Pokud se podaří v aktivačním systému navodit mechanismus zvýšeného biologického odstraňování fosforu, může obsah fosforu v sušině aktivovaného kalu dosahovat až 9-10%. Nutno si však uvědomit, že fosfor není v buňkách poly-P bakterií vázán nikterak pevně a snadno se z nich uvolňuje.

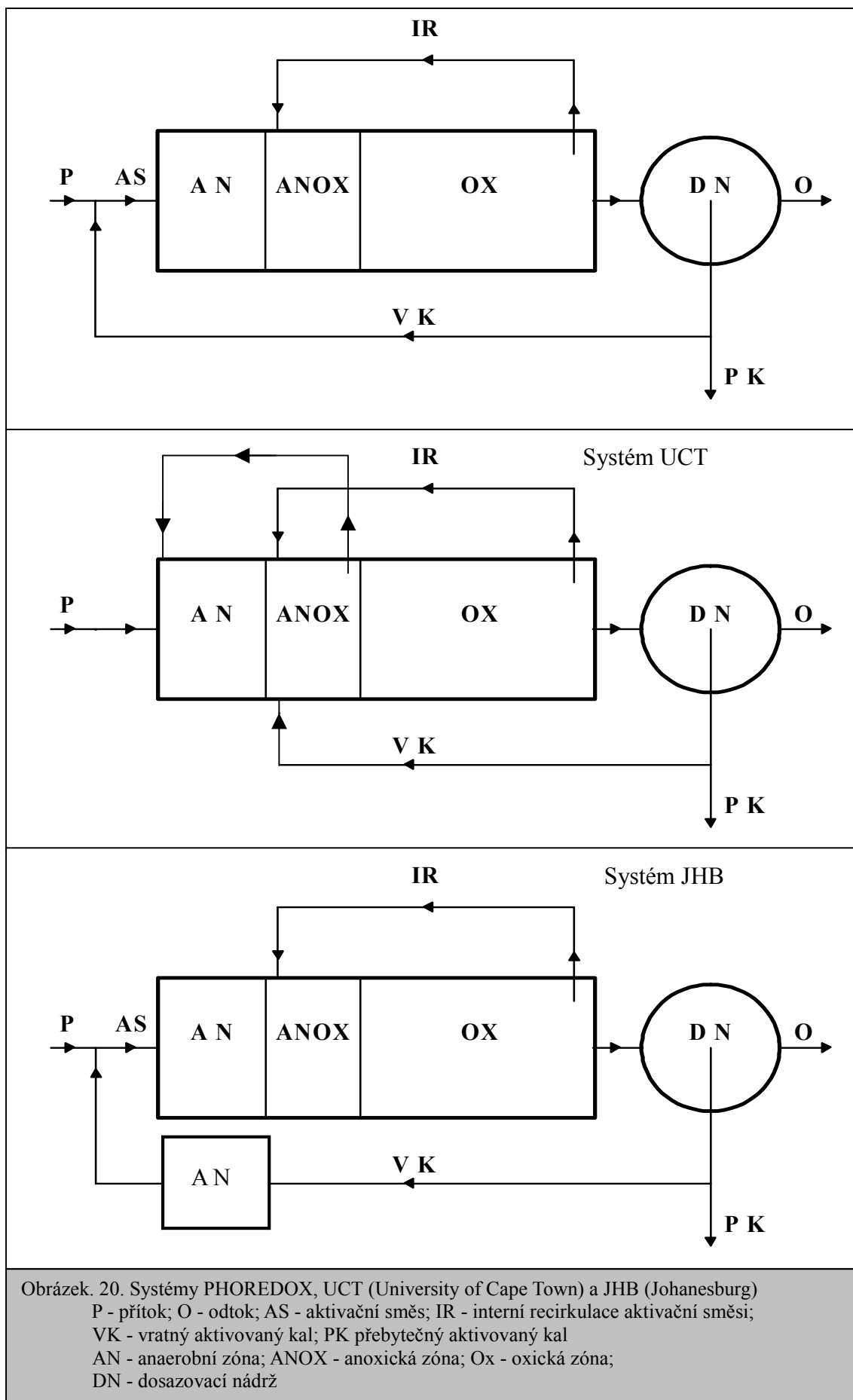
2.3.1 Uspořádání aktivace pro zvýšené biologické odstranění fosforu

Biologické aktivační systémy se zvýšeným odstraněním fosforu se rozlišují podle toho, v jaké části ČOV je odstranění provedeno, a to:

- a) v hlavním proudu,
- b) ve vedlejším proudu.

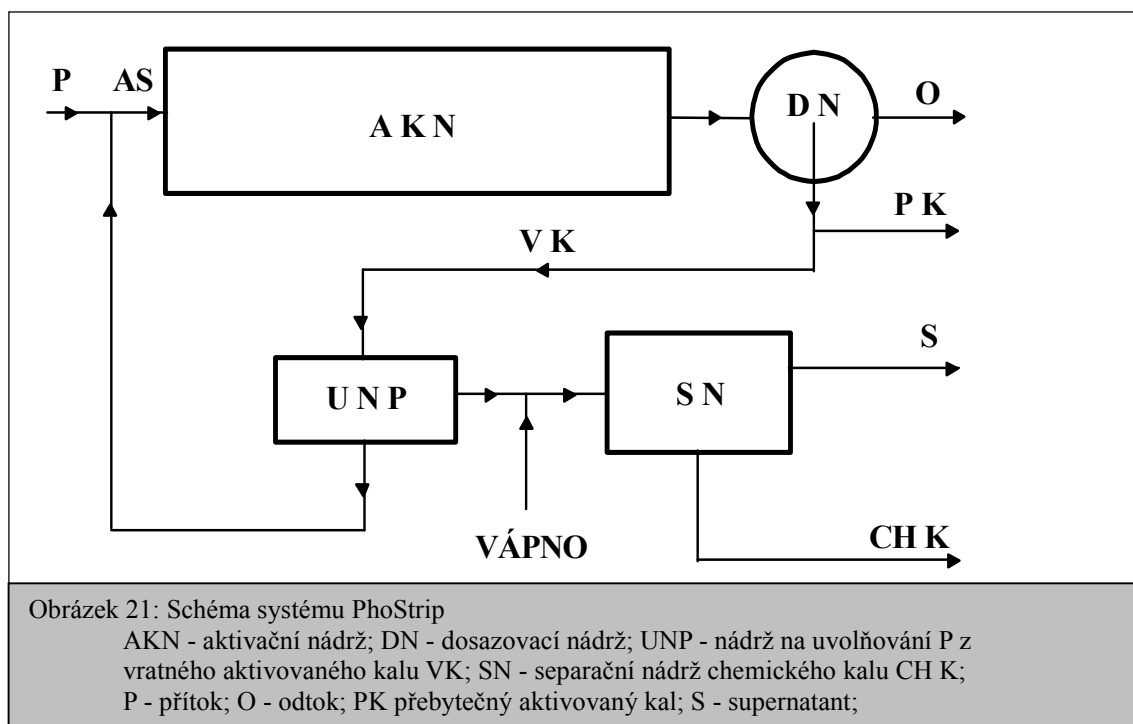
Systém biologického odstranění fosforu v hlavním proudu spočívá v předřazení aerobní zóny před zónu oxickou, respektive anoxickou, neboť se současně požaduje i odstranění dusíku. Pro vytvoření anaerobních podmínek se do neprovzdušňovaného reaktoru s aktivovaným kalem přivádí dostatek organického, nejlépe snadno biologicky rozložitelného substrátu, přičemž je nutno současně eliminovat větší přívod kyslíku a dusičnanů případně dusitanů v přiváděných médiích (vratném kalu). Poly-P bakterie totiž nejsou schopny nitrátové respirace a přítomnost dusičnanů inhibuje uvolnění fosfátů v anoxickém prostředí a následně jejich zvýšený příjem v prostředí oxickém.

Pro docílení výše uvedeného požadavku je základní uspořádání Phoredox (Obrázek 20) upraveno: a) recirkulací kalu z výstupu anoxického reaktoru (neobsahujícího dusičnany ani kyslík) do reaktoru anaerobního - systém UCT (Obrázek 20) nebo b) zařazením druhého anoxického reaktoru (v němž jsou dusičnany odstraněny endogenní respirací) do větve vratného kalu - systém JHB (Obrázek 20).



Vytvoření anaerobní zóny v oběhové aktivaci, stejně jako v SBR reaktoru, je obtížné. Pro tyto systémy je třeba vybudovat samostatný anaerobní reaktor, řešený například jako oběhová neprovzdušňovaná aktivace nebo jako míchaný reaktor.

Odstranění fosforu biologickým způsobem ve vedlejším proudu (systém Phostrip – Obrázek 21) je uskutečněno mimo hlavní čistírenskou linku. Část vratného kalu je přiváděna do anaerobního reaktoru, kde po proběhnutí potřebné doby anaerobní fermentace je kal vrácen do systému biologického čištění a v kalové vodě, do níž bylo uvolněno značné množství fosforečnanů, jsou tyto odstraněny srážením vápnem a odváděny ve formě chemického kalu.



2.3.2 Chemické srážení fosforu

V průběhu biologického čištění jsou polyfosforečnany hydrolyzovány na orthofosforečnany, současně dochází k rozkladu organických sloučenin obsahujících fosfor a k jeho uvolnění ve formě fosforečnanu. Zbytkové koncentrace fosforu v organických látkách v biologicky čištěné odpadní vodě bývají kolem 0,1 až 0,2 mg/l. S výjimkou této nízké koncentrace tvoří hlavní podíl z celkového fosforu v odtoku z ČOV orthofosforečnany. Pro snížení jejich koncentrace se používají srážecí postupy. Pro srážení fosforečnanů z městských OV přicházejí v úvahu železité nebo hlinité soli (síran, chlorid), síran železnatý a vápno Ca(OH)_2 . Dávkování srážedel je možné do těchto míst v průtočném profilu ČOV:

Lapák písku: tzv. před-srážení, přičemž vzniklá sraženina je odstraněna spolu s primárním kalem v usazovací nádrži.

Aktivační nádrž: tzv. simultánní srážení, obvykle do poslední třetiny koridoru AN. Tento způsob vede k lepší separovatelnosti aktivovaného kalu v dosazovací nádrži a tím někdy k docílení lepších čistících účinků i v odstranění organického znečištění.

Biologicky vyčištěná voda: tzv. do-srážení je nejúčinnější a nejlépe regulovatelné, vyžaduje však koagulační nádrž a nádrž pro separaci vysráženého kalu, nebo pískový filtr. Při dávkování je třeba především důkladného promísení srážedla s vodou, čehož se docílí intenzivním mícháním po dobu cca 1-3 minuty a následující flokulace po dobu 10-20 minut, během níž se při pozvolném pohybu suspenze docílí dobře separovatelných vloček.

2.4 Společné odstraňování dusíku a fosforu a jeho problémy

V čistírenské praxi se jen výjimečně vyskytují situace, kdy z hlediska ochrany recipientu před eutrofizací postačuje odstraňovat jen jeden z nutrientů. Obvykle neznáme látkovou bilanci recipientu natolik přesně, abychom mohli tuto otázku zodpovědět a priori, a proto je vyžadována souběžná eliminace obou nutrientů. Z hlediska biochemického a mikrobiologického se jedná o nesmírně složitý úkol, jehož obtížnost je dána některými antagonismy v požadavcích na podmínky pro odstraňování dusíku a fosforu, zejména:

- 1) nitrifikační organismy jako pomalu rostoucí vyžadují vyšší hodnoty doby zdržení biomasy (stáří aktivovaného kalu); vyšší stáří však snižuje aktivitu organotrofních mikroorganismů jak denitrifikačních, tak akumulujících fosforečnany.
- 2) jak denitrifikační tak poly-P bakterie vyžadují pro svou činnost přítomnost lehce rozložitelných substrátů; v běžných městských odpadních vodách však tato složka reprezentuje pouze 10-20 % hodnoty celkové CHSK. Dochází tedy k silné kompetici o organický substrát mezi těmito skupinami mikrobů.
- 3) chemolithotrofní nitrifikační bakterie jsou považovány za striktně aerobní; při pasáži aktivovaného kalu anaerobní či anoxickou zónou jsou tyto bakterie vystavovány kultivačním podmínkám, v nichž se dle dostupných poznatků jejich metabolismus zastavuje. Čím větší část aktivačního systému je vyhrazena pro anaerobní či anoxické podmínky, tím jsou podmínky pro růst nitrifikačních bakterií horší.
- 4) dusičnany vznikající nitrifikací v oxické části systému jsou přiváděny vratným aktivovaným kalem z dosazovací nádrže do anaerobní zóny; přítomnost dusičnanů v anaerobní zóně způsobuje ztráty lehce rozložitelných substrátů, které jsou místo konverze do buněčných zásobních látek poly-P bakterií oxidovány mikrobiálně dusičnanovým dusíkem.

Aktivační systémy společného odstraňování dusíku a fosforu z odpadních vod vycházejí ve své většině z modifikace uspořádání znázorněného na Obrázku 4, známého jako BARDENPHO proces. Modifikace spočívá v zařazení anaerobní zóny na začátek aktivační nádrže a systém je pak označován jako 5-ti stupňový BARDENPHO proces. Vysoká kvalita odtoku z toho systému je ovšem vykoupena velkými kubaturami jednotlivých zón; celková doba zdržení v systému dosahuje až 24 h. Vysoké hodnoty doby zdržení biomasy (okolo 20 dní) spolu s velkými kubaturami nádrží se zanedbatelným koncentračním gradientem jsou příčinou častých problémů s vláknitým bytněním či tvorbou pěn.

V americké a evropské praxi se proto častěji používají systémy pouze se základní sekvencí anaerobní, anoxické a oxické zóny. Tyto systémy, známé jako A²/O Process, jsou provozovány při dobách zdržení biomasy 5-10 dní s dostatečnou kompartmentalizací všech reakčních zón.

Vnos dusičnanů obsažených ve vratném aktivovaném kalu do anaerobní zóny snižuje celkovou účinnost zvýšeného biologického odstraňování fosforu jako důsledek kompetice o snadno rozložitelný substrát mezi poly-P a denitrifikačními mikroorganismy. Na universitě v Cape Town byla proto vyvinuta modifikace (tzv. UCT Process – viz Obrázek 9), v níž vratný aktivovaný kal je veden nikoli do zóny anaerobní, ale do zóny anoxické, a do anaerobní zóny se recirkuluje aktivační směs z anoxické zóny se sníženou koncentrací dusičnanů.

3. Navrhovaná opatření a závěr

- Úbytek zdrojů kvalitní pitné vody a retence vody v krajině je v současné době probíhajících přírodních změn velmi aktuální problém. K jeho řešení na vodárenské nádrži Švihov bylo zahájeno podrobné sledování dílčích povodí z hlediska možného vnosu nutrientů (tzn. sloučenin dusíku a fosforu) do nádrže a následného znehodnocení vody důsledky procesu eutrofizace.
- V rámci této fáze prací bylo provedeno zhodnocení dílčího povodí toku řeky Trnavy. Na tomto území bylo vybráno 25 měrných profilů na drobných vodních tocích, na kterých byly v měsíčních intervalech odebrány vzorky vody. V těchto vzorcích byly stanovovány koncentrace dusičnanového dusíku a fosforečnanového fosforu. Roční průběhy koncentrací jednotlivých ukazatelů na zvolených profilech jsou uvedeny v grafech v kapitole 3. Průběhy u jednotlivých ukazatelů jsou podkladem pro srovnání maximálního vnosu obou nutrientů do recipientu a identifikaci původu znečištění. U dusičnanového dusíku se pravidelně objevuje tzv. „jarní maximum“, kdy v důsledku vyššího srážkového úhrnu a zpomalení biochemických procesů v půdě dochází k vymývání dusičnanů do toku. Z toho lze usoudit, že zjištěné koncentrace dusičnanového dusíku na jednotlivých profilech pochází především ze zemědělské činnosti, tzn. z plošných zdrojů znečištění. Naopak u fosforečnanů byla zjištěna v průběhu roku zvýšená koncentrace dva i vícekrát. Tato maxima byla zjištěna buď na profilech za čistírnou odpadních vod nebo po intenzivnější meteorologické události v blízkosti sídla bez ČOV. Z těchto údajů vyplývá, že fosfor v toku má původ především v bodových zdrojích znečištění. Jelikož je tento nutrient obvykle limitujícím, tzn. na jeho koncentraci v toku závisí, zda dojde k procesu eutrofizace či nikoliv.
- Z hlediska znečištění zvýšenými koncentracemi dusičnanového dusíku se jeví jako nejproblematictější profily číslo 3 – Pod obcí Radějov, číslo 10 – Odtok z Trubárního rybníka, číslo 14 – Pod obcí Bratřice a především číslo 21 – U obce Velká Rovná. Výrazně zvýšenými koncentracemi orthofosforečnanového fosforu jsou zatíženy především profily číslo 8 – Pod obcí Lesná a 19 – Pod obcí Zhořec.
- Pravděpodobnou příčinou u všech těchto profilů je blízkost obce nevybavené čistírnou odpadních vod, případně vybavené čistírnou, ale s nevhodnou technologií. V průběhu řešení projektu byly podrobněji monitorovány profily číslo 21 a číslo 8. Oba profily se nacházejí v zemědělsky intenzivně využívané oblasti – u profilu č. 8 se jedná především o rostlinnou výrobu, v případě profilu č. 21 o výrobu rostlinnou i živočišnou. Odběrová místa jsou zároveň pod hrází rybníků, do kterých přitékají odpadní vody z blízkých obcí, z tohoto důvodu jsou obě tyto nádrže silně eutrofizovány. Zbytkové koncentrace sledovaných ukazatelů znečištění pak odtékají do recipientu. Obdobná situace se dá předpokládat i u ostatních problematických profilů.
- Z dosud zjištěných výsledků vyplývá, že vnos nutrientů do toku se děje jak z plošných, tak i bodových zdrojů znečištění.
- *Pro stanovení celkové zátěže vodárenské nádrže Švihov nutrienty se doporučuje pokračovat v projektu a plošný monitoring rozšířit o sledování koncentrací v řece Bělá, která z hlediska celého povodí se jeví jako další riziková oblast vnosu dusičnanů a fosforu do vodárenské nádrže. Zvýšenou pozornost je nutno věnovat významnému místnímu bodovému zdroji znečištění – ČOV Pelhřimov, která je zařazena do programu rekonstrukce za účelem splnění emisních limitů.*
- *Vzhledem k rozhodujícímu významu bodového zdroje znečištění ČOV Pelhřimov, bylo by obzvlášť vhodné při pokračování spolupráce magistrátu hl. m. Prahy a VŠCHT Praha na povodí nádrže Švihov, aby byla technologie vybraná pro intenzifikaci ČOV Pelhřimov podrobena i expertize AČE, a tak se zabránilo mrhání prostředky na ochranu této významné vodárenské nádrže případnou volbou nevhodné technologie.*