

ZKUŠENOSTI S VÝPOČTEM ČOV POMOCÍ SOFTWARE WEST

Karel Hartig¹, Jiří J. Čermák², Mariana Koleva³

Abstract

This article describes application of WEST, a powerful and user-friendly modelling software for dynamic modelling and simulation of three wastewater treatment plants. Modelled were three types of WWTP – cascade activation, biological treatment plant with regeneration and nitrification tank and carousel (circular ditch) activation. Results of WEST modelling reported the same water quality parameters in the outflowing water as in real ones, or as computed by another methods, respectively.

Úvod

Software West je v zahraničí zavedeným nástrojem a je používán nejen k simulacím čistírenských procesů, jejich optimalizacím, ale i k výuce technologického personálu čistíren. V České republice zatím není příliš rozšířený, proto bylo rozhodnuto ověřit jeho výhody a platnost modelů pro typy čistíren v našich podmínkách. DHI a.s. požádalo o spolupráci odborníka s nepopíratelnými dlouholetými zkušenostmi v technologii čištění vody s cílem otestování software. Testování bylo zaměřeno nejen na ověření výsledku modelování funkce stávajících ČOV, ale byl pomocí modelování ověřován návrh ČOV, z které dosud nejsou k dispozici provozní výsledky. Modelování bylo mezinárodní záležitostí, protože se na modelování podíleli odborníci nejen z ČR, ale i Bulharska. S ohledem na získání objektivních poznatků o fungování modelu bylo rozhodnuto, že práce spojené se stavbou modelu budou provedeny odborníky DHI a.s. výběr testovaných technologií čištění odpadních vod a to včetně zajištění potřebných údajů jsou zajišťovány odborníky Sweco Hydroprojektu a.s. Odladění modelu pak probíhalo v úzké spolupráci všech zúčastněných osob. Tím byly vytvořeny optimální podmínky pro urychlení získání výsledků testování a to především s ohledem na časovou vytíženost zúčastněných odborníků. V době psaní textu přednášky nebyly ještě výsledky testování ukončeny, ale dosud získané poznatky jsou velmi příznivé a optimistické.

Návrh testovaných systémů čištění odpadních vod

S ohledem na dostupnost dat (výpočetních či reálně měřených) bylo rozhodnuto vytvořit modely tří typů čistíren, které reprezentují v současnosti velmi časté typy čistíren odpadních vod.

Prvním typem je čistírna „A“ s oběhovou aktivací, bez primární sedimentace, ale s anaerobním reaktorem pro biologické odstraňování fosforu. Kalové hospodářství tvoří provzdušňovaná uskladňovací nádrž s odvodněním stabilizovaného kalu. Velikost ČOV byla zvolena pod 100 000 EO, neboli požadovaná koncentrace v odtoku je do 15 mg/l Nc, jako roční průměr.

¹ Ing. Karel Hartig, CSc., Sweco Hydroprojekt a.s., Táborská 940/31, 140 00 Praha, tel. +420 261 102 431, e-mail: karel.hartig@sweco.cz

² Ing Jiří Jordan Čermák, PhD., DHI a.s., Na Vrších 1490/5, 100 00 Praha 10, tel. +420 777 157 577, e-mail: j.cermak@dhi.cz

³ Dr. Ing. Mariana Koleva, DHI Bulgaria, mobil: +359 889 332 596, email: mkol@dhigroup.com

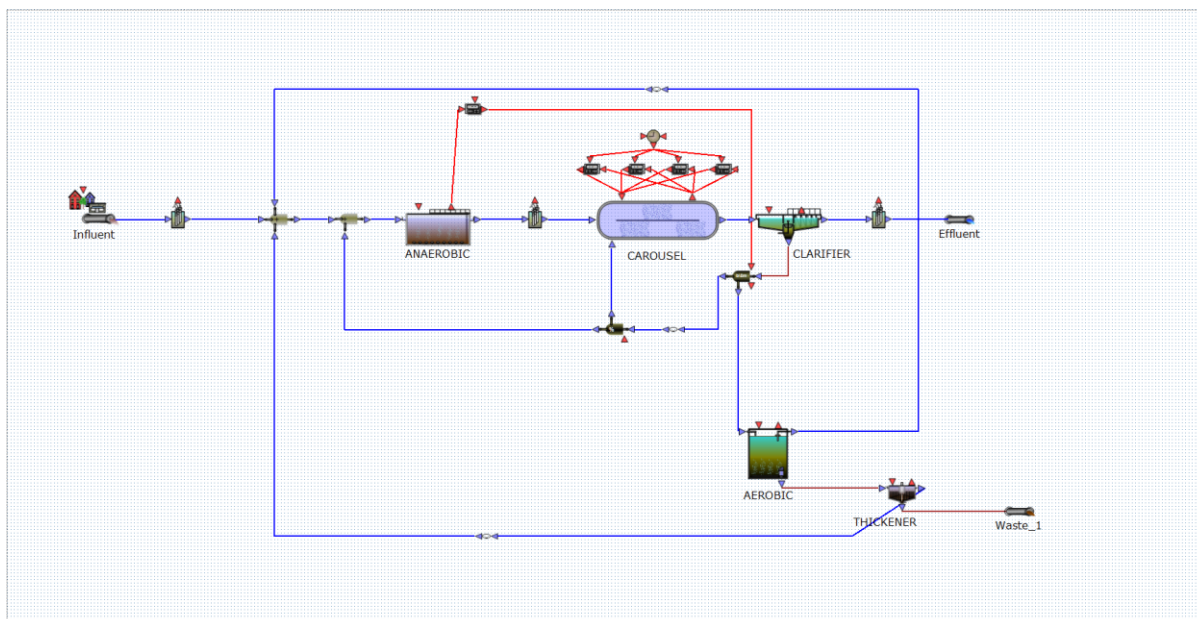
Druhým vybraným typem je čistírna "B" s kaskádovou aktivací pro kapacitu nad 100 000EO, neboli požadovaná koncentrace N_c je do 10 mg/l. Třetí variantou je čistírna „C“ s aktivačním systémem R – N, kde jednoduchou úpravou modelu lze přejít na R-D-N systém, který je v současnosti pravděpodobně nejvíce rozšířeným systémem v ČR. I tady byla zvolena velikost nad 100 000 EO, která klade nejvyšší nároky na odstraňování dusíku.

Výsledky modelování čistíren A a C jsou porovnávány s reálně měřenými výstupy. Porovnání kompletních výsledků bude součástí až prezentace v rámci přednášky, protože v současnosti nejsou ještě všechny výsledky zpracovány.

Stručný popis stavby modelů a kalibrace.

WEST je výkonný a uživatelsky příjemný nástroj pro dynamické modelování a simulace procesů na čistírnách odpadních vod (ČOV). Programu WEST obsahuje rozsáhlý a nejmodernější model včetně knihoven technologických procesů, což umožňuje modelovat a vyhodnocovat téměř jakýkoliv typ moderní čistírny odpadních vod.

Rozhraní programu je naprosto intuitivní, pro většinu myslitelných technologií (vstupy a výstupy vody a kalu, čerpadla, nádrže, usazování, slučování či dělení toku, odvodňování kalu, atd.) je připraven model (ikona), který je do modelu vložen pouhým přetažením a napojením konektorů. Pro případně chybějící zařízení lze modely uživatelsky doplnit, program má otevřenou strukturu, nicméně pro potřeby testovaných modelů nebyly takové činnosti zapotřebí, program obsahoval veškeré komponenty potřebné pro sestavení modelů. Při testování jsme použili celkem 3 různé technologické sestavy ČOV, které pro zjednodušení nazýváme A, B a C.

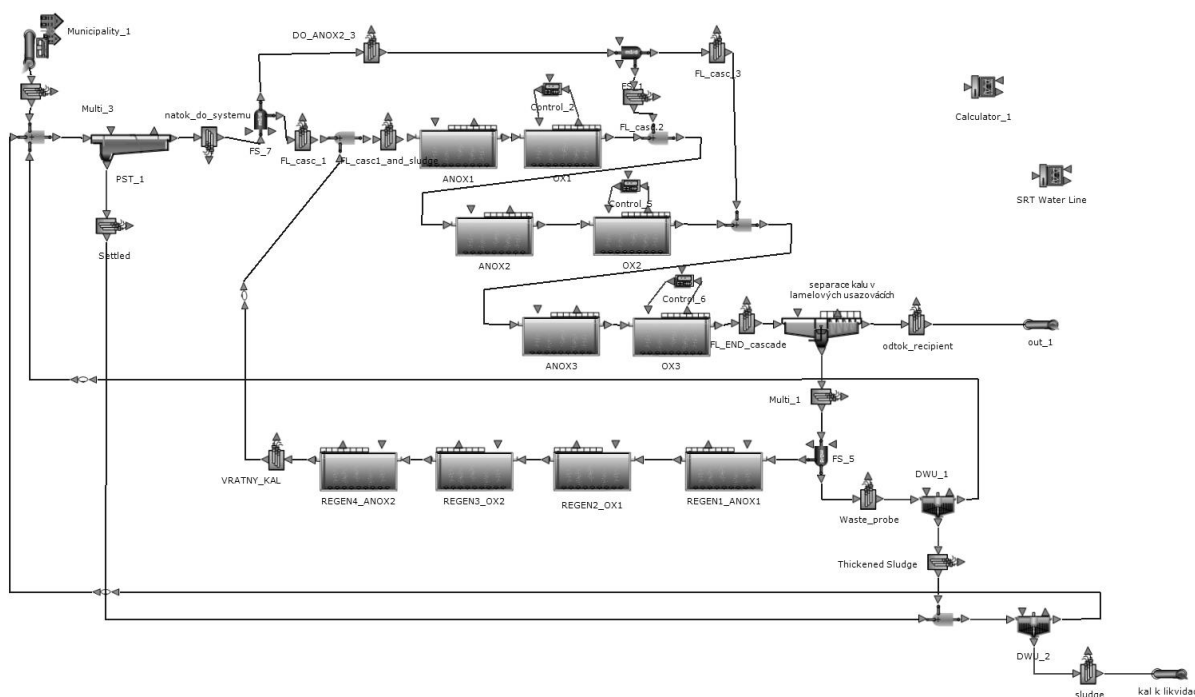


Obr. 1 – Zjednodušené schéma ČOV "A"

První testovaným modelem je oběhová aktivace s předřazeným anaerobním stupněm. Tuto technologickou čistírnu nazýváme **Čistírnou A**. Oběhová aktivace je v ČR velmi častý systém čištění odpadních vod, který je velmi vhodný pro čištění odpadních vod v případech, že při návrhu ČOV nejsou k dispozici spolehlivé údaje o množství a znečištění odpadních vod, popř. je velká nerovnoměrnost v zatížení ČOV v průběhu roku. Protože se oběhové aktivace realizují velmi často ve dvoulinkovém uspořádání, bylo po odladění modelu testováno použití jedné i obou linek oběhové aktivace při shodných parametrech přítoku surové odpadní vody. Při provozu pouze 1 linky je biologický proces čištění dvojnásobně

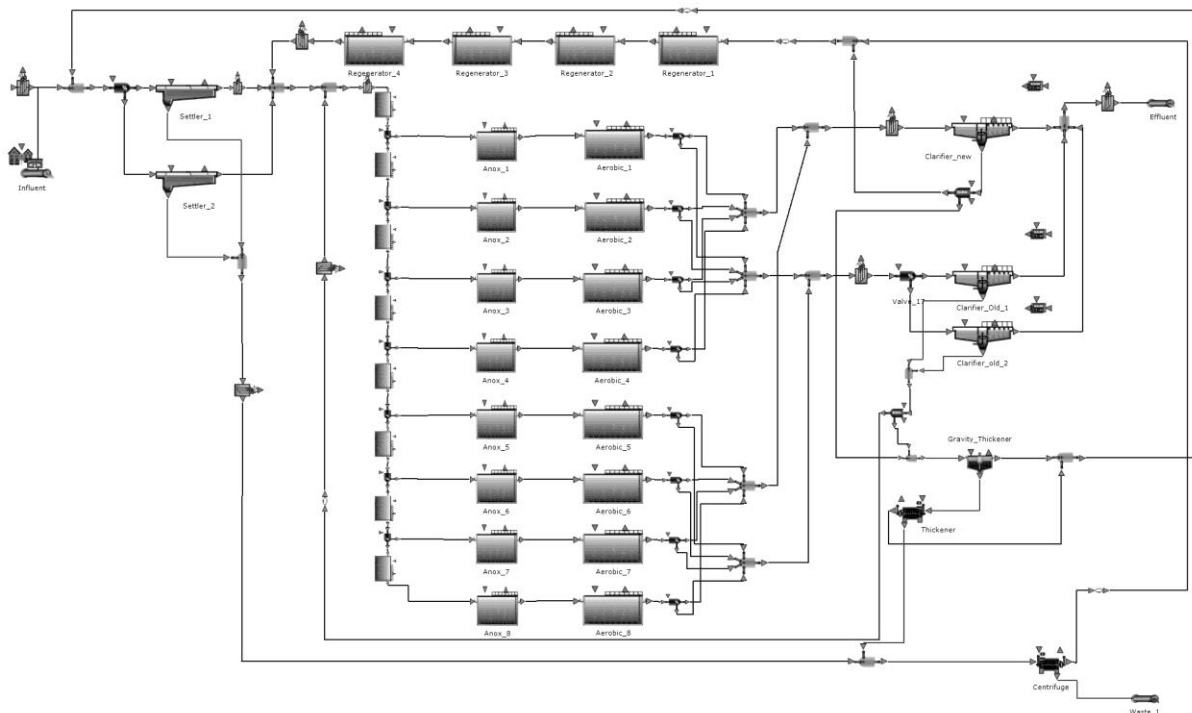
zatížen, oproti provozu obou linek současně. Vyšší látkové zatížení aktivace má za následek vyšší i denitrifikační rychlost. Pro spolehlivou funkci biologického čištění odpadních vod je nezbytné provozovat oběhovou aktivaci při vyšší sušině aktivovaného kalu. Cílem modelování procesu bylo kvantifikovat rozdíl mezi provozem jedné a obou linek oběhové aktivace.

Druhým testovaným modelem je kaskádová aktivace, neboli **Čistírna B**. Kaskádová aktivace je systém bez interní recirkulace kalu. Organický substrát je do jednotlivých denitrifikačních nádrží dodáván pomocí přivedení příslušného podílu surové odpadní vody z celkového průtoku odpadní vody na ČOV. Cílem modelování je proto zjišťování kvality odtoku na poměru rozdělení průtoku odpadní vody do jednotlivých denitrifikačních nádrží. Koncentrace aktivovaného kalu v jednotlivých nádržích klesá v závislosti na objemu vody přivedené do jednotlivých denitrifikačních nádrží. Rozdělení průtoku odpadní má proto rozhodující vliv na celkovou zásobu aktivovaného kalu v systému a tím i na stáří kalu. Cílem modelování bylo ověřit rozdělení průtoku odpadní vody do jednotlivých denitrifikačních nádrží na vybrané technologické parametry ČOV a to včetně koncentrace jednotlivých forem dusíku v odtoku z ČOV. Řízení, rozdělení průtoku odpadní vody do jednotlivých denitrifikačních sekcí lze v období srážek minimalizovat vyplavování aktivovaného kalu z aktivace do dosazovacích nádrží a tím jednak udržovat dostatečnou zásobu aktivovaného kalu v aktivační nádrži a dále snížit látkové zatížení dosazovacích nádrží.



Obr. 2 – Zjednodušené schéma čistírny "B"

Třetí testovaná sestava ČOV je systém s regenerací a nitrifikací = **Čistírna C**. Jedná se o systém, který lze jednoduše doplnit na R – D – N systém, který je v současnosti asi nejčastější systém čištění odpadních vod v rámci ČR. Modelování je zaměřeno na optimalizaci velikosti celkové recirkulace kalu a velikosti denitrifikační nádrže na odtokové koncentrace jednotlivých forem dusíku. Modelování R – N systému bylo testováno i na použití simultánní denitrifikace v případě vysokého látkového zatížení systému biologického čištění odpadních vod.



Obr. 3 – Zjednodušené schéma čistírny “C”

Postup a výsledky testování zvolených modelů čištění odpadních vod

Testování jednotlivých variant ČOV je ve skluzu a proto uvádíme pouze průběžné výsledky. Pro oběhovou aktivaci byly použity následující koncentrace odpadní vody a to včetně kolísání, které je vyjádřeno formou průměrné, maximální a minimální hodnoty.

Tab 1: Tabulka reálných koncentrací odpadní vody na vstupu do ČOV

	průměr	max	min
pH	7,70	8,00	7,32
CHSK (mg/l)	771	1 400	233
BSK5 (mg/l)	317	530	78
NL (mg/l)	459	1140	94
Nc (mg/l)	66,3	92,9	36,4
N-NH4 (mg/l)	43,8	63,1	20,2
N-NO3 (mg/l)	0	0	0
P-PO4 (mg/l)	3,8	7,5	0,9
Pc (mg/l)	8,2	13,4	4,0

Aktivační nádrž je provozována při vysoké koncentraci aktivovaného kalu (okolo 6 g/l) a to z části zajištění dostatečného stáří kalu a z části jako důsledek potíží s odkalováním přebytečného aktivovaného kalu. Jak to bývá u oběhových aktivací obvyklé, v technologické sestavě ČOV není zařazena primární sedimentace. Vysoká koncentrace aktivační směsi a vysoké denitrifikační rychlosti a rychlé vyčerpání kyslíku v aktivační nádrži. Jak bývá v ČR obvyklé, aktivační nádrž pracuje s přerušovanou aerací.

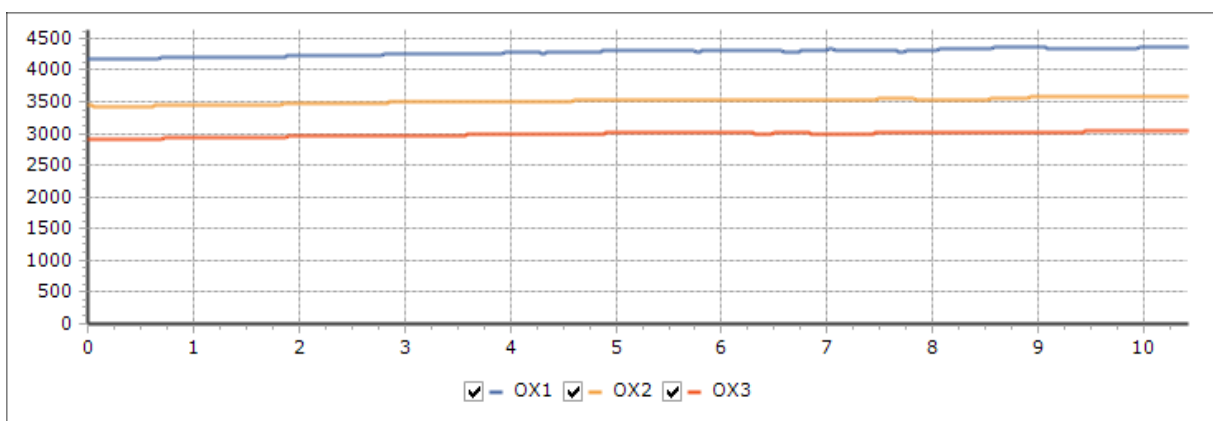
Tab 2: Tabulka výstupních koncentrací odpadní vody při provozu 1 linky oběhové aktivace

	průměr	max	min
pH	7,88	8,11	7,64
CHSK (mg/l)	36,7	68,0	18,0
BSK5 (mg/l)	7,0	19,0	3,3

NL (mg/l)	11,6	26,0	5,0
Nc (mg/l)	6,5	22,8	2,1
N-NH4 (mg/l)	3,9	18,2	0,6
N-NO3 (mg/l)	1,2	3,5	0,0
P-PO4 (mg/l)	1,7	5,3	0,1
Pc (mg/l)	2,1	6,1	0,2

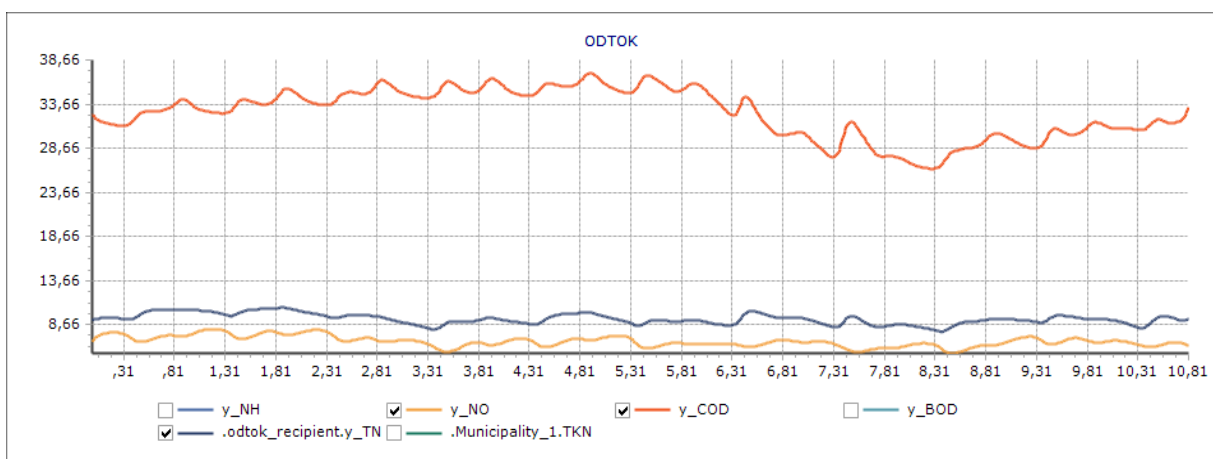
V průběhu modelování oběhové aktivace jsme dosud získali na modelu vyšší koncentrace dusičnanů na odtoku, než odpovídá skutečně naměřeným hodnotám. V současnosti se zjišťují příčiny tohoto jevu, a proto pokračuje odlaďování modelu.

Modelování kaskádové aktivace – **Čistírna B** bylo zaměřeno na ověřování vlivu rozdělení odpadní vody na kvalitu odtoku a ostatní technologické parametry.



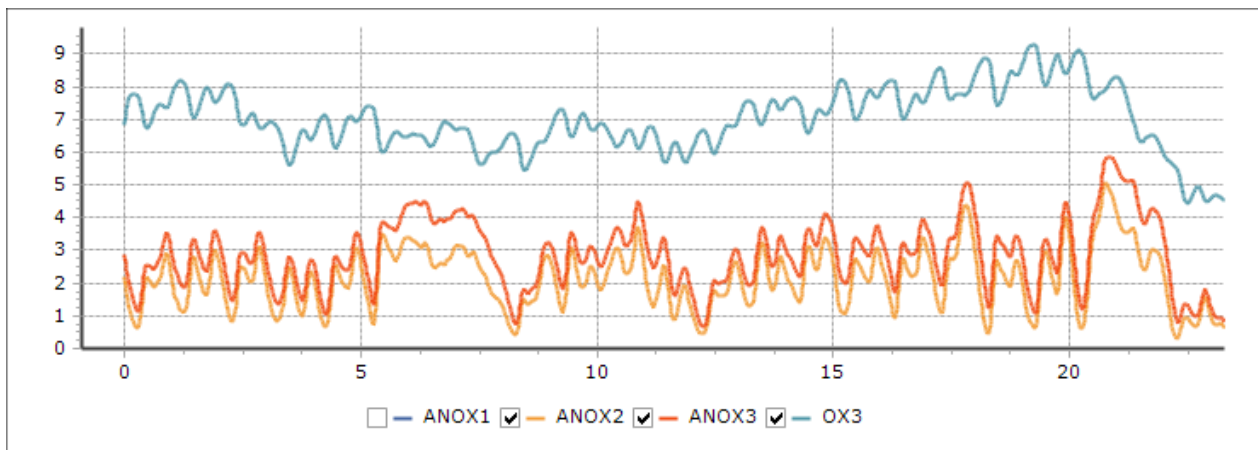
Obr. 4 – Průběh koncentrace aktivační směsi v ČOV

Vysvětlivky: Nejvyšší křivka – koncentrace aktivovaného kalu na odtoku z OX 1
Prostřední křivka – koncentrace aktivovaného kalu na odtoku z OX 2
Nejnižší křivka – koncentrace aktivovaného kalu na odtoku z OX



Obr. 5 – Dynamické modelování kvality odtoku

Vysvětlivky: Nejvyšší křivka CHSK
Prostřední křivka – dusík celkový Nc
Nejnižší křivka – dusičnanový dusík



Obr. 6 – Průběh koncentrace N-NO₃ na odtoku z denitrifikačních zón a z aktivační nádrže

Vysvětlivky: Nejvyšší křivka N-NO₃ v odtoku z aktivace
 Prostřední křivka – N-NO₃ v odtoku z ANOX 3
 Nejnižší křivka – N-NO₃ v odtoku z ANOX 2

Dosud získané výsledky jsou v dobré shodě s teorií i s výsledky výpočtů, které byly získány jiným způsobem.

Třetí testovaná **Čistírna C** představuje R – N systém, resp. R – D- N systém. I zde probíhají testy ověření kvality odtoku a hlavních technologických parametrů obdobným způsobem. Výsledky testů budou zahrnuty do přednášky.

Závěr

Testování jednotlivých modelů probíhalo pouze na splaškových vodách, pro testování software WEST na průmyslových odpadních vodách nebylo k dispozici dostatek času a hlavně reálných údajů o množství a znečištění odpadních vod. Provedenou modelací funkce různých technologických sestav ČOV byly získány poznatky:

- 1) Model poskytuje výsledky, které dobře popisují daný proces
- 2) Věrnost výsledků se skutečností je dle očekávání úzce spjatá s přesností a úplností všech potřebných údajů
- 3) Ačkoliv se stále pracuje na zpříjemnění a zjednodušení práce s matematickým modelem, i nadále se však jedná o software, který vyžaduje pracovníka s určitou úrovní znalostí o matematickém modelování procesů

Práce na testování software WEST nejsou dosud ukončeny a poznatky z testování se předpokládá využít pro zvýšení komfortu obsluhy tohoto produktu.