

DANUBE - EASTERN EUROPE REGIONAL WATER FORUM

INTERNATIONAL CONFERENCE
SUSTAINABLE SOLUTIONS IN WATER MANAGEMENT 2017



IN ASSOCIATION WITH



GOLD SPONSOR



ORGANIZER



INTERNATIONAL CONFERENCE

***SUSTAINABLE SOLUTIONS IN
WATER MANAGEMENT 2017***

Conference Proceedings

MAY 15 - 17, 2017

PALACE OF PARLIAMENT

BUCHAREST, ROMANIA

ARA Publishing

ORGANIZER

ROMANIAN WATER ASSOCIATION

No. 202H Splaiul Independenței, Bl. 2, Section 1, Sc. A, Ground Floor, Ap. 2,

S. 6, Bucharest, România, Phone: 021 316 27 87/68, Fax: 021 316 27 88/68

E-mail: cts@ara.ro, secretariat@ara.ro

Website: www.ara.ro, www.araexpoapa.ro, conference2017.araexpoapa.ro

SCIENTIFIC COMMITTEE

Ioan Bica (România)

Diana Robescu (România)

Atanas Paskalev (Bulgaria)

Sergiu Calos (Republica Moldova)

Gabriel Racovițeanu (România)

Constantin Florescu (România)

ORGANIZING COMMITTEE

Felix Stroe

Constantin Predoi

Silviu Lăcătușu

Ileana Vasilescu

Alina Rapcencu

Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României

SUSTAINABLE SOLUTIONS IN WATER MANAGEMENT 2017.

International conference (2017; Bucharest)

International conference "Sustainable solutions in water management 2017": conference proceedings: May 15-17, 2017, Bucharest. - București:

Editura ARA, 2017

Index

ISBN 978-973-88245-1-5

62

TEHNOREDACTOR

Viorel Gușatu

The responsibility for the views, contents and bibliography of works belongs to the authors used in volume.

CONTENT

CHAPTER I SUSTAINABLE TECHNOLOGIES

- ❖ **PILOT SCALE ULTRAFILTRATION FOR MUNICIPAL WASTEWATER REUSE** 3
Authors: Carmen Teodosiu, George Barjoveanu, Daniela Cailean, Corina Petronela Musteret, Daniela Arsene, I. Moroşanu, Dan Popovici, Ioana Dăscălescu, Orest Trofin, Marius Minea, Ion Toma
- ❖ **ULTRASONIC DISINFECTION OF DRINKING WATER** 17
Authors: Mihai Ştefănescu, Ioana Ionescu
- ❖ **NEW TECHNOLOGIES USED IN EXECUTION OF SEWAGE NETWORK IN THE LIVADA TOWN** 22
Authors: Dănuţiu Stegorean, Thomas Dipping, Andreea Chiriguţ, Ligia Todea, Cristina Mihali
- ❖ **MANAGEMENT OF ADDUCTION PIPES - REHABILITATION UNDERCROSSING** 37
Authors: Mihail Luca, Alexandru Lucian Luca, Fabian Tămăşanu, Ştefania Chirică
- ❖ **CASE STUDY: COMPARATIVE AND PARALLEL STUDY FOR AMMONIUM REMOVAL FROM GROUNDWATER BY BIOLOGICAL AND ELECTROOXIDATION TREATMENT THROUGH A MODULAR AND FLEXIBLE PILOT PLANT** 49
Authors: Nicoleta Lungar, Katalin Bodor, Ilie Vlaicu, Adina Pacala, Florica Manea
- ❖ **SUBSTANTIATION OF HALOGENATED BY-PRODUCTS GENERATION IN THE CHLORINATION PROCESS OF NATURAL DRINKING WATER RESOURCES BY ANALYTICAL INVESTIGATION** 59
Authors: Ionuţ Cristea, Cristiana Cosma, Viorel Patroescu
- ❖ **SUSTAINABLE TECHNOLOGIES IN ENGINEERING PRACTICE FOR WASTE WATER TREATMENT IN WASTE WATER TREATMENT PLANTS** 64
Authors: Tobolcea Cosmin, Creţu Valentin, Tobolcea Viorel, Creţu Flaviu Aurel
- ❖ **TURNING WASTE WATER INTO GREEN ENERGY AND RESOURCES; THE DUTCH GOVERNANCE APPROACH** 76
Authors: Marcel de Ruijter
- ❖ **OPTIMIZATION THROUGH REHABILITATION FOR WATER DISTRIBUTION NETWORKS** 86
Authors: Alexandru Mănescu, Brînduşa Mănescu

- ❖ **HOW CAN PRESSURE MANAGEMENT HELP REDUCE OPERATIONAL COSTS?** 92
Authors: Iulia Mihai, Călin Neamțu, Allan Lambert
- ❖ **REDUCEREA DEFICITULUI DE APĂ SUBTERANĂ PRIN APLICAREA TEHNICILOR DE ALIMENTARE ARTIFICIALĂ A ACVIFERELOR** 99
Authors: Ciugulea Oana Ștefania

CHAPTER II ENVIRONMENTAL ASPECTS

- ❖ **RISCURI PRIVIND ADMINISTRAREA SISTEMELOR DE ALIMENTARE CU APĂ ȘI CANALIZARE/EPURARE ÎN LOCALITĂȚI DIN MEDIUL RURAL ÎN JUDEȚUL IAȘI, ROMÂNIA** 111
Authors: Mihail Doruș, Traian Olinici, Orest Trofin, Sorin Murariu, Daniela Stoica, Ramona Cenușă, Petru Vlădeanu
- ❖ **MEMBRANES IN WASTEWATER TREATMENT: CHALLENGES AND OPPORTUNITIES** 121
Authors: Laura Alexandra Stănescu, Lăcrămioara Diana Robescu
- ❖ **ABORDAREA ȘI GESTIONAREA RISCURILOR ÎN EXPLOATAREA REȚELELOR DE ALIMENTARE CU APĂ** 125
Authors: Daniela Simona Moldovan
- ❖ **PORTAL WEB, APLICAȚIE WEBGIS PENTRU EVALUAREA RISCURILOR ÎN CAZUL DEFECȚIUNILOR LA SISTEMUL DE CANALIZARE** 133
Authors: Radu Alexandru Marian, Mircea Ioan Mecea, Văduva Bogdan
- ❖ **ASPECTE LEGATE DE MEDIU PRIVIND STAȚIA DE EPURARE CĂLĂRAȘI** 144
Authors: Vintilă Daniela Andreea, Andrei Ștefan Mihai
- ❖ **CIRCULAR ECONOMY: RECYCLING GLASS FIBRE REINFORCED COMPOSITES (GRP) ACCORDING TO EN 15804 MODULE D (END-OF-LIFE) THROUGH APPLIED LCA SCENARIOS** 157
Authors: Victor Vladimirov
- ❖ **SOLUȚII DE MINIMIZARE A IMPACTULUI DE MEDIU PRIN NOI METODE DE EVALUARE A ASPECTELOR DE MEDIU DIN COMPANIILE DE APĂ** 173
Authors: Daniela Simona Moldovan

CHAPTER III CLIMATE CHANGE

- ❖ **MĂSURI DE PREVENIRE A INUNDAȚIILOR ÎN ORAȘE ÎN CURS DE EXPANSIUNE** 183
Authors: Laura Elena Tucan, Ioan Bica
- ❖ **A CASE FOR A COORDINATED LOW IMPACT DEVELOPMENT AND GREEN INFRASTRUCTURE POLICY IN ROMANIA** 191
Authors: Dan Rădulescu, Gabriel Racovițeanu, Adriana Pienaru, Xavier Swamikannu
- ❖ **REDUCTION OF OPERATION AND MAINTENANCE COSTS IN WATER SUPPLY SYSTEMS BY NON-REVENUE WATER MANAGEMENT** 200
Authors: Iulia Mihai, Călin Neamțu
- ❖ **IMPACTUL SCHIMBĂRIILOR CLIMATICE ÎN SECTORUL APEI** 207
Authors: Călin Vasile Neamțu, Daniela Simona Moldovan
- ❖ **REUTILIZAREA APEI - REVIEW** 214
Authors: Elena Adriana Mierloiu, Lăcrămioara Diana Robescu

CHAPTER IV ENERGY EFFICIENCY

- ❖ **STUDIUL PRIVIND INCINERAREA NĂMOLULUI PROVENIT DE LA STAȚIA DE TRATARE A APELOR UZATE LA STAȚIA DE EPURARE A MUNICIPIULUI GALAȚI. SOLUȚII DE UTILIZARE A BIOGAZULUI ÎN COGENERARE** 221
Authors: Aurel Condurache
- ❖ **ADVANCED MONITORING SYSTEMS FOR WATER SUPPLY USING GIS MODELS** 248
Authors: Iustina Lateș, Mihail Luca
- ❖ **EFICIENȚA ENERGETICĂ** 256
Authors: Presură Aurel, Popa Mandița, Angela Pană
- ❖ **VALORIFICAREA CĂLDURII EFLUENTULUI ȘI UTILIZAREA EI ÎNTR-O STAȚIE DE EPURARE MUNICIPALĂ** 272
Authors: Ilie Vlaicu, Ioan Neamț, Eugen Brânzei
- ❖ **ECONOMISIREA ENERGIEI ELECTRICE ÎN TRATAREA APELOR UZATE PRIN SOLUȚII DE AERARE ȘI AMESTECARE DE ULTIMĂ GENERAȚIE** 282
Authors: Iulia Mihai, Marius Pavel

❖ TOP - STAȚIA DE POMPARE „LA CHEIE” DE LA FLYGT ECHIPATĂ CU SISTEMUL FLYGT EXPERIOR™	288
<i>Authors: Iulia Mihai, Marius Pavel</i>	

INDEX OF AUTHORS	297
-------------------------	-----

PREFAȚĂ

Existing infrastructure will need to be optimised to reduce energy consumption and decrease wastage, whilst new infrastructure will need to be designed to fully enable resource efficiency and recovery.

Water Utility Pathways in a Circular Economy (IWA, 2016)

Creșterea numerică a populației, schimbarea modelelor de comportament ale acesteia, consumul tot mai intens al resurselor naturale, degradarea calității mediului impun, ca unică soluție, trecerea mai rapidă și mai aplicată spre dezvoltarea durabilă, adoptând principiile și mecanismele economiei circulare, printr-o abordare integrată a problemelor care confruntă azi progresul societății umane.

Deși sistemul de gospodărire a apelor nu acordă încă suficientă atenție acestor cerințe, gestionarea acestei resurse, în mod special în cadrul alimentării cu apă și al canalizării apelor uzate trebuie să se ralieze normelor de dezvoltare impuse celorlalte domenii ale economiei. De fapt, principiile economiei circulare pot și trebuie aplicate cu prioritate domeniului colectării și epurării apelor uzate.

Sectorul apei este probabil cel mai mare sector considerat încă ineficient din punct de vedere al exploatării resurselor, dar care ar putea contribui substanțial la aplicarea economiei circulare. Astfel, în recentul document cadru publicat de IWA, intitulat *Water Utility Pathways in a Circular Economy* (IWA, 2016), sunt descrise principalele căi de tranziție a utilităților de apă spre o dezvoltare durabilă, folosind criteriile și mecanismele economiei circulare. Altfel, discrepanța dintre disponibilitatea resurselor și cerințe se va adânci, irosindu-se totodată resurse energetice și materiale, din ce în ce mai scumpe și mai greu de procurat.

Cercetarea este una dintre cele mai importante căi prin care se pot crea premisele unei dezvoltări durabile, singura cale prin care, în contextul actual, se poate asigura trecerea spre o economie circulară, care să asigure reducerea consumului de resurse, respectiv minimizarea volumului deșeurilor care ajung la depozitele de deșeuri. Cel de-al 7 - lea Program de Acțiune pentru Mediu, PAM-7, adoptat de Uniunea Europeană în 2013 stabilește, printre altele, necesitatea protejării, conservării și ameliorării capitalului natural și îmbunătățirea sustenabilității orașelor, sarcini cu adresare directă și pentru operatorii serviciilor de apă canal.

Conferința Tehnico-Stiințifică “Soluții sustenabile în managementul apei” organizată de Asociația Română a Apei reprezintă un bun exemplu de confirmare a faptului că preocupările comunității profesionale, științifice și tehnice din România sunt racordate la dezideratele și strategiile Uniunii Europene, ale comunității științifice internaționale, în general. Subiectele celor 29 de lucrări propuse pentru această conferință tratează cu precădere teme care se înscriu în prioritățile tematice europene ale cercetării actuale în domeniul apei, teme care vor contribui la progresul acestui domeniu extrem de important pentru confortul, siguranța și sănătatea populației:

- Tehnologii sustenabile;
- Aspecte de mediu;
- Eficiența energetică;
- Schimbări climatice.

Volumul conferinței reunește rezultatele studiilor și cercetărilor realizate de cei peste 80 de specialiști care, într-un fel sau altul, își desfășoară activitatea în infrastructura de apă: operare - exploatare, consultanță, învățământ universitar tehnic, proiectare, tehnologie, producerea și distribuția de echipamente tehnologice și de monitorizare, administrație, etc.

Subiectele lucrărilor propuse demonstrează că există o preocupare reală și substanțială pentru creșterea performanțelor în acest domeniu, pentru eficientizarea proiectării și exploatarea sistemelor de tratare și distribuție a apei, respectiv de colectare și epurare a apelor uzate, perfecționarea proceselor tehnologice specifice, reducerea consumurilor energetice și recuperarea resurselor, minimizarea impactului asupra mediului, managementul performant al infrastructurii de apă, în ansamblul ei, etc. În al doilea rând, se remarcă faptul că sunt propuse teme noi, care urmăresc rezolvarea unor probleme nediscutate în trecut pentru că nivelul lor de manifestare, efectele induse nu impuneau acest lucru sau pentru că nivelul cercetării la acel moment nu a permis abordarea acestora. Sunt diseminate rezultatele unor cercetări de mare amploare, realizate în comun de specialiști ai operatorilor de apă cu cadre didactice universitare, în cadrul programelor naționale de cercetare, finanțate de Ministerul Educației Naționale sau de alte entități, dar și cercetări finanțate din surse proprii ale operatorilor de apă sau ale dezvoltatorilor de echipamente pentru infrastructura de apă.

Creșterea numerică și a densității populației urbane, extinderea suprafeței orașelor, modificările induse de schimbările climatice, dar și impunerea normelor tot mai severe de protecție a mediului, în ansamblul său, generează noi probleme care necesită o altă abordare, o altă viziune și desigur noi soluții pentru gestionarea, respectiv minimizarea efectelor negative ale acestora.

Sunt convins că dezbaterile din secțiunile acestei conferințe vor asigura un cadru fertil pentru găsirea soluțiilor eficiente, pentru diseminarea și dezvoltarea cunoașterii în acest domeniu spre folosul asociației noastre, pentru creșterea încrederii și confortului beneficiarilor infrastructurii de apă, pentru conservarea și eficientizarea utilizării resurselor. Rezultatele acestor lucrări ca și ale dezbaterilor din secțiuni își vor putea găsi aplicabilitate în noile proiecte de investiții preconizate pentru viitoarea etapă de dezvoltare a infrastructurii de apă, asigurând un nivel ridicat de tehnologizare și operare al acestora.

Profesor dr.ing. Ioan BICA

Președinte CTS - ARA

CHAPTER I

SUSTAINABLE TECHNOLOGIES



Protectnature



**INEVA**

"Dedicated Expertise For The Environment"

PROTECT NATURE

Wastewater treatment sludges are among the major environmental problems. Sludge amounts are increasing day by day. INEVA, by its **in-house sludge incineration technology which requires no pre-drying process**; provides permanent and sustainable solution for the problem.

PILOT SCALE ULTRAFILTRATION FOR MUNICIPAL WASTEWATER REUSE

C. Teodosiu^{a*}, G. Barjoveanu^a, D. Cailean (Gavrilescu)^a, C.P. Musteret^a, D. Arsene (Figիր)^a, I. Moroşanu^a, D. Popovici^b, I. Dăscălescu^b, O. Trofin^{b*}, M. Minea^b and Ion Toma^b

^a Department of Environmental Engineering and Management, Faculty of Chemical Engineering and Environmental Protection, “Gheorghe Asachi” Technical University of Iaşi, 73 Prof. dr. D. Mangeron Street, 700050 Iaşi, România

(*Corresponding author E-mail: cteo@ch.tuiasi.ro)

^b SC APAVITAL SA Iaşi, 10 M. Costachescu Street, Iaşi 700495, România

(*Corresponding author E-mail: oreste.trofin@apavital.ro)

Abstract

Wastewater recycling and reuse represent common practices in several parts of the world, particularly in those with an existing water deficit. Since conventional wastewater treatment plants are not able to efficiently remove priority micropollutants and pathogens, there is a need of more adequate treatment technologies. Advanced processes, like membrane separation processes, should be applied to municipal and industrial effluents for water reclamation purposes. The main objective of this study is to evaluate the technical performances of an ultrafiltration pilot scale system for the treatment of effluents resulted from the Iaşi Municipal Wastewater Treatment Plant (MWWTP), România. In this case, the ultrafiltration pilot installation is a polishing step, after mechanical, biological treatment, and tertiary treatment, with the scope of producing a permeate of such quality that would allow reuse applications.

The ultrafiltration pilot plant was installed in Iaşi MWWTP and consists of a feed tank, a submersible pump with a flow of up to 180 L/h, the ultrafiltration module that includes tubular polyethersulfone membranes connected in series, supplied by INGE GmbH (DE). The membrane module has a total membrane area of 4 m².

The ultrafiltration process was conducted in the dead-end operation mode, membrane cleaning being accomplished by forward flushing or chemical cleaning. Furthermore, this pilot-scale ultrafiltration system enables the determination of clean water fluxes, which give information on membranes permeability, membrane cleaning status and flux recovery after a series of tests.

The UF system was capable of removing all the suspended solids, up to 74% of organic matter (expressed as chemical oxygen demand) and 61% of phosphorus, but did not show any significant removal of nitrogen species. Microorganisms were almost completely removed thus providing a high quality permeate able to be reused in industry or agriculture.

Keywords

Municipal effluent, Advanced treatment, Ultrafiltration pilot system, Reuse.

1. INTRODUCTION

The water use cycle is a system with a high complexity, which results from many factors, including: the various ways in which the water is used and how the wastewaters are managed, the necessity to deal with the changes in the water quality, caused by the temporal and spatial dynamics of water resources availability, and some uncertainties, like extreme weather phenomena (floods, droughts), accidental pollution or climate changes. The ultimate goal of this complex system is to manage in an integrated way the water resources, in order to control all the potential hazards (environmental impacts and health risks) related to water use. An integrated and coherent approach of the environmental, technical, operational and management problems, within the water use cycle will help alleviate the pressure upon the limited water resources and the important challenges related to water use (Teodosiu *et al.*, 2015; Teodosiu *et al.*, 2016).

The major tasks in solving the problems related to water and wastewater treatment fall into the responsibility of the water-services providers, which have a critical position in the water resources management scheme, because they have to manage in a sustainable way, both the water quality-related hazards to human health, as well as the human-induced environmental impacts on the water resources: water withdrawals for drinking water production and, on the other side, wastewater management. Adequate water quality and quantity for drinking and different everyday uses is a current challenge. In recent years, many efforts have been made towards upgrading the current wastewater treatment or finding new technologies, in order to obtain reclaimed water and conserve water resources. Municipal wastewater treatment plants (MWWTP) effluents require advanced treatment in tertiary treatment stages, so as to remove priority pollutants, colloids, nutrients and microorganisms and to obtain a high-quality water (Cailean et al., 2015; Kalavrouziotis *et al.*, 2015). Although, in some parts of Europe legislation and cases of water reuse and recycle exist, România still lacks such a legislative framework and implementation practices.

The reclaimed water is an alternative source of freshwater, along harvested rainwater and desalinated water (Hardy *et al.*, 2015; Pintilie *et al.*, 2016). While reuse of treated wastewater is a good practice in the integrated water resource management, the public reluctance for accepting it comes from the following potential risks: (a) contamination and infection by pathogens (in case of potable or irrigation water); (b) accumulation of salts and other unknown compounds in soils or the interior of equipments (in case of agricultural or industrial use); (c) aquifer water contamination, in case of irrigation (Kalavrouziotis *et al.*, 2015).

Water reclamation can be obtained through various technologies, including membrane processes. Ultrafiltration (UF) is an important membrane process that can be used as an advanced treatment stage for municipal effluents. Ultrafiltration process can provide good performances for the treatment of these effluents from both technical and economical point of view. In addition, it has a small footprint and is easy to operate (Tora-Grau et al., 2015; Uribe et al., 2015). The main disadvantage of this type of processes is related to the membrane fouling, resulting from the deposition of aquatic substances on or into the membrane pores.

Based on the mentioned aspects, there are an increasing number of reports in the literature regarding the application of UF and some other membrane separation processes on municipal and industrial effluents at laboratory scale (El-Abbassi et al., 2013; Wang et al., 2015; Gebreyohannes et al., 2016; Le and Nunes, 2016). Based on the encouraging results obtained in the laboratory experiments on municipal effluents, some authors have tested the system at a larger scale, in pilot systems. Xiao et al. (2013) have studied the use of microfiltration (MF) to treat a secondary municipal effluent (Wenquan Water Reclamation Plant in Beijing, China) at pilot-scale. The study showed that the MF system was operated under low normalized trans-membrane pressure (substantially below 40 kPa) and high permeate flux (52–60 L/m²/h). The membrane system exhibited excellent mechanical strength and strong chemical resistance throughout the investigation. The treated water was then able to be used as reverse osmosis feed water in order to obtain reclaimed wastewater.

In another study, Chon et al. (2013) investigated the advanced treatment of secondary municipal effluent (WWTP Ansan, Korea) at pilot scale, using a combination of coagulation, disk filtration and membrane processes. The authors observed that the residual coagulants provided a strong effect on fouling formation of the UF membrane, while UF membrane was effective in mitigating biofouling on the RO membrane surfaces. The effluent met the draft regulations on wastewater reuse of the California Department of Public Health.

Finally, reclamation of wastewater for potable use may be possible, if a combination of membrane bioreactors (MBR) with reverse osmosis (RO) is applied (Dolar et al., 2012). In this case, RO membrane fouling is affected by how the MBR process is operated. When studying a pilot-scale treatment system for wastewater reuse, Farias et al. (2014) argued that increasing the solids retention time in a membrane bioreactor results on the fouling of the membranes in a subsequent RO process.

In the last years, România has suffered from the effects of global climate change, increased periods of drought, desertification, as well as declining of water resource availability. According to the National Management Plan for the period 2016-2021, the hydrographic basin of Prut River, from which Iași is part of (Figure 1), was identified to have a potential water resource deficit and a risk to drought, having, as major challenge, the need to find alternative water sources, to help mitigate the deficit water problem.



Figure 1. Map of Iași municipality

In this context, the research project **WATUSER: “Integrated system for reducing environmental and human - related impacts and risks in the water use cycle”** financed by the National Research & Innovation Programme PNCDI II, was implemented between 2012 and 2016 by two Romanian universities: “Gheorghe Asachi” Technical University of Iași, which acted as coordinator and Politehnica University of Timișoara, together with 2 important partners from the regional water operators network: SC APAVITAL SA from Iași and SC AQUATIM SA from Timișoara. The main project objective is to develop and implement an integrated system of innovative technologies and management instruments, for reducing environmental impacts and associated human health risks caused by water quality issues, over the whole water use cycle: water abstraction, treatment, distribution, use, wastewater collection, wastewater treatment and discharge/reuse. The project approached this goal by developing research in two main directions:

- innovative technologies for water and wastewater treatment, in order to respond to specific water quality problems;
- a coherent framework of innovative assessment and evaluation instruments, that will enable the identification and abatement of environmental and human-related impacts and risks over the water use cycle (Teodosiu et. al, 2012).

The WATUSER project was conceived to consider the major operational and technical problems, that appear in managing environmental impacts and human-health risks, in various water use cycle stages, as presented in Figure 2. Furthermore the project activities were developed to consider the spatial distribution of the two complex water systems (the counties of Iași and Timiș, România).

As depicted in Figure 2, the development of management instruments focused on the whole water use cycle, while the technological development activities were split between partners and water use phases: a) the *advanced water treatment processes* were studied, so as to provide technical solutions for efficient removal of nitrite, nitrates and natural organic matter, while b) the *advanced wastewater treatment processes* were studied, in order to solve the environmental impacts (and subsequent human health risks) associated to wastewater discharge and reuse. Both technological developments of the project were developed firstly in the laboratories of the partner universities and then transposed to pilot scale, by the water regional operators SC APAVITAL SA, Iasi and SC AQUATIM SA, Timișoara.

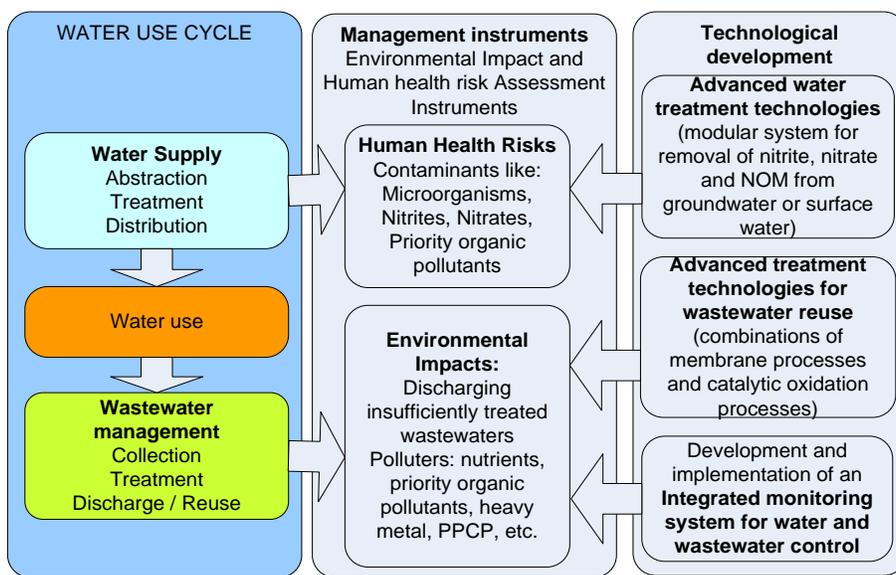


Figure 2. WATUSER project activities concept

The main objective of this study is to evaluate the technical performances of the ultrafiltration pilot scale system developed within the WATUSER project, for the treatment of the Iași MWWTP effluents. The results at the laboratory scale were previously discussed in another study (Cailean et al., 2015). In this case, the ultrafiltration pilot scale system represents a polishing step, after mechanical, biological treatment, and tertiary treatment, with the scope of producing a permeate of such quality, that would allow the reuse applications in industry or for irrigation.

2. MATERIALS AND METHODS

Analysis of MWWTP Iași effluent quality

The Iași MWWTP consists of two conventional mechanical-biological wastewater treatment lines which were recently fully redesigned and upgraded. The first wastewater line comprises the

conventional activated sludge technology, while the second line (the newest) comprises a two-step activated sludge process (first stage with very high organic load, second stage normal organic and sludge load).

Recently, tertiary treatment (comprising nitrogen and phosphorous removal) was also implemented. Sludge disposal is performed by anaerobic mesophilic digestion of the primary and biological excess sludge, together with biogas production followed by landfilling.

The Iași MWWTP effluent samples, that were fed into the pilot scale system, were collected and analyzed by APAVITAL certified laboratory immediately or, when this was not possible, maintained at a constant temperature of 4°C until use. The main quality parameters of the MWWTP effluent referred to: pH, Chemical Oxygen Demand (COD), Biochemical Oxygen Demand (BOD), nitrates, Total Phosphorous (TP), Total Nitrogen (TN), Total Fe, Total Cr, Cu²⁺, Ni²⁺, Zn²⁺, suspended solids (SS). The loading of biological residual of permeate was monitored by the analysis of total coliforms, E.Coli, enterococci, and mesophilic bacteria (22° and 37° C) and are summarized in Table 1.

Table 1. MWWTP effluent quality parameters

Quality indicator	Analyzed values*	MAC**
pH	7.56-8.13	6.5-8.5
COD, mg O ₂ /L	27.0-69.0	125
BOD ₅ , mg O ₂ /L	9.0-25.0	25
SS, mg/L	2.0-52.0	35
N-NH ₄ ⁺ , mg/L	0.02-2.64	2
NO ₃ ⁻ , mg/L	29.63-56.23	25
TN, mg/L	8.01-14.58	10
TP, mg/L	0.242-1.52	1
Total Fe (Fe ²⁺ and Fe ³⁺), mg/L	0.113-1.461	5
Cu (Cu ²⁺), mg/L	0.009 – 0.021	0.1
Zn (Zn ²⁺), mg/L	0.042 – 0.431	0.5
Ni (Ni ²⁺), mg/L	0.0008 – 0.0056	0.5
Total Coliforms, MPN/100 mL	270000 – 790000	N/A
E.Coli, MPN/100 mL	6100 - 19000	N/A
Enterococci, MPN/100 mL	4100 - 12000	N/A

Notes:

*The analyzed values column shows the range variation of the effluent samples collected during the pilot scale experiments.

**MAC = maximum acceptable concentration for discharge in water bodies, according to NTPA 001/2005 (Romanian GD 352/2005)

N/A- not available

Analytical procedures and calculation of removal efficiencies

The chemical oxygen demand (COD) was determined according to the Standard Method SR EN ISO 6060:1996 using a Jasco UV–VIS 530 spectrophotometer to analyze the samples for COD determination. The biochemical oxygen demand (BOD) indicator was determined by OxiTop® method (WTW, Germany), which consists of pressure measurement in a closed system. The microorganisms present in the sample consume the oxygen and form CO₂, which is absorbed by NaOH, creating a vacuum, that can be measured as a mg/L BOD value. The BOD values are directly displayed by the pressure sensor. Suspended solids determinations of wastewater and permeate were performed by using SR EN 872:2005. The ammonia (N-NH₄⁺) and nitrates (N-NO₃⁻) concentrations were determined according to the Standards methods SR ISO 7150-1:2001 and SR ISO 7890-3:2000, respectively.

A Shimadzu TOC-VCPN analyzer coupled with a TNM-1 unit was used to monitor the wastewater and permeate quality, in terms total nitrogen (TN) indicator.

The total phosphorus (TP) and metals concentrations were determined, according to the Standard Methods SR EN ISO 6878:2005 for TP indicator and corresponding SR EN ISO 8288:2001 for each of the metal concentrations (Total Fe, Cu²⁺, Ni²⁺, Zn²⁺).

Total coliforms and E.Coli were detected and enumerated by MPN technique, according to ISO 9308-2/2012. This method is based on the growth of target organism in a liquid medium and calculation of the Most Probable Number (MPN) of organism. The Enterococci were detected and enumerated according to the Standard method ISO 7899-1/2002.

The removal efficiency (RE) was calculated using Eq. (1):

$$RE = \frac{C_i - C_f}{C_i} * 100, (\%) \quad (1)$$

where: RE is the removal efficiency in the pilot scale system, (%); C_i and C_f – the pollutant concentration, (mg/L) in the influent and effluent respectively, for each of the water quality indicators detailed in Table 1.

UF pilot plant and experimental procedure

The ultrafiltration pilot system (Figure 3) used in this research is installed in the Iași MWWTP and consists of a wastewater feed tank, a permeate tank, a submersible pump, which is able to feed the ultrafiltration SERVO-T 2-DXL200 module with a flow of up to 180 L/h, manometers, pressure valves and other accessories.

The UF module, that includes the tubular polyethersulfone membranes (Multibore Membrane 1.5) connected in series, supplied by INGE GmbH (DE). The membrane module has a total membrane area of 4 m², it is very compact and it has a great resistance to the operating conditions and to more aggressive fluids. Table 2 presents the main polyethersulfone membranes tubular characteristics (as provided by the membrane supplier).

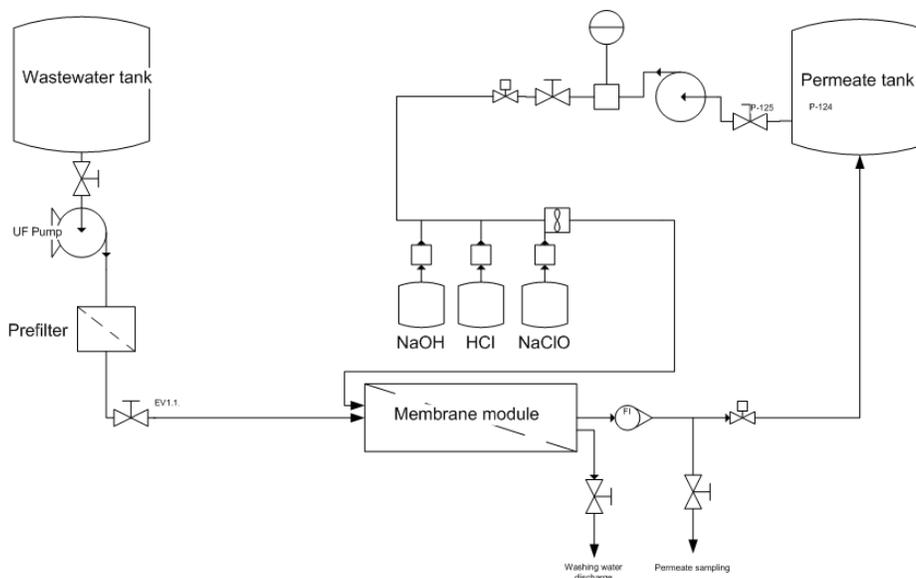


Figure 3. Ultrafiltration pilot plant

Table 2. Polyethersulfone membranes tubular characteristics

<i>Parameter (UM)</i>	<i>Value</i>
Membrane surface area (m ²)	4.0
Molecular weight cut-off (kDa)	100
Pore size (nm)	approx. 20
Average permeate flow (L/h)	150
Maximum transmembrane pressure (bar)	3
Maximum temperature (°C)	40

The ultrafiltration process is conducted in the dead-end operation mode, as well as the cleaning of membranes by forward flushing or chemical cleaning. Membrane cleaning protocols are presented in Table 3.

Furthermore, this pilot-scale UF system enables the determination of clean water fluxes, which give information on membrane permeability, membrane cleaning status and flux recovery after a series of tests.

Table 3. Membrane cleaning protocol

No.	Cleaning reagents	Time	Frequency
1	HCl, 32%	120 s (reaction) 15 minutes (soaking) 80 s (washing with water)	at 12 hours (1 cleaning/2 tests)
2	NaOH, 32%	120 s (reaction) 15 minutes (soaking) 80 s (washing with water)	at 24 hours (1 cleaning/4 tests)
3	NaOCl, 10 mg/L	120 s (reaction) 7 minutes (soaking) 80 s (washing with water)	at 72 hours (1 cleaning/12 tests)

3. RESULTS AND DISCUSSIONS

Considering the technical performances of the pilot scale ultrafiltration system, two main directions were followed: firstly, the assessment of membrane productivity in terms of permeate flux and secondly, the evaluation of permeate quality, based on the removal efficiencies for the various water quality indicators considered.

The experimental results, in terms of permeate flux, are represented in Figure 4. It can be observed that the membrane recovered the permeate flux and no irreversible fouling phenomena was registered, which allows extended use of the membrane.

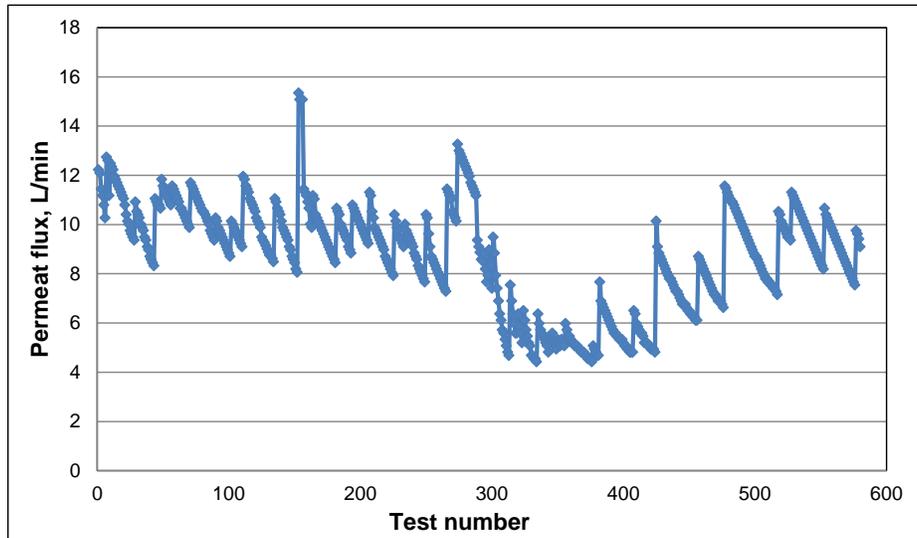


Figure 4. Permeate flux variation, UF pilot scale system

Considering the global water consumption for washing and the total amount of permeate produced during the UF tests, the productivity of the ultrafiltration system is approx. 85%.

The results indicated that the ultrafiltration pilot system is capable of removing the majority of pollutants present in the MWWTP effluent (that served as influent for the pilot scale system).

The suspended solids present in the pilot plant influent were retained completely (100% removal efficiency).

One of the most important aspects related to the reclamation of municipal effluents is the removal of the organic matter (expressed as COD or BOD).

In Figures 5 and 6 it may be observed that the removal efficiencies expressed as COD are up to 74 % and for BOD₅ up to 62% respectively.

The variation of removal efficiencies, expressed as COD, may be caused by the method of determination, which is less accurate in the low values range of non-biodegradable compounds concentration.

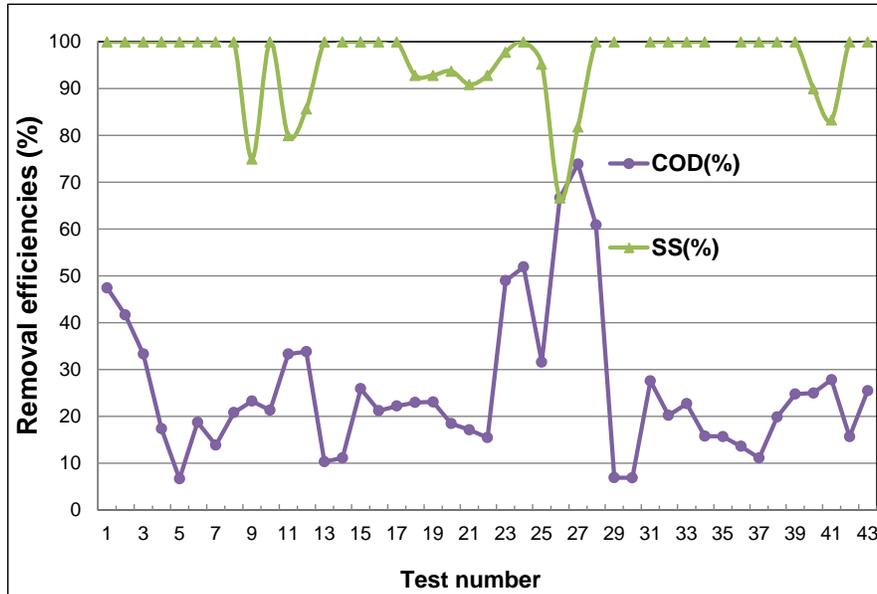


Figure 5. Removal efficiencies (expressed as COD and SS)

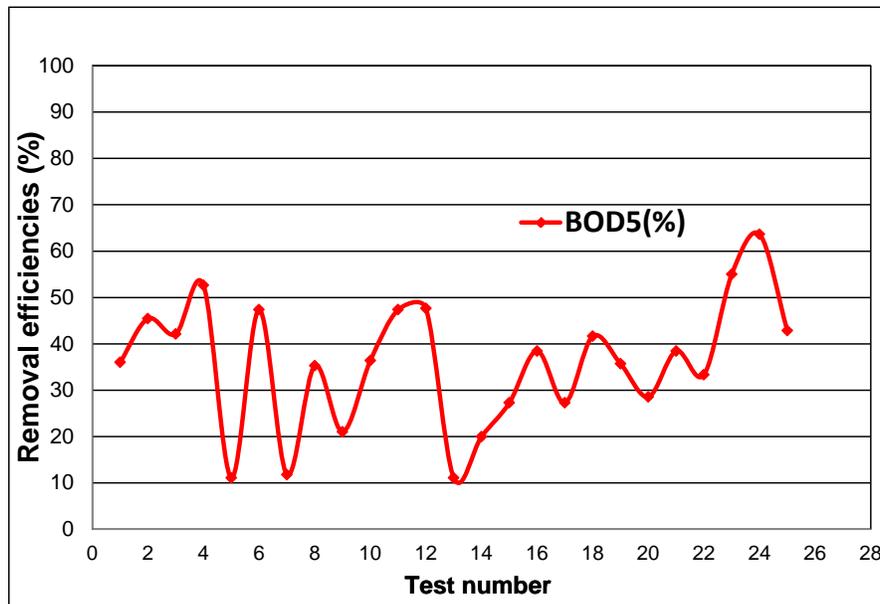


Figure 6. Removal efficiency (expressed as BOD)

In the case of the total nitrogen (TN) and total phosphorus (TP) indicators (Figure 7), the removal efficiencies are up to 61% for TP and up to 12 % for TN. The analysis corresponding to the nutrients presence revealed that the compounds containing nitrogen are not retained significantly (as expected) by the ultrafiltration pilot system.

The content of the four metal ions (Fe, Zn, Cu and Ni) in wastewater was also investigated in this study, but it is important to be mentioned that the MWWTP effluents had low metal concentrations (Fe: 113.3- 1461 µg/L, Cu: 9.2- 21.4 µg/L, Zn: 42.1- 431.5 µg/L, Ni: 0.8- 5.6 µg/L).

After the ultrafiltration pilot scale experiments, the results determined in the permeate indicated different removal efficiencies: for total Fe (Fe^{2+} and Fe^{3+}) of up to 97%, Cu^{2+} up to 21%, Ni^{2+} up to 48%, and Zn^{2+} up to 73%, which can be attributed to the particulate form of the compounds containing these cations. The removal efficiencies for the biological indicators are presented in Table 4.

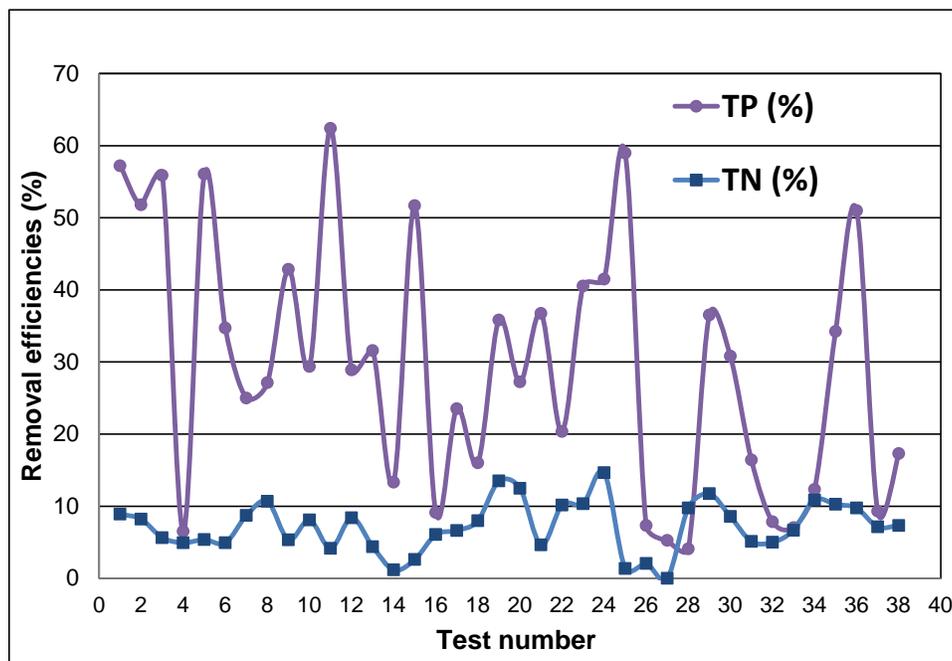


Figure 7. Removal efficiencies (expressed as TP, TN)

Table 4. Logarithmic reduction of microbiological indicators

Nr. crt.	Microbiologic indicators	Influent (log 10)	Effluent (log10)	Logarithmic reduction of microbiological indicators (log10)
1	Coliformi totali	5.9 log10	1.0 log10	4.9
	E.coli	4.2 log10	0.0 log10	4.2
	Enterococi	4.1 log10	0.0 log10	4.1
2	Coliformi totali	5.4 log10	0.8 log10	4.7
	E.coli	3.9 log10	0.0 log10	3.9
	Enterococi	3.9 log10	0.0 log10	3.9
3	Coliformi totali	5.7 log10	0.8 log10	4.9
	E.coli	4.3 log10	0.0 log10	4.3
	Enterococi	4.0 log10	0.0 log10	4.0
4	Coliformi totali	5.5 log10	0.6 log10	4.9
	E.coli	3.8 log10	0.0 log10	3.8
	Enterococi	3.6 log10	0.0 log10	3.6
5	Coliformi totali	5.8 log10	0.8 log10	5.1

Nr. crt.	Microbiologic indicators	Influent (log 10)	Effluent (log10)	Logarithmic reduction of microbiological indicators (log10)
	E.coli	4.1 log10	0.0 log10	4.1
	Enterococi	3.9 log10	0.0 log10	3.9
6	Coliformi totali	5.5 log10	0.5 log10	5.0
	E.coli	3.9 log10	0.0 log10	3.9
	Enterococi	3.7 log10	0.0 log10	3.7

The obtained results are representative for the fact that the ultrafiltration pilot system represents a reliable barrier achieving the complete removal of total coliforms, *E.coli* and *enterococci* (Logarithmic reduction of 4 represents that the number of pathogens is 10,000 times smaller).

The microbiological results indicate that, according to the ISO 16075:2015, the wastewater treated by ultrafiltration has Class A quality (*E.coli* 0 CFU/100 ml and no sample bigger than 14 CFU/100 ml).

The obtained data in this study reveal the fact that the ultrafiltration pilot system can achieve a very good quality effluent, with all the investigated indicators in compliance with the international and national (STAS 9450/1988) standards on water reuse for the following purposes: agricultural reuse (irrigation), restricted urban reuse (cleaning operations) and industrial application (Cailean et al, 2016).

Advantages of the treated wastewater reuse in agriculture

Treated wastewater used for agricultural purposes presents many benefits: the nutrients and fertilizers can reduce the output of fertilizer, which not only results in a reduction of the environmental impacts associated with the use of production of artificial fertilizers, but also has positive impacts on farmers' incomes (WHO, 2006).

The World Health Organization's Guidelines for Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater (WHO, 2006) summarize the array of pathogens and pollutants that can be found in wastewater, and the results of studies on human health risks posed by wastewater irrigation, especially from pathogen contamination. These regulations for food crop irrigation with reclaimed water are intended to minimize risks of microbial contamination of the crops, especially those grown for raw consumption, such as lettuce, cucumbers, and various fruits. The regulations specify treatment processes, water quality standards, and monitoring regimes that minimize risks for use treated wastewater for irrigation of crops that are ingested by humans.

Water recycling can be significantly cheaper due to the fact that it has low energy requirements, as compared to other water supply technologies. Reusing water to save energy was discussed in the California Energy Commission's report (Klein et al., 2005), where it was highlighted the large amount of energy required for (waste)water treatment and distribution.

Energy is required firstly in collecting, extracting, conveying, and distributing water to end users and secondly in treating and disposing of the wastewater. Although, it requires additional energy to treat wastewater for recycling, the amount of energy required to treat and/or transport other sources of water is generally much higher.

Recycled water is also an alternative of supporting restoration projects, such as wetlands construction. Other uses for treated wastewater include: agriculture, landscape, public parks,

cooling water for power plants and oil refineries, processing water for mills, plants, toilet flushing, dust control, concrete mixing, artificial lakes, etc. (EPA, 2012).

A study by the Inland Empire Utilities Agency showed that, recycled water requires 400 kilowatt hours per acre-foot (kWh/AF) as compared to 550 kWh/AF for groundwater pumping; 2,000 kWh/AF for the Colorado River Aqueduct Water. Lower energy used, not only reduces the environmental impacts associated with energy production, but also reduces energy costs to water districts, and so, the cost of providing the water itself (Christian-Smith et al., 2010).

In a recent study, Reznik et al. (2017) concluded that, the agricultural reuse of treated wastewater is an optimal water management strategy under water shortage, mainly as an economically effective way, to transfer freshwater from the farming sector to the urban sector.

Another research study has evaluated the long term effect of treated wastewater reuse on vegetable crops irrigation intended for human consumption (Cirelli et al, 2012). The authors concluded that low-quality treated wastewater can be used, as an additional water resource to increase vegetable production in water-scarce Mediterranean environments. Considering the quality of treated water in terms of microbiological indicators, there are potentially significant positive effect on human health from improved food supply and nutrition in arid and food-insecure areas.

4. CONCLUSIONS

This study evaluated the technical performances of an ultrafiltration pilot scale system for the treatment of effluents resulted from the Iași Municipal Wastewater Treatment Plant (MWWTP), România. In this case, ultrafiltration is a polishing stage, after mechanical, biological treatment, and tertiary treatment, with the scope of producing a permeate of such quality, that would allow the reuse applications in industry or for agricultural purposes (irrigation).

The results indicated that the ultrafiltration system is capable of retaining the pollutants investigated. After the ultrafiltration, the suspended solids were retained completely. The removal efficiencies for the non-biodegradable compounds are up to 74% for organic matter (expressed as COD) and 61% for Total Phosphorous. The N-containing compounds did not show any significant removals (12%), but the presence of these compounds can reduce the addition of fertilizers, which implies a reduction of the environmental impacts.

Furthermore, the metal ions concentrations investigated, after ultrafiltration, indicate different removal efficiencies: total Fe (Fe^{2+} and Fe^{3+}), up to 97%, Cu^{2+} , up to 21%, Ni^{2+} , up to 48%, and Zn^{2+} up to 73%, which can be attributed to the retention of this compounds on the membrane, due to the particulate form of the compounds containing these cations.

The obtained results show that, the ultrafiltration system represents a reliable barrier achieving the complete removal of total coliforms, *E.coli* and *enterococci*. According to the ISO 16075:2015 the resulted effluent from the pilot system is Class A quality with 0 CFU /100 ml *E.coli*. The permeate quality respects the Romanian legislation (STAS 9450/1988), and the treated wastewater may be used for agricultural purposes (irrigation).

5. ACKNOWLEDGMENT

This work was supported by the Romanian National Authority for Scientific Research, CNDS—UEFISCDI, Project No. 60/2012 (PNII Parteneriate), “*Integrated System for Reducing Environmental and Human-related Impacts and Risks in the Water Use Cycle*” (WATUSER).

6. REFERENCES

- [1] Cailean D., Barjoveanu G., Teodosiu C., Pintilie L., Dascalescu I.G., Paduraru C., (2015), Technical performances of ultrafiltration applied to municipal wastewater treatment plant effluents, *Desalination and Water Treatment*, 56, 1476-1488;
- [2] Chon K., Kim S.J., Moon J., Cho J., (2012), Combined coagulation-disk filtration process as a pretreatment of ultrafiltration and reverse osmosis membrane for wastewater reclamation: An autopsy study of a pilot plant, *Water Research*, 46, 1803-1816;
- [3] Christian-Smith, Allen L., Cohen M.J., Schulte P., Smith C, Gleick P.H., California farm water success stories- Report, Pacific Institute;
(http://www.waterboards.ca.gov/waterrights/water_issues/programs/hearings/cachuma/exbhts_2012feir/cachuma_feir_ct119.pdf);
- [4] Cirelli G.L., Consoli S., Licciardello F., Aiello R., Giuffrida F., Leonardi C., Treated municipal wastewater reuse in vegetable production, *Agricultural Water Management* 104 (2012) 163–170;
- [5] Dolar, D., Gros, M., Rodriguez-Mozaz, S., Moreno, J., Comas, J., Rodriguez-Roda, I., Barcelo, D., 2012. Removal of emerging contaminants from municipal wastewater with an integrated membrane system, MBR-RO. *J. Hazard. Mater.* 239, 64-69;
- [6] El-Abbassi A., A. Hafidi, M. Khayet, M.C. García-Payo, (2013) Integrated direct contact membrane distillation for olive mill wastewater treatment, *Desalination*, 323, 31–38;
- [7] Hardy D., Cubillo F., Han M., Li H., (2015), Alternative Water Resources: A Review of Concepts, Solutions and Experiences, International Water Association, http://www.iwa-network.org/downloads/1458040035-IWA%20AWR%20final%20publication%20file_corrected.pdf (accessed 13 April 2017);
- [8] Gebreyohannes A. Y., Mazzei R., Giorno L., (2016), Trends and current practices of olive mill wastewater treatment: Application of integrated membrane process and its future perspective, *Separation and Purification Technology*, 162, 45-60;
- [9] Guidelines for Water Reuse, 2012, EPA/600/R-12/618;
- [10] Kalavrouziotis I. K. , Kokkinos P., Oron G., Fatone F., Bolzonella D., Vatyliotou M., Fatta-Kassinou D., Varnavas S. P., (2015), Current status in wastewater treatment, reuse and research in some mediterranean countries, *Desalination and Water Treatment*, 53 (8): 2015 – 2030;
- [11] Klein G., Krebs M., Hall V., O'Brien T., Blevins B.B., 2005, California's water-energy relationship- report, California Energy Commission;
(<http://www.energy.ca.gov/2005publications/CEC-700-2005-011/CEC-700-2005-011-SF.PDF>);
- [12] Le N.L., Nunes S.P., (2016), Materials and membrane technologies for water and energy sustainability, *Sustainable Materials and Technologies*, 7, 1-28;
- [13] National Management Plan actualized for 2016-2021 – Synthesis of Management Plans at basin/hidrographic areas level actualized,
<http://www.rowater.ro/SCAR/Planul%20de%20management.aspx> (accessed at 13 April 2017);
- [14] Mateo-Sagasta J., Medlicott K., Qadir M., Raschid-Sally L., Drechsel P., 2013. Proceedings of the UN-Water Project on the Safe Use of Wastewater in Agriculture. Bonn, Germany: UN-Water Decade Programme on Capacity Development (UNW-DPC). 2013. (UNW-DPC Proceedings Series No. 11);
- [15] Pintilie L., Torres C.M., Teodosiu C., Castells F. (2016), Urban wastewater reclamation for industrial reuse: an LCA case study, *Journal of Cleaner Production*, vol. 139, p.1-14;

- [16] Reznik A., Feinerman E., Finkelshtain I., Fisher F., Huber-Lee A., Joyce B., Kan I., Economic implications of agricultural reuse of treated wastewater in Israel: A statewide long-term perspective, *Ecological Economics* 135 (2017) 222–233;
- [17] Romanian Governmental Decision (GD) 352/2005 for norms on wastewater discharge condition in the aquatic environment, with reference to NTPA 001/2002;
- [18] Schulte P., Using Recycled Water on Agriculture: Sea Mist Farms and Sonoma County, Pacific Institute http://pacinst.org/app/uploads/2013/02/recycled_water_and_agriculture3.pdf;
- [19] Teodosiu, C., Barjoveanu, G., Robu, B., Ene, S.A., 2012. Sustainability in the water use cycle: challenges in the Romanian context, *Environ. Eng. Manag. J.*, 11, 1987-2000;
- [20] Teodosiu C., Robu B., Cojocariu C., Barjoveanu G., (2015), Environmental impact and risk quantification based on selected water quality indicators, *Nat Hazards* 75, S89–S105;
- [21] Teodosiu C., Barjoveanu G., Robu Sluser B., Ene Popa S.A., Trofin O., (2016), Environmental assessment of municipal wastewater discharges: a comparative study of evaluation methods, *Int J Life Cycle Assess.*, 21, 395-411;
- [22] Tora-Grau M., Soler-Cabezas J.L., Vincent-Vela M.C., Mendoza-Roca J.A., Martinez-Francisco F.J., (2015), Ultrafiltration fouling trend simulation of a municipal wastewater treatment plant effluent with model wastewater, *Desalination and Water Treatment*, 56, 3438-3446;
- [23] Uribe I.O., Mosquera-Corral A., Rodicio J.L., Espulgas S., (2015), Advanced Technologies for Water Treatment and Reuse, *AlChE Journal*, 61, 3146-3158;
- [24] Wang Z., Tang J., Zhu C., Dong Y., Wang Q., Wu Z., (2015), Chemical cleaning protocols for thin film composite (TFC) polyamide forward osmosis membranes used for municipal wastewater treatment, *Journal of Membrane Science*, 475, 184-192;
- [25] Water recycling and reuse: the environmental benefits, Water Division Region IX- EPA 909-F-001, 2013;
- [26] World Health Organization (WHO) (2006). WHO Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater. Geneva
(http://www.who.int/water_sanitation_health/wastewater/gsuww/en/);
- [27] Xiao Y., X.D. Liu, D.X. Wang, Y.K. Lin, Y.P. Han, X.L. Wang, Feasibility of using an innovative PVDF MF membrane prior to RO for reuse of a secondary municipal effluent, *Desalination*, 311 (2013) 16–23.

ULTRASONIC DISINFECTION OF DRINKING WATER

Mihai Ștefănescu* and Ioana Ionescu*

* National Research and Development Institute for Industrial Ecology - ECOIND, 71-73 Drumul Podu Dâmboviței, Bucharest, sector 6, 060652, România, E-mail: tehnologi@incdecoind.ro

Abstract

Experimental tests were performed on surface water samples after coagulation - flocculation - settling treatment steps.

The main operating parameters of sonolysis experiments were as followings: ultrasound frequency 20 kHz (constant for all tests), sonolysis time 2 - 50 min., ultrasound energy 2000 - 8000 kJ, ultrasound amplitude 20 - 80%, hydrogen peroxide doses 2 - 10 mg H₂O₂/l.

Aerobic mesophiles bacteria (37 °C) content was measured and the best removal efficiency was 97% (initial content 9x10⁴ CFU/ml) for direct sonolysis and over 99,9% for hybrid sonolysis in case of short irradiation time.

Keywords

Drinking water, sonolysis, aerobic mesophiles bacteria.

1. INTRODUCTION

Several methods are currently used for disinfection in drinking water treatment plants: chlorination, ozonation, UV irradiation. Drinking water treatment flows are able to remove the majority of pathogenic microorganisms (bacteria, virus, protozoa) supplying a quality water, safe as long as treatment parameters are respected and the distribution network is no breach.

Chemical disinfection usually leads to reaction by products depending on the followings factors: disinfectant type, disinfectant amount, reaction type, water temperature (high temperature accelerates reactions and higher amount of disinfectant will be necessary), pH (in case of chlorination a high value of pH favors formation of hypochlorite diminishing the efficiency of chlorine disinfection), content and concentration of organic substances in water.[1]

Chlorination is the oldest water disinfection method and at the beginning it was performed with *sodium hypochlorite*. The usual doses are 3 - 5 mg/l making possible to have ~ 0,4 mg/l residual chlorine to the drinking water tank output (0.5 mg/l is the limit for the entrance to drinking water pipes network). In present days, this method is applied in small local drinking water treatment plants because of simplicity and low cost of NaOCl dosing instalations. The disadvantages are related to degradation in the air and to hazardous and corrosive characteristics and are not able to destroy *Giardia* and *Cryptosporidium*. Application of hypochlorite involve introduction of pH correction phase with hydrochloric or sulphuric acid.

Chlorination with *gaseous chlorine* is the most common method for water disinfection and for ammonia removal (break point chlorination) having the following advantages: high reactivity and very stable (chlorides) or very reactive (hydrochloric acid) products, relatively inexpensive. [1,2,3]

Chlorine disinfection properties are based on oxidizing action of free oxygen atoms (resulted from hypochlorite acid degradation) and on chlorine substitution reaction. Chlorine disinfection has the best efficiency in pH = 5,5 - 7,5 domain and involves two phases: reaching of chlorination threshold by continuous adding of chlorine till the "water chlorine demand" value, which depends on natural organic matter - NOM, iron and manganese content and disinfection itself (for this second step the amount of chlorine is very low 0,2 - 0,4 mg/l). Trihalomethanes are secondary reaction

products, as a result of NOM and chlorine interaction. They are toxic compound for human. WHO recommendation for drinking water is to add maximum 5 mg/l chlorine, both for optimal disinfection and to have residual chlorine content in the network.

Chlorine dioxide has similar disinfection efficiency with gaseous chlorine having some advantages: pH wide domain $\text{pH} = 4 - 10$, smaller reaction time, more efficient to virus and prevents biofilm formation. ClO_2 doesn't oxidize ammonia ions and has the explosion risk at $> 10\%$ concentration in the air. It is very efficient together with ozone for *Giardia* and *Cryptosporidium* removal. [1]

2. MATERIAL AND METHOD

Surface water (Ciorogarla River) samples were used for ultrasonic disinfection after coagulation (Al_2SO_4) - flocculation (anionic flocculant) - settling treatment steps. Figure 1 shows the ultrasonic reactor in closed system.

Ultrasonic frequency was 20 kHz for all tests. The main operating parameters were: ultrasonic energy 2000 - 8000 kJ, ultrasonic amplitude 20 - 80%, reaction time 2 - 50 min., oxidant doses 2 - 10 mg $\text{H}_2\text{O}_2/\text{l}$. The initial bacteria content was 9×10^4 CFU/ml.

Hydrogen peroxide was introduced in the system (hybrid sonolysis $\text{US} + \text{H}_2\text{O}_2$) in order to diminish the disinfection time.

Four tests were performed in order to establish the influence of ultrasonic energy, amplitude, reaction time and oxidant dose. Disinfection efficiency was reported to the residual content of *aerobic mesophiles bacteria* (37°C).



Figure 1. Ultrasonic reactor - closed system

3. RESULTS AND DISCUSSIONS

The influence of ultrasonic energy (figure 2): amplitude 60%, disinfection time 5 min.

- the increase of ultrasonic energy from 2000 kJ to 8000 kJ leads to the increase of disinfection efficiency from 44% to 78%;

- the minimum bacteria residual content was 2×10^4 CFU/ml for 8000 kJ ultrasonic energy test.

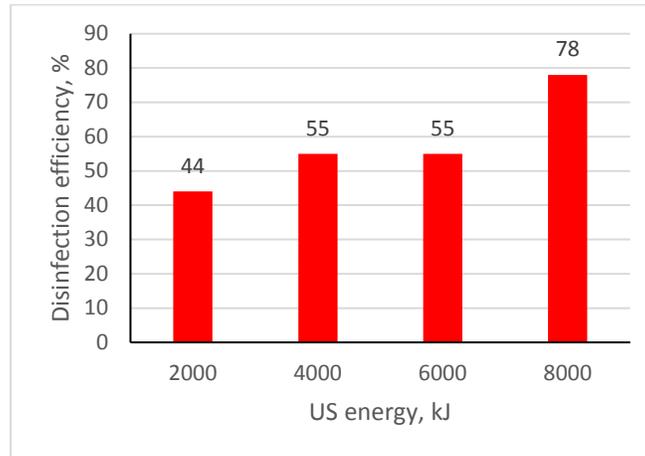


Figure 2. The influence of ultrasonic energy

The influence of ultrasonic amplitude (figure 3): energy 8000 kJ, disinfection time 5 min.

- the increase of ultrasonic amplitude from 20% to 80% leads to the increase of disinfection efficiency from 67% to 78%;
- the minimum bacteria residual content was 2×10^4 CFU/ml for 60 - 80% ultrasonic amplitude test.

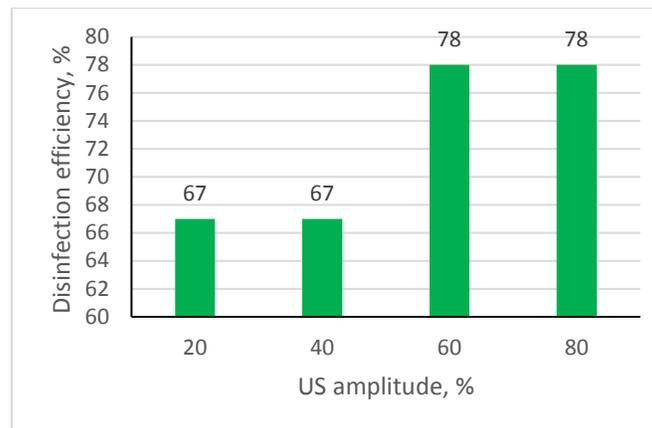


Figure 3. The influence of ultrasonic amplitude

The influence of disinfection time (figure 4): energy 8000 kJ, amplitude 80%.

- the increase of disinfection time from 2 min. to 50 min. leads to the increase of disinfection efficiency from 67% to 97%;
- the minimum bacteria residual content was 3×10^3 for 50 minutes disinfection time and 1×10^4 CFU/ml for 15 minutes.

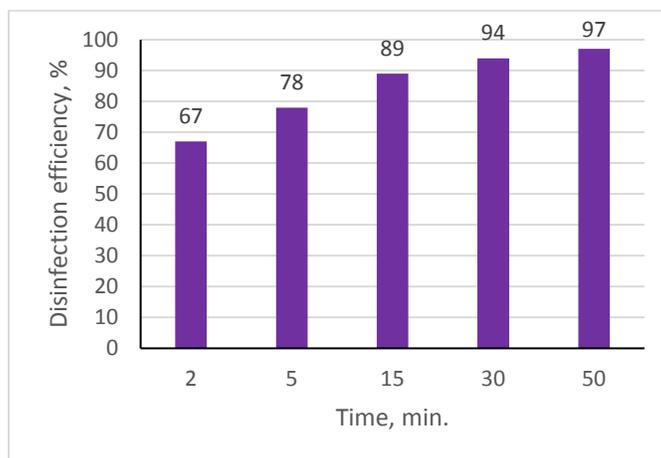


Figure 4. The influence of disinfection time

The influence of hydrogen peroxide dose (figure 5): energy 8000 kJ, amplitude 80%, disinfection time 15 min.

- the increase of peroxide dose from 2 mg H₂O₂/l to 10 mg H₂O₂/l for the same disinfection time leads to the increase of disinfection efficiency from 94% to 99.9%;
- the minimum bacteria residual content was < 100 CFU/ml for 10 mg H₂O₂/l dose.

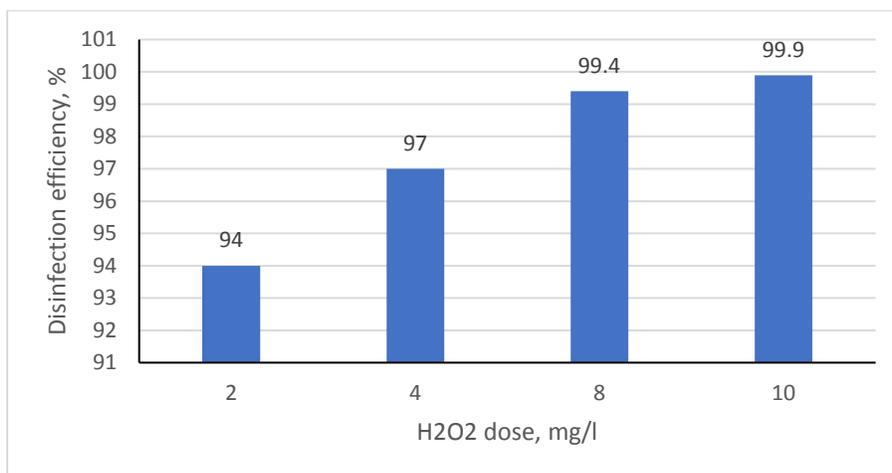


Figure 5. The influence of hydrogen peroxide dose

4. CONCLUSIONS

The experimental tests of ultrasonic disinfection and hybrid sonolysis US + H₂O₂ emphasized that ultrasonic treatment of drinking water can remove bacteria content (aerobic mesophiles bacteria) up to 3×10^3 CFU/ml for long disinfection time - 50 minutes. Hydrogen peroxide adding (10 mg H₂O₂/l dose) allow the decreasing of bacteria residual content to < 100 CFU/ml for 15 minutes disinfection time.

5. BIBLIOGRAPHY

- [1] EPA, Alternatives Disinfectants and Oxidants, Guidance Manual (1999), United States, Environmental Protection Agency, Office of Water, 1/5, 2/18-22;
- [2] Cosma C., Nicolau M., Patroescu V., Stefanescu M., Ballo A., Florescu S., (2009), The Incidence of By-products (THM) Disinfection in Drinking Water, Journal of Environmental Protection and Ecology, **1**, 14-22;
- [3] Patroescu V., Jinescu C., Cosma C., Cristea I., Badescu V., Stefan C.S., (2015), How Ammonium Ions can Influence the Treatment Process Selection of Groundwater Supplies Intended to Human Consumption, Revista de Chimie, 66(4), 537-541.

NEW TECHNOLOGIES USED IN EXECUTION OF SEWAGE NETWORK IN THE LIVADA TOWN

Dănuțiu Stegorean*, Thomas Dippong***, Andreea Chiriguț**, Ligia Todea** and Cristina Mihali**

* SC Apaserv Satu Mare SA, Gara Ferăstrău Street, nr. 9/A, Satu Mare, România, E-mail: dippong@apaservsm.ro

** Technical University of Cluj Napoca, North University Center in Baia Mare, Faculty of Science, Department of Chemistry and Biology, Victoriei Street, 430122, Baia Mare, România

Abstract

The study presents the new technologies used in sewage system in Livada town (4984 population equivalents), where was achieved a modern network of waste water collection, pumping stations and treatment plants, using performant materials and innovative equipment. The treatment plant is an automated station operating in continuous flow. Sensors monitor the waste water quality and the treatment process' efficiency. An evaluation of the costs of sewage system components was achieved, aiming to optimize the price of wastewater treatment plant and to estimate future development costs. The analysis of risks regarding operation of the sewage system was realized.

Keywords

Sewage system, new technology, project, evaluation of the costs, analysis of risks.

1. INTRODUCTION

By the accession of Romania to the European Union, the entire territory of Romania has been declared sensitive area, with respect to city wastewater treatment. It is because of this, for ensuring the reduction of organic substances, nitrates, nitrites and phosphorus from the sewage network, two transitional terms, according to the population equivalent, were fixed. Thus, localities with more than 10000 population equivalent, should own performance wastewater treatment plants which can achieve the elimination of nutrients by December 2015, and for 2000-10000 population equivalent agglomerations, by December 2018.

The definition of agglomeration, as the Directive presents it, is: "An area where people and/or the economic activities are sufficiently concentrated for the municipal wastewater to be collected, transported to a municipal waste water treatment plant or to a final discharge point." So, the agglomeration must be defined independently from the administrative borders (cities, districts, villages) or the existing intake areas.

However, when a waste water collecting system is fully implemented, the agglomeration limit may coincide with the existing limit collecting system. The agglomeration must contain nearby towns and neighboring towns which are going to evolve together in time, and wastewater collection to be achieved through a gravitational system for the most built-up areas and the sewage system to serve a maximum possible number of people and/or companies.

The wastewater collection requires a minimum number of pumping stations, thorough fares/pressure pipes with a minimum length, by which it is achieved the minimum number of crossing rivers, roads or railways. From the point of view of sewage networks, it is necessary to be taken into consideration that, the investment costs for a main wastewater treatment plant to be lower, than the costs for a station in every town or village.

Also, the investment and operational costs for the construction of pumping stations and pressure pipes (if necessary) have to be lower, than the costs of constructing a wastewater treatment plant in every town [1].

The Livada sewer system includes total constructions and plants which carry wastewater (the interior plant, the junction block, the exterior sewerage network, pumping stations), purges and evacuates purged waters into the emissary (river Racta). The interior installations of buildings generally connect to a compound network, called interior network, which discharges into the exterior one, by means of a junction block and an inspection chamber, called water main connection, which serves for control and interventions [2-3].

The exterior sewer network is made up of aperture of drain that collect the urban rainwater, inspection chambers, connection rooms, slope breaking manholes, washing manholes, spillways, retention basins, passages beneath communication ways [4]. The pumping stations are built in cases where terrain configuration does not allow gravitational sewerage of waters, because the flow rate is insufficient. In the town of Livada, the sewerage system takes domestic water from the population, and rainwater leaked into the sewerage, (there is no process water) over to the wastewater treatment plant [4-5].

The wastewater treatment plant represents the total constructions and installations by which advanced treatment of domestic, rain- and industrial water is achieved, through correction of the physico-chemical parameters frequently monitored (pH), chemical oxygen demand (COD), 5-day biological oxygen demand (BOD), ammonium (NH_4^+), total nitrogen, phosphates, extractable substances, materials in suspension), monthly monitored physico-chemical parameters respectively (sulphide, hydrogen sulphide, sulphates, phenols, filtered residue, nickel, lead, chromium, zinc, copper, chlorides, detergents) which provide quality for wastewater, thus the characteristics of evacuated treated water match the regulations in force, depending on characteristics of the receiver [6-7].

Reference standards for the sewerage systems are reference costs established by regulations, with the role of guidance into promoting investments financed from public funding. These standards are used for substantiation of the necessary public fund for investments, substantiation for technical-economical indicators for the public investments, and for similar public investment evaluation board guidance. It is important that the sewerage system has a number of pump stations that is as small as it can be, and power-pipes as short as they can be, for the reduction of investment and operating costs [3-7].

The project entitled “The extension and rehabilitation of water and waste water infrastructure in Satu Mare County”, from within “Sectorial Operational Programme Environment” (SOP ENV), carried out during 2007-2013. The objective was the achievement of the sewage systems, which totals 175 km of new sewage network, 27 km of rehabilitated sewage, the construction of 3 sewage treatment plants and the extension of 2 sewage treatment plants. From this investment, the paper talks only about the sewage system from Livada agglomeration, which contains the sewage network and the wastewater treatment plant.

The paper examines, in its first part, the technological process consisting of: the mechanical stage, the biological stage and sludge treatment. Then, in the second part, physico-chemical parameters of the wastewater and of the treated water were presented, for the establishment of the efficiency of the wastewater treatment plant and their evaluation compared to permitted legal limits. In the third part, costs, maintenance and materials were evaluated, considering the investment costs, with respect to designing and execution of the station [8]. In part four, an analysis of risks that can appear in the wastewater treatment plants was done.

The costs of the wastewater treatment plant are estimated considering its sustainability and are presented in the five part. In the last part of the paper are presented new developing directions with other wastewater stations through POIM Large Operational Infrastructure Programme.

2. EXPERIMENTAL METHODS

BOD or the biochemical oxygen demand of waste water represents the quantity of oxygen needed for aerobic biochemical degradation of total organic solids for 5 days and 20°C, which is the standard (biochemical oxygen 5 days).

COD or chemical oxygen demand quantifies the carbon present in all types of organic substance by determining the oxygen utilization of potassium dichromate in acid solution. Total nitrogen occurs as free ammonia, nitrite, nitrate and organic nitrogen. Total solids mean the sum of suspended solids and liquefy solids. For BOD, the standard analysis are ISO 5815/1991, for COD - ISO 6060/1996, ammonium - SR ISO 7150-1/2001, nitrates - SR ISO 7890-3/2000, nitrogen - ISO 6777/1996, phosphorus - SREN 1189/2000, total suspended matter - STAS 6953/1981 [9,10,11,12].

The Livada wastewater treatment plant laboratory, equipped with high performance equipment, achieves daily, usual monitoring, and more complex analyses, with a rare frequency (Figure 1), are performed by ANAR accredited laboratory from Satu Mare.

Quality requirements of the treated water are established through HG nr. 188/2002 (NTPA 001), modified and completed with HG nr. 352/2005, as well as with the operating license issued by National Administration “Apele Române”.

The samples, which are about to be collected and analysed are gathered from several points of the technological flow, in order to obtain the information necessary to lead the purging process in optimal conditions, and the reinsertion into emissary of a purged water, that would correspond to current legal requirements [2].



Figure 1. Wastewater treatment plant facilities with laboratory equipment

Physico-chemical parameters can be followed through, taking instant and daily samples, with the help of the automatic sampler mounted at the entrance and exit from the treatment plant (Figure 2).



Figure 2. Sampler for the daily and hourly collecting of the influent and effluent

Monitoring of the physico-chemical parameters is achieved instantly through temperature sensors, pH, nitrate, nitrite, phosphorus, that monitor the influent and the effluent of the wastewater treatment plant (Figure 3). The wastewater treatment plant is provided with touch screens which monitors the physico-chemical parameters measured with the help of sensors from biological basin. There are also portable touch screens, that can be mounted with ease in the existing supports, in many points of the wastewater plant.



Figure 3. Types of sensors used in the plant

3. THE TECHNOLOGY OF THE SEWAGE NETWORK

Description of the sewage network

The Livada urban agglomeration currently includes only town Livada, and in the future (it is expected) that the villages Livada Mica and Adrian would join. The sewerage system of the Livada urban agglomeration serves 4824 inhabitants, which represents approximately 75.4 % of the total population of the urban agglomeration (6400 inhabitants). Wastewater flow that was collected and treated, measured at year 2015 level was 612228 cubic meters. The number of damages which appear on average on the course of one year in the sewerage network is 44 flaws per 100 km, and the infiltrations in the collectors are estimated at 282047 m³/year, that represents 46%.

The Livada urban agglomeration wastewater collecting system has a total length of 22.87 km (Figure 4). The collecting of wastewater is done in a divider system, and the network was developed in stages, so that presently, sewerage networks over 20 years old exist, but also new networks, carried out in the last two years. The number of flaws per 100 km sewerage network was 43.78 in 2015.

Because of the structure of the natural terrain, in certain areas of the urban agglomeration, wastewater pumping is necessary. In this regard, in the sewerage networks there are 16 wastewater

pumping stations with 12 and 36 cubic meters/hour, according to FIDIC red project. The pumping stations discharge lines are carried out from PEID and have diameters of 110 mm and a length of 0.98 km. Wastewater treatment of the Livada urban agglomeration happens at the wastewater treatment plant located north-east of town Ardud, in the lowest part of the area. The mechanobiological wastewater treatment plant with advanced nitrogen and phosphorus removal has the capacity of 33.4 l/s and 4995 P.E.

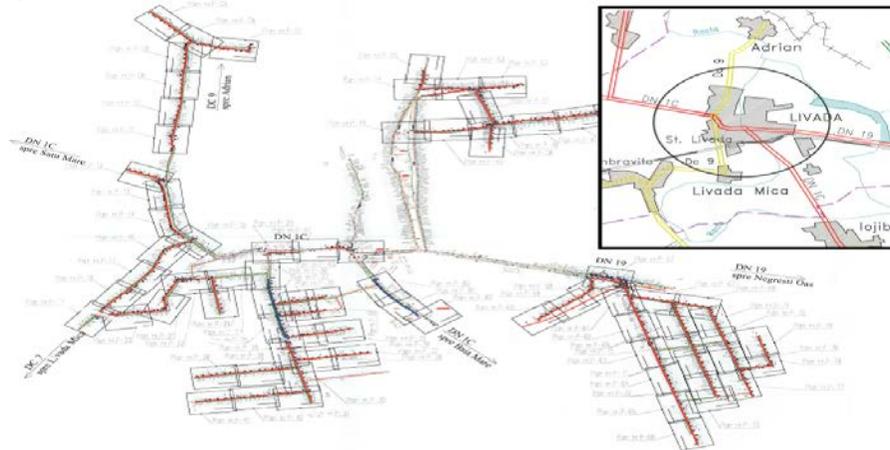


Figure 4. Situation plan of the Livada wastewater treatment plant

The Livada wastewater treatment plant technology

The Livada wastewater treatment plant is a performance ministration which is designed for 4950 equivalent population. The wastewater treatment plant is made up of the primary treatment, the biological treatment and sludge treatment parts, according to figure 4. The wastewater treatment plant is equipped with state-of-the-art equipment, and the technological parameters are monitored by means of a high performance SCADA system, and yellow FIDIC. The equipment of the laboratory allows monitoring of the physico-chemical parameters required by the given operating permit, issued by National Administration “Apele Române”.



Figure 5. Situation plan of the Livada wastewater treatment plan

The mechanical stage consists in the process of eliminating large solid material (tree branches, plastic materials, glass) by means of rare grills. The Livada wastewater treatment plant uses an innovative primary treatment system, that gathers into one compact system the fine step screens, the sand trap system with the grit treatment equipment and the fat separator (Figure 3). The retention of fine scrapes (paper, textile materials, leaves), that pass the rare grills and sand separation is important in order to prevent damage to the pumps, that pump water in the biological stage. It is important that the separation of fats and oils is achieved before the biological treatment phase, so that to do not influence the biological treatment process. This compact rare grills-sand trap-separator system is also very useful for maintenance and operation [3-4]. The plant is equipped with a by-pass, with the purpose of an additional water quantity retrieval.

The wastewater treatment plant is equipped with an innovative vitiated air elimination system, from within the mechanical treatment rooms, the blower room and the mechanical treatment building, through catching with the help of a ventilation system and then neutralising with the help of a scrubber (biofilter) placed in the blower room (Figure 6).



Figure 6. Primary treatment stage

The biological treatment point has the purpose of reducing organic substances, nitrification, denitrification, extended biological reduction of phosphorus and aerobic stabilising of sludge by extended aeration with sludge age hydraulic control, and is divided across two lines, each containing the anaerobic, anoxic, aerobic compartments, with a continuous flowing and internal, respectively external recirculation system, according to figure 7. Each anaerobic and anoxic tank is provided with one low speed mixer, for continuous mixing of the biomass [13]. The biological

purge extended aeration process, achieved in anoxic compartments, implies an age of 25 days for the sludge, nitrification of the influential ammonium taking place. The denitrification process consists in the reduction of oxygen consumption and the recovering of alkalinity used because of nitrification. In the anaerobic compartment, the chemical reduction of phosphorus through precipitation with ferric chloride (FeCl_3) is achieved (Figure 7 - The installation for inovative dosing ferric chloride).



Figure 7. Biological treatment stage

The wastewater treatment plant is perfectly adjusted and automatized to reduce the phosphorus, this is realised mostly in the biological stage and if only the charges are too big, it is used the chemical precipitation by ferric chloride. The calculus of the coagulant dose necessary for the chemical precipitation of phosphorus shall be achieved in proportion to the effluent flow rate, by on-line measurement of the phosphorus concentration in the effluent. Following the hydraulic control of the age of the sludge, through extraction of the excess sludge at MLSS concentration, out of the bioreactor, directly from the connecting pipe between the biological reactors and secondary decanters, excess sludge will be evacuated directly into the mechanical thickening unit [14].

The secondary decanters are longitudinal, with suction. The extracted sludge with the volumetric pumps with lobes set on the gangway of the mobile bridge, will be transported through gravity towards the box header, from the entrance to the biological reactors. The mobile bridge is

equipped with a surface scraper for collecting and evacuation of foam into the excess sludge thickening unit. Depending on the measured concentration of the ammoniacal nitrogen and of nitrates automated control of the flow of the internal recirculating pump will be achieved, and the oxygen concentration that shall be maintained in the aerobic compartment will be determined. Depending on the necessary concentration of the dissolved oxygen, the local PLC will control the revolution of the volumetric air-blower [15].

Sludge treatment appeared following the purge of water is a biomass that includes semi-fluid and olfactory residues, in which solid materials between 0.25% and 12 % are to be found, according to the applied treatment [16]. Sludge treatment is centered on reducing the quantity and volume of the sludge, in order to reduce evacuation costs and in order to reduce health risks during the evacuation. The sludge that appears contains organic compounds, heavy metals, pathogenic microorganisms, biodegradability resistant [17]. Excess sludge is mechanically concentrated, with polymer addition, from the MLSS concentration to a 5% concentration in mechanical thickening units. The dehydration undertakings formed through centrifuge (Figure 8), imply drying of the sludge at a concentration of 25 %, then, through drying on the covered drying beds, sludge is obtained, with 35% dried substance [18].

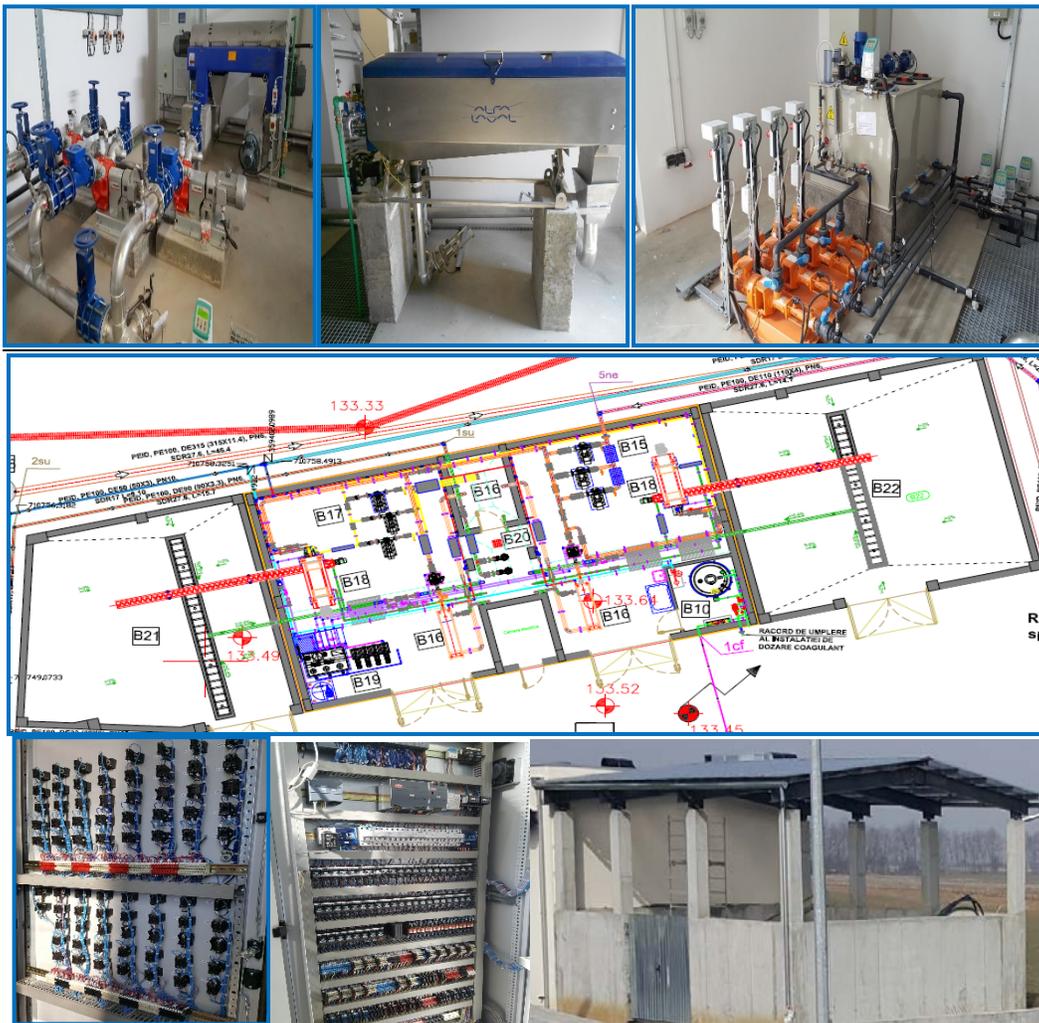


Figure 8. Sludge treatment stage

SCADA system of the Livada wastewater treatment plant implies a workstation, placed in the wastewater treatment plant control room and two redundant servers, one of which is placed in the wastewater treatment plant control room, and the other one in the Satu Mare dispatch. The server placed in another location will simultaneously be a workstation too and will ensure fiber optic transmission of the signals measured, from the wastewater treatment plant towards the central dispatch and, also, reception of the control instructions, from the central dispatch in order to be locally executed (remote control). The SCADA system is composed of PLCs, for each of the wastewater processing lines, PLCs for every sludge processing line, PLC for the electrical power station, touchscreen operating panels, two 27" monitors for parallel viewing of the water line and sludge line (Figure 9) and printers. Alarms, events, and reports are being monitored.

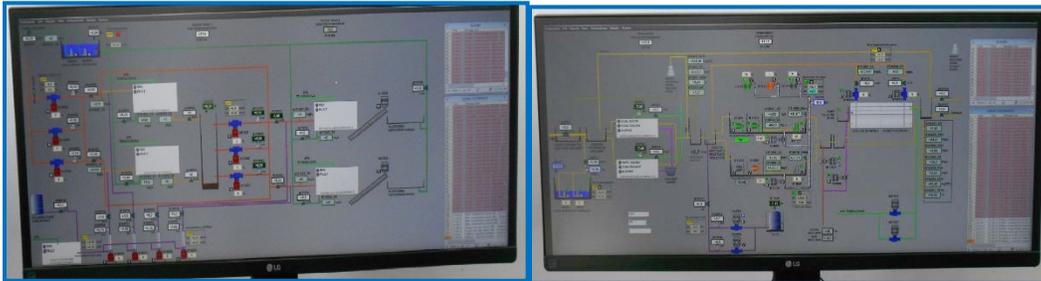


Figure 9. SCADA system

To seal the pipes crossing parts of the biological basin, we used the new sealing system, sil-link (Figure 10), which is mounted on the pipe and then, the screws are jointed in the same time, to perfectly sealing.



Figure 10. Sealing system used in the wastewater treatment plant

The electrical generator (Figure 11) assures the continuity of charging with electrical energy in case of power outage of the wastewater treatment plant, necessary for a 24-hour functioning.



Figure 11. The electric generator

4. THE EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF WASTEWATER TREATMENT PLANT LIVADA

The efficiency of the treatment plant is given by the capacity of the treatment process, with respect to diminishing charges from the effluent towards the influent, reason why the physico-chemical parameters of the influent and the effluent are being monitored [19].

In table 1 is shown the evolution of physico-chemical parameters of the wastewater at the entrance of the wastewater treatment (influent) and the effluent of the wastewater treatment. Monthly, averages were calculated from the daily averages collected by the sampler for the physico-chemical parameters of the effluent and influent, according to table 1.

The analysed physico-chemical parameters were: chemical oxygen demand (COD), biochemical oxygen demand (BOD), total suspended solids (TSS), ammonium, total nitrogen and phosphorus, in mg/L in influent and also in the effluent of water treatment plant.

Table 1. Monthly averages of the physico-chemical parameters for the influent and effluent of the wastewater treatment plant

Indicators	Influent		Effluent	
	Determined values	Design data	Determined values	Legal limits
COD (mg/L)	580.67	666.67	66.15	125
BOD (mg/L)	320.89	333.33	22.49	25
Suspended matter (mg/L)	256.75	389.07	30.50	35
Total nitrogen (mg/L)	48.73	61.32	11.70	15
Ammonia nitrogen (mg/L)	38.18	39.02	12.5	-
Total phosphorus (mg/L)	9.28	11.15	1.47	2

From the microbiologically standpoint, were observed amoeba, filamentous bacteria, free ciliates (small Anfilepides, Paramecium caudatum), fixed ciliates (vorticella microstoma, Opercularia) and denitrifying bacteria.

5. THE ANALYZE OF RISKS

International tendencies in the past years put a special stress on the management of risks, which, at the moment when they are identified and assessed, will be at the foundation of future necessary investments. Mandatory, studies and analyses must be very well founded, in order to replace subjectivism, that predominates in decision making. Risks are split into two big categories: risks that affect the resource and can contain natural hazards, and those caused by man, and the category of risks that water companies have to confront.

The risk of pollution is low, considering the fact that, the Livada sewage treatment plant is placed on a field and a long way away from the first houses (approximately 300 m).

The risk of extreme climatic events (abundant rain) is low, considering the fact that, in Livada, in the last 50 years, such extreme climatic conditions have not been found, but, in the case that it happens, the plant cannot take over the entire quantity of water, which is why the water surplus is by-passed and a loaded, untreated quantity of water can reach the emissary.

The risk of formation of unpleasant scents is low in the sewage treatment plant, because scents are captured and neutralized from every technological room.

The risk of improper handling is relatively low, because the Livada sewage treatment plant

is fully automated and operation is ensured by specialised personnel 24/7. In SCADA, any kind of error, that can appear can easily be tracked. Intervention upon malfunctions regarding the operating of the treatment plant can be handled, both locally inside the plant, as well as at the SCADA central dispatch.

The risk of faulty personnel training in the domain of the WWTP is relatively high, because this training is difficult and costly, specialised schools on this theme being non-existent, and specialisation is achieved at work place.

The risk of losing well-trained personnel is medium, in the hypothesis where personnel is being drawn by other companies, even in consulting. Not achieving personnel training in a proper way can lead to the treatment plant's dysfunction and cause extra costs.

The risk of wastewater retrieval inside the sewage treatment plant can appear, because of the faulty wastewater retrieval, or following some malfunctions appeared within the sewerage network [20].

Market risk is low, because an acceptable security regarding the quality of the sewage takeover system is being permanently assured, there is no risk of supplying improper services, the unsatisfaction of clients and the payment refusal for ensured services being eliminated, financial uncertainty being excluded.

The risk of accidents is diminished, because of the possibility of switching to local position, in order to avoid accidents, in the case of decoupling of equipment, in this way at the local dispatch that machinery can't automatically restart. Furthermore, accidents that follow an interruption-restart of the power supply, because of automatic decoupling of the generator, are excluded.

In conclusion, the prevention of such situations leads to establishing an efficient management, qualified and competent personnel, as well as good working conditions, and institution of infringement liability or criminal liability (in case of toxic substances discharge into the sewerage network) for damage done to the environment, is intended to determine the operator to take pecuniary compensation and develop practices for diminishing the risks of producing damages upon the environment.

6. THE ANALYSIS OF COSTS

Within the programme SOP-Environment, the sewage network of 22.8 km was realized at a cost of 15919510.21 LEI, the investment costs for the wastewater treatment plant 7372504.64 LEI. From this amount 37.80% represents buliding constructions, 38.40% equipment price, 4.91% represent assembling work, 7.97% landscaping, 4.5% projection and other expenditures 6.42% according to figure 12a. Guaranteed costs presented in figure 12b, totaling 182536 LEI refers to annually costs of electricity, which is 57.84%, (ferric chloride 38.91%, polymer 2.86% and water 0.39%.)

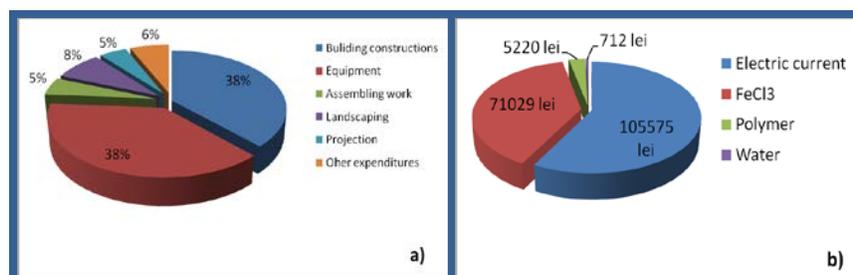


Figure 12. The prices distribution according to investment (a) and according to guaranteed projected consumptions for materials for an year

In order to establish the sewerage system reference costs, unit costs of similar investments achieved in the foregoing years were used, costs that were verified compared with cost standards [21]. The costs of the wastewater treatment plants are according to the quality of the water incoming, its chemical and biological charge, as well as, according to the quality of treated water. The cost of the wastewater treatment plants include the costs of the construction work, grills, other technical components, pipes and interior installations (hydraulic, electrical), pumping installations, devices for measuring and control, automation and SCADA.

For determining price evolution, according to flow per hour, the data from all the investments done on SOP Environment concerning wastewater treatment plants were used. After elimination of extreme values, the evolution graph of prices of the wastewater treatment plants according to their volume (cm³/hour) the number of population equivalents was represented.

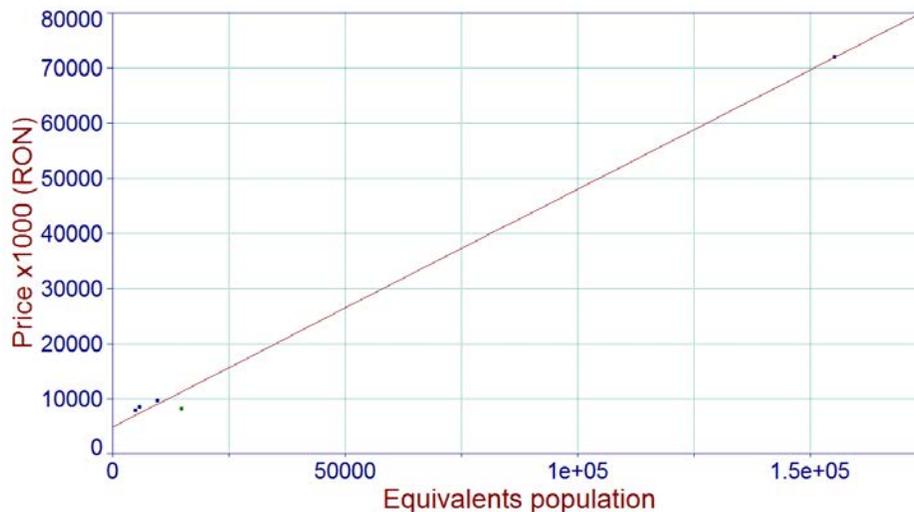


Figure 13. Reference prices of treatment plants

The line drawn through points is given by equation nr.1, with correlation coefficient R=0.996.

$$\text{Price} = 4822.3 + 0.433 \cdot \text{EP} \quad (1)$$

Data from table 2 was obtained by interpolation of the values determined based on the functions, that were obtained following processing of values obtained based on previous experience following similar work performed on SOP Environment.

Data obtained in this manner helps with calculus of future values of newly carried out investments, concerning the obtainment of even more precise results, or the justification of the determined reference prices.

The more data is being used, the more the results, that are obtained, are closer to the market price.

Having the knowledge of the unit prices of the sewerage systems components and the current situation regarding existent sewerage services, and the areas where expansion requirements are, the analysis of options for determining the optimum high performance sewerage systems insurance solution can be carried out. In table 2 are presented the reference prices of wastewater treatment plants according to PE.

Table 2. Reference prices calculated with equation 1

Equivalents population	Price x1000 (RON)
4000	6554
5000	6987
6000	7420
7000	7853
8000	8286
9000	8719
10000	9152
15000	11317
20000	11317
100000	48122
150000	69772

7. FUTURE PERSPECTIVES

Within the programme "Large Infrastructure Operational Programme" (POIM) to meet the priority of Axis 3 accomplishment, the main objective is the development of environmental infrastructure, in terms of efficient management resources through the development of specific investments in the water and wastewater in the district of Satu Mare. Specifically, it is wanted to continue the investment strategy initiated by ISPA and SOP ENV, on the extension of operation area to agglomerations between 2000 and 10000 P.E. and to promote the solidarity principle to support low developing settlements by the tariff policy. In the new programme are provided 5 wastewater stations in small towns between 2000 and 10000 P.E.

8. CONCLUSIONS

The mechanical stage works, based on innovative compact systems, extended biological reduction of phosphorus and aerobic stabilisation of sludge, by extended aeration with sludge age hydraulic control.

The experience obtained in implementing the Red FIDIC projects for sewage networks and yellow FIDIC for sewage networks from SOP Environment programme is very useful to start new projects within the POIM Programme. New innovative technologies were obtained in regard to implementing new technologies.

The new sewage network built of 22.8 km is going to collect residual water from all the inhabitants of Livada town, also rain water. The wastewater treatment plant is a performant station projected for 4950 population equivalent, that reduces the carbon, nitrogen and phosphorus, successfully.

By interpolation, the costs of wastewater treatment plant built/rehabilitated through SOP Environment programme, for Satu Mare district using a linear function, resulted investments of 6.5 millions RON for the wastewater treatment plant projected for 4000 P.E. up to 70 millions RON for projected wastewater treatment plant for 150000 P.E. This calculation comes in the help of future values of new investment realized, to obtain the result and more over to justify determined references prices. The more we use more data, the more we obtain closer results to the market prices.

Knowing the unitary prices of the wastewater treatment plants and the areas with the biggest requisitions for the extension of wastewater treatment plants capacities, or the necessity to construct new wastewater treatment plant, an analyse of the options can be realised, to establish the optimum solution to provide high quality sewage services, in the new projects of POIM programme.

Therefore, the treated wastewater evacuated in emissary achieves the quality standardars required by the given operating permit, issued by National Water Administration „Apele Române”. The measures that can be taken in developing new projects within the programme "Large Infrastructure Operational Programme" (POIM) are presented. These measures are based on previous experience, gathered in the implementation of projects SOP Environment regarding the construction/rehabilitation/extension of the sewage system.

9. REFERENCES

- [1] *G. Carlino, W.R. Kerr, "Agglomeration and Innovation", in Handbook of Regional and Urban Economics, Vol. 5, 2015, pp. 352-400;*
- [2] *A.H Greenberg, I.S Clesceri, A.D Eaton, "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater" (18th edn), American Public Health, APHA-AWWA-WPCF, 1995, pp. 1008;*
- [3] *M. Negulescu, Epurarea apelor uzate orășenești (Urban wastewater treatment), Ed. Tehnica, București, 1978;*
- [4] *I. Cosmin, M. Vernescu, Instalații și construcții pentru epurarea apelor uzate industriale (Constructions and installations for industrial wastewater treatment), Ed. Tehnica, București, 1959;*
- [5] *J. Stoianovici, D. Robescu, Procedee și echipamente mecanice pentru tratarea și epurarea apei (Procedures and equipment for mechanical and wastewater treatment), Ed. Tehnica, 1982;*
- [6] *V. Rojanski, T. Ognean, Cartea operatorului din stații de tratare și epurare a apelor (Book the operator stations and wastewater treatment plants) , Ed. Tehnica, București, 1989;*
- [7] *D. Hallock, "A water quality index for ecology's stream monitoring program", Washington Department of Ecology tate of Washington, Environmental Assessment Program, Olympia, W.A, Technical Report, P No. 02-03-52, 2002;*
- [8] *L.D. Robescu, F. Stroe, A. Presura, D.N. Robescu, Tehnici de epurare a apelor uzate (Techniques for wastewater treatment plant), Editura Tehnică, 2011;*
- [9] *G.C. Delzer, S.W. McKenzie, FIVE-FDAY BIOCHEMICAL: OXYGEN DEMAND. USGS TWRTI Book 9-A7, Third Edition, 2003;*
- [10] *N. Pasco, K. Baronian, C. Jeffries, J. Hay, "Biochemical mediator demand - a novel rapid alternative for measuring biochemical oxygen demand", in Applied Microbiology and Biotechnology, vol 53, no 5, May 2000, pp. 613-618;*
- [11] *A.P. Vernimmen, E.R. Henken, J.C. Lamb, "A Short-Term Biochemical Oxygen Demand test" in Water Pollution Control Federation, vol. 39, no. 6, 1967, pp. 1006-1020;*
- [12] *N.P. Cheremisinoff, P. Nicholas, "Handbook of Water and Wastewater Treatment Technologies", in Elsevier Inc., ISBN:978-0-7506-7498-0, 2002;*
- [13] *Y. Peng, G. Zhu, "Biological nitrogen removal with nitrification via nitrite pathway", in Appl. Microbio. Biotechnol. ,vol. 73, no.1, 2006, pp. 15-26;*
- [14] *G. Olsson. B. Newell, „Wastewater treatment systems: modeling, diagnosis and control”, in IWA Publishing, Australia, 1999;*
- [15] *W. Eckenfelder, W.O' Connor, D.J., Biological wastewater treatment, Ed. Pergamon Press, New York, 1961;*

- [16] *A.Filibeli*, Processing of Sewage Sludge, Izmir Dokuz Eylul University, Engineering Faculty Publications, Turkey, 1998;
- [17] *E. Adar, M. Ince, B. Karatop, M. Bilgili*, "The risk analysis by failure mode and effect analysis and fuzzy-FMEA of supercritical water gasification system used in the sewage sludge treatment", in Journal of Environmental Chemical Engineering, vol. 5, no. 1, 2017, pp. 1263-1267;
- [18] *H. Carrere, C.Dumas, A.Battimelli, D.J.Batstone, J.P.Delgene, J.P.Steyer, I.Ferrer*," Pretreatment methods to improve sludge anaerobic degradability: a review", in Journal of Hazzard Materials, vol. 183, no. 1-3, 2010, pp. 1-15;
- [19] *M. Barbu, R. Vilanova, M. Meness, I. Santin* , "On the evaluation of the global impact of control strategies applied to wastewater treatment plants", in Journal of Cleaner Production, vol.149, 2017, pp. 379-399;
- [20] *C. Furlong, S. de Silva, K. Gan, L. Guthrie, R. Considine*, "Risk management, financial evaluation and funding for wastewater and stormwater reuse projects", in Journal of Environmental Management , vol. 191, , 2017, pp. 84-88;
- [21] *T. Dippong, C. Mihali, I. Leitner*, Scientific Bulletin of North Univerity Center of Baia Mare, Series D, Mining, Mineral Processing, Non - ferrous Metallurgy, Geology and Environmental Engineering, vol. 29, No 2, 2015, pp. 77-87.

MANAGEMENT OF ADDUCTION PIPES - REHABILITATION UNDERCROSSING

Mihail Luca*, Alexandru Lucian Luca**, Fabian Tămășanu** and Ștefania Chirica***

* Prof., Dept. of Hydroamelioration and Environ. Prot., Technical University of Iasi, Romania, E-mail: *mluca2004@yahoo.com*

** PhD. Eng., Polias-Instal Company, 5A Basarabi str., Iasi, Romania, E-mail: *polias_inst@yahoo.com*

*** Drd. Stud. Faculty of Hydrotechnics, Geodesy and Environmental Engineering, 65 D. Mangeron str., "Gheorghe Asachi" Technical University of Iasi, Romania

Abstract

Iași County's regional water supply system is supplied from Timișești groundwater source using two adduction pipes (AdI and AdII). The first adduction pipe (AdI) is made of cast iron, reinforced concrete and steel, Dn 600 diameter and the second adduction pipe (AdII) was made of PREMO and steel pipes, Dn 1000 diameter. The undercrossing construction has not been rehabilitated since the adduction pipes were put into service (1911 and 1973). This work presented the design of rehabilitation works for the undercrossing construction of the Moldova River. The undercross option required placing in the riverbed three pipe sections alongside the old ones, at a distance of 25 - 30 m downstream, but at a greater depth.

Keywords

Project, river undercross, pipes large diameters, erodable riverbed.

1. INTRODUCTION

Water supply systems adduction pipes are complex hydrotechnical structures with large and important geometric parameters (diameters and lengths) and hydraulic parameters (flow rate, pressures). Romania's urban areas adduction pipes are operated for various time periods (some exceeding one hundred years). The development of residential areas requires the extension of the water supply network, and a solution is to increase the adduction pipes' flow rates. The adduction pipes installed in the last 60 - 80 years no longer meet modern standards, a situation which determines high operating costs.

The site area's characteristics determine the adduction pipe's structural components' degradation. Human activity can positively or negatively alter the site and operational process conditions. Adductions with large losses of water presented on the road, can influence the stability of the site layout.

An important hydrotechnical construction in the structure of the adduction pipe is the natural and artificial obstacles overcrossing or undercrossing construction. The adduction pipe is incorporated in this construction which interacts with the obstacle to be passed. For adduction pipes working under the force of gravity it can be used a hydrotechnical construction for undercrossing the riverbed. In this case, special hydrotechnical works are required in the area of the undercross.

Water supply works are carried out jointly with river regulation works and shore protection works on the river section. The river regulation works are designed to stabilise the riverbed's longitudinal and cross sections, ensuring the safe operation of the adduction pipe undercrossing the watercourse. Shore defence works provide stability to the coastal and riparian area where the adduction pipes are placed. The multitude of designed works must rely on extensive specialised surveys (topographical, geotechnical, hydrological, hydraulic, strength and stability, etc.) to ensure high operational safety for the undercross construction.

2. CONSTRUCTIVE AND FUNCTIONAL STATE ANALYSIS OF THE TIMIȘEȘTI - IAȘI ADDUCTION PIPES Ad I AND Ad II IN THE UNDERCROSSING AREA

Iași County's regional water supply system is connected to Timișești groundwater source with the use of three adduction pipes. Two of the three adduction pipes have a high operational life. The first adduction pipe (Ad I) is made of cast iron, reinforced steel and steel, Dn 600 diameter and was put into service in 1911. The second adduction pipe (Ad II) was put into service in 1973. Ad II adduction pipe consists of two pipes on the first half of the length (Ad IIa and Ad IIb) and a single pipe on the second half (Ad II). Adduction pipe Ad II is made of PREMO tubes, Dn 1000 diameter, for Ad IIa and Ad IIb sections and steel pipe, Dn 1000 diameter, for the final section (Ad II).

The first adduction was designed and built between 1900 – 1911. The project leading to the execution of the first adduction pipe was drafted during 1900 – 1907 (surveys, project, site changes redesign etc.). The building of the first adduction pipe began in April 1906 and was carried out by „Union Baugesellschaft” company from Vienna. Construction works were completed in 1910, and in January 1911, Iași's first potable water adduction pipe from Timișești source was put into operation. The catchment flow rate amounts to 300 l/s.

The project to supplement the Timișești source and design a new adduction pipe for the City of Iași was prepared by Bucharest Institute of Research and Design for Systematization, Housing and Communal Administration București (ICPSLGC). The main designers were dr. ing. Pâslărașu I., ing. Moraru Gh., Vlăduț Al. etc. The project featured a 7000 m (4000 m of collecting drain in the first stage) water catchment from Timișești source and a 107 km PREMO and steel Dn 1000 diameter gravity fed adduction pipe. Undercrosses of Moldova and Siret Rivers and Strunga Hill have been designed on the adduction pipe route. The average forecasted catchment flow rate was 710 l/s. Overall implementation work began in November 1970 and ended in August 1973.

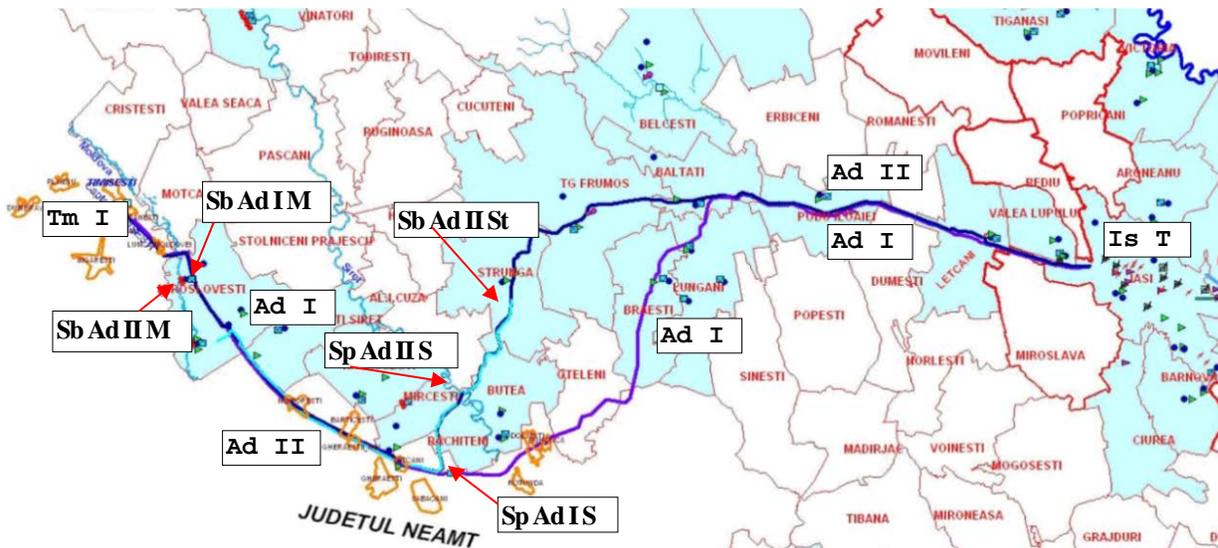


Figure 1. Adduction pipes scheme (Ad I and Ad II) in Iași regional water supply system: Tm I - Timișești source; Ad I - adduction pipe I; Ad II - adduction pipe II; Sb Ad I M and Sb Ad II M - Moldova River undercrossing by Ad I and Ad II; Sb Ad II St - Strunga Hill undercrossing by Ad II; Sp Ad I S - Siret River overpass by Ad I; Sp Ad II S - Siret River overpass by Ad II; Is T - City of Iași tanks.

AdI and Ad II adduction pipes pass over and under natural obstacles (Moldova River, Siret River, Bahlui River, Strunga Hill, etc.) and manmade obstacles (road, railroads, etc.). Ad I Timișești - Iași adduction pipe passes under Moldova River in Soci area and overpasses Siret River in Rotunda area, Iași County.



Figure 2. Timișești - Iași AdII adduction undercross constructions:
a - Moldova River undercross in Soci area; b - Siret River overpass in Scheia area.

AdI and Ad II (AdIIa and Ad IIb) adduction pipes pass under Moldova River in Soci area, Miroslovești Town, Iași County. The river's undercross was imposed by hydraulic functioning considerations: the two adduction pipes are gravity fed, and Δz elevation drop is reduced on the first half of the adduction's length. In the undercross area, Moldova River's bed is divided into two arms separated by an island (Figure 3).

The riverbed's shape was altered in 1970 during the construction of the second adduction pipe, Ad II. The left arm is more expanded (it was the main course of the river) and carries about 70% of the river flow. The left arm was created artificially and has a very small flow rate at low water levels. The watercourse undercross' length is about 160.0 – 180.0 m and the riverbed's regulation work length is 400.0 m. Between the three pipes passing under the river is a distance of 25.0 m (Figure 2.a). Moldova River's bed in this area has an average width of 180 – 240 m. The left and right banks are protected with simple concrete slabs [1].

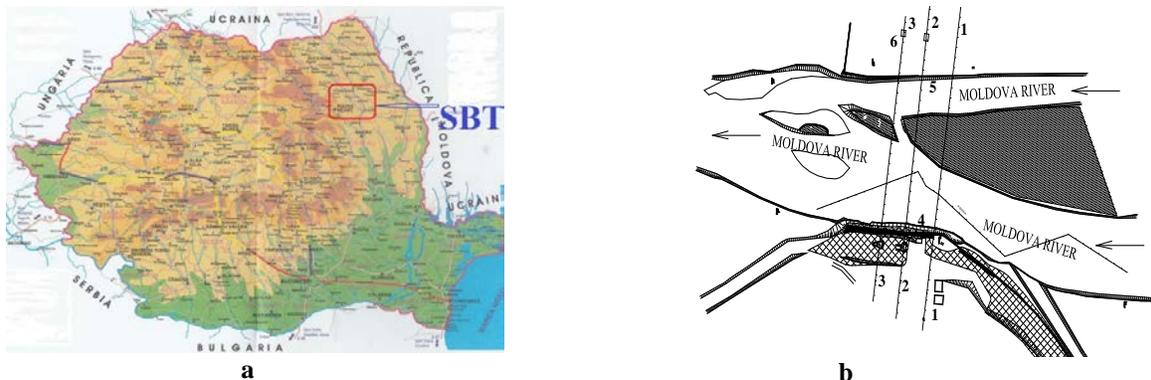


Figure 3. The map of the Moldova River undercross area around Soci: a – Moldova River undercross location; b – the location of adduction pipes I and II in the undercross; b – undercross downstream area (year 2012); 1 (AdI), 2 (AdIIa) and 3 (AdIIb) – adduction pipes; 4, 5 – protection works on the left and right bank; 6 – valve houses (Luca M., 2006).

The undercross construction has not been rehabilitated since the adductions were put into service (1911 and 1973). AdI adduction's longitudinal section data in the undercross are partially unknown. The pipe gradually descends into the ground from a distance of about 100 m from the bank compared to the right bank, goes under the riverbed and climbs gradually onto the left bank until it reaches the adduction's normal assembly elevation (at about 80 m from the left bank, Figure 2a, Figure 3b). The AdI adduction pipe section located in the undercross consists of cast iron tubes with Dn 800 mm diameter. The entry and exit points of the adduction pipe from the undercross do not feature valve houses equipped with shut-off valves [1].

Ad II adduction consisted of two pipes from Timișești source up to Sârca area. The two adduction pipes (AdIIa and AdIIb) undercross Moldova River downstream of AdI adduction pipe at a distance of de 25 m. The undercross was built using descending syphon pipes.



Figure 4. Image of the Moldova River sector where the undercrossing of the three adduction pipes is located (Photo Luca M., 2012).

The AdIIa and AdIIb adduction pipes present in the undercross were made of steel with Dn 1000 mm diameter. The steel pipe was protected with PVC sheets with bitumen layers, covered with wooden slats bound with wire. The pipe was covered with a layer of rocks and material from the riverbed. The entry and exit points of the syphon – pipe feature sectioning homes on both river banks. On the AdIIa and AdIIb adduction pipes, entry valve house CV1, CV3 and exit valve house CV2 and CV4 are built (Figure 5). The valve houses are made of reinforced concrete with variable horizontal and vertical dimensions. CV1 valve house has the dimensions: 6.30 x 4.30 m, with a wall thickness of 0.50 m and 4.50 m built depth. CV2, CV3, CV4 valve houses have the dimensions 5.30 x 4.30 m, with a wall thickness of 0.50 m and 4.50 m built depth. The cover plate is made of reinforced concrete strips with the thickness of 0.15 m. The top of the valve house is about 1.40 m above ground level [1].

The hydraulic installation inside the valve houses is designed to disable water access, but also to change the flow direction between houses. The hydraulic installation consists of Dn 1000, Pn 4 valves, Dn 1000x1000x1000 steel tees, compensating installations and Dn 1000 pipe sections. CV1 and CV2 valve houses are provided with Dn 300 drain pieces and Dn 300 evacuation valves. CV1 valve house is connected to CV2, and CV3 to CV4 through a Dn 1000 mm diameter pipe, fitted with Dn 1000 separation valve [1].



Figure 5. Valve houses situated on the Ad II adduction: a – CV1 (Ad IIa) and CV2 (Ad IIb) valve house situated on the right bank; b – CV3 (Ad IIa) and CV4 (Ad IIb) valve houses situated on the left bank.

The river section on which the undercross construction is located was calibrated and regularized during 1969 - 1972. The right and left river banks were protected on their entire height using heavy shore protections. Coastal defence consists of fascine mattresses placed in contact with the foundation ground and concrete slabs held by a concrete beam and crushed stone formation.

Two technical expertises were conducted in 2006 and 2012 in the undercross area regarding the structural and functional state of the undercross construction [1]. Topographic surveys regarding the morphological changes of Moldova Rives's bed in the undercross area and their influence on the stability of the undercrossing pipes were conducted through the technical expertise. Also, hydrological surveys were carried out on the section of river analysed in order to highlight the hydrodynamic action on the riverbed and the undercross construction. The 2006 and 2012 expertises highlighted the degraded state of the undercross construction. The valve houses on the left bank were degraded in regards to the supporting structure and layers of protection against the action of the foundation soil. The hydraulic components showed differential degrees of wear and draining devices caused seepage.

The 2012 expertise highlighted the advanced state of degradation of the undercross construction's components [1]. AdI adduction pipe broke down in the riverbed and water supply was interrupted. The pipe is made of cast iron tubes with Dn 800 sockets, and they showed a pronounced degree of ageing (the pipe was put into service in 1913). AdII adduction, with AdIIa and AdIIb pipes show severe degradation phenomena at valve houses and bank undercross. The valve houses on both shores (CV1, CV2, CV3 și CV4) showed advanced degradation on the exterior protection layers and partially on the supporting structure. The hydraulic installation inside the four valve houses showed an advanced degree of wear and exceeded service time for some parts. The draining devices from CV1 and CV2 valve houses had perforated steel plates enabling seepage phenomena.

Frequent Moldova River flash floods have accelerated the riverbed erosion phenomena. The flash floods from 2005 – 2012 have contributed to the total degradation of the shore defence on the left bank and partially of the one on the right bank. The absence of regulation works on the riverbed resulted in significant morphological transformations on the section of Moldova River where the undercross is located [2]. The degradation phenomenon of the hydrotechnical constructions was favoured by the geotechnical nature of the riverbed rocks (ballast formations with thickness of about 12.0 – 19.0 m).

The AdI adduction pipe was uncovered and displaced by the action of water. Water circulation was stopped on this adduction. An active Moldova River bed erosion in the undercross area occurred during 2012 – 2015. The hydrodynamic erosion phenomena led to the lowering of Moldova River bed in the adduction pipes' undercrossing area. The thalweg descended the most on the left arm of the river, uncovering the first adduction pipe, then AdIIa adduction. The adduction pipes placed in the river bank were affected by the degradation of the shore protection works.

After almost 45 years of service and due to water's erosive action, particularly during the floods, shore protection works have been degraded to an extent of 30...100% (Fig. 6). The most significant shore protection degradation is on the left bank (a percentage of about 80%). Right bank defence show an advanced degree of physical degradation of about 40...60%.



Figure 6. The condition of shore protection works in Moldova River undercrossing area: a – left shore protection works general view; b – detail on the condition of the concrete slab revetment.

3. REHABILITATION WORKS OF THE PIPES UNDERCROSSING

The adduction pipes damages recorded in the last 10 years have required the design and execution of rehabilitation works for the undercrossing construction. The designing of rehabilitation works for the three pipes found in the undercross required the following steps [3]:

1 - The undercrossing construction's technical expertise correlated with the riverbed regulation works and shore protection works.

2 - Specialised design surveys: topographic, geotechnical, hydrological, environmental (the undercrossing area is located in a law protected natural site).

3 - Specially required design permits.

4 - Feasibility studies for water supply works, riverbed regulation works and coastal defence works.

5 - The technical project and execution details for water supply works, riverbed regulation works and coastal defence works.

6 - Technical documentation for authorizing the execution.

7 - Technical documentation for organising the execution.

In accordance with the existing standards and regulations, adduction pipes rehabilitation works fall into „I” importance class and „C” importance category. According to STAS 4273/1983, riverbed regulation works fall into „IV” importance class and „3” importance category. According to HG 261/1994, HGR 766/1997 and the Methodology approved by Ord. 31/N/1995, Appendix 1, works are classified as „C” category (regular significance). According to P 100/1–2006 Code for seismic design, the undercrossing constructions fall into $a_g = 0.12$ peak ground acceleration, $T_c =$

0.7 s corner period and „E” seismic area. The rehabilitation works are located in area VII of seismic intensity.

The adduction pipes undercrossing solution is conditioned by the site’s geotechnical characteristics.

The undercrossing area of Moldova River’s bed consists of alluvial deposits (ballast) with thickness of 14.0 – 18.0 m.

This situation has favoured a powerful hydrodynamic riverbed erosion process, leading to the thalweg lowering and influencing the undercrossing pipes’ stability.

The technical project comprises six chapters, two of which deal with the adduction pipes rehabilitation works and three deal with the rehabilitation and the construction of riverbed regulation and shore protection works [3].

The adduction pipe rehabilitation works are split according to the two pipes: AdI Dn 800 adduction; Ad II adduction with the two pipes Ad IIa and Ad IIb, Dn 1000.

The following adduction pipes rehabilitation solutions were analysed [3]:

Option 1 – Close fit lining: Fold and Form Lining method consisting in the insertion of a plastic elastic pipe into the metallic one. This option restores the hydraulic state of the steel pipe, but not its strength. This rehabilitation option requires linear pipe sections, a situation which does not exist in the site. The option is expensive and requires specialised equipment and staff.

Option 2 – Replacement of damaged pipes (cast iron and steel) with new steel pipes. The rehabilitation option requires removing the outdated pipes from the riverbed and replacing them with new pipes, connected to the valve house. The option is expensive for riverbeds with non cohesive foundation soils.

Option 3 – Constructing new, steel Dn 800 and Dn 1000 adduction pipes, in parallel with the old ones and connecting them to the existing valve houses located on the shore. This option has a number of advantages, namely:

- a – keeping the old pipes in service during rehabilitation;
- b – reducing the cost by not removing the old pipes from the riverbed: the old pipes can be considered bottom sills and ensure riverbed stability.

The third option was chosen as design solution, which was handled technically and economically within the project [3].

Choosing the rehabilitation option required designing the execution technology for the undercrossing construction for the existing Moldova River bed conditions.

The undercross option required placing in the riverbed three pipe sections alongside the old ones, at a distance of 25 – 30 m downstream, but at a greater depth (Figure 7).

The pipe’s burial depth was assessed by determining the depth of riverbed erosion for the hydrological parameters considered in the sizing and verifying calculations. For $Q = 1207 \text{ m}^3/\text{s}$ flow rate, $v = 1.79 \text{ m/s}$ velocity and cross sections specific parameters for the location of the adduction pipes, it has resulted an average erosion depth of 1.81 m [3].

The depth of the adduction pipes’ location is 3.60 m above the lowest thalweg elevation, respectively 2.60 m coverage above the superior generatrix (an additional 0.80 m safety depth was added).

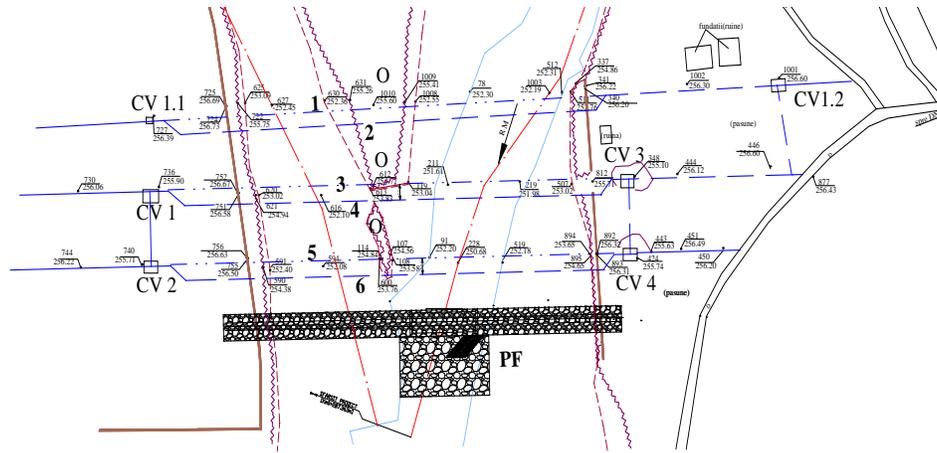


Figure 7. Site plan for Moldova River adduction pipes undercrossing: RM – Moldova River; O - island 1 - old AdI; 2 - new AdI; 3 - old AdIIa; 4 - new AdIIa; 5 - old AdIIb; 6 - new AdIIb; CV1.1, CV1.1 - home valve designed; CV1...CV4 - home valve rehabilitated.

AdI adduction pipe rehabilitation works consist of:

- Building a steel undercrossing pipe with $D_{ext} = 820$ mm (exterior diameter), 10 mm wall thickness and 225.0 m length. The pipe is placed downstream of the original pipe, at a distance of 25.0 m. The pipe's route will be continuous, descending from the ground next to the right bank into the riverbed and then ascending onto the ground next to the left bank, until it reaches the connection to the old pipe (Figure 8).

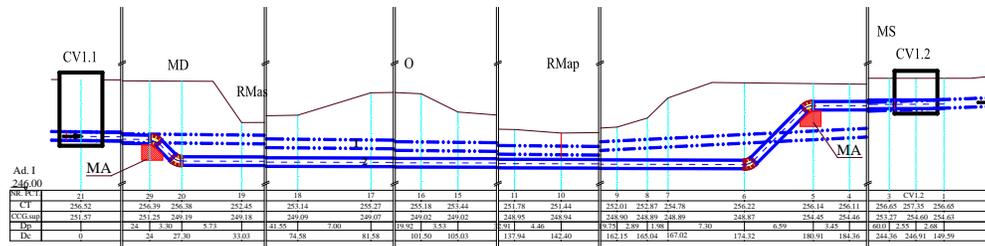


Figure 8. The longitudinal section of AdI adduction pipe undercross.

- Building two valve houses: CV1.1 on the right bank area and CV1.2 on the left bank (at about 80 m from shore). The houses are made of C20/25 reinforced concrete, XC4 + XF1 exposure class with PC 52, OB 37 reinforcements. The houses' dimensions are 4.10 x 3.10 m, 0.30 m wall thickness and 3.10 m depth.

Rehabilitation works for the AdII adduction pipe, made of AdIIa and AdIIb, consist mainly of (the detailed works are described in [3]):

- Building a steel undercrossing pipe with $D_{ext} = 1020$ mm, 10 mm wall thickness and 182.0 m length. The pipe is placed downstream of the original pipe, at a distance of 25.0 m. The pipe's route will be a descending siphon pipe between the valve houses located on the two banks (Figure 9). The section of pipe located in the riverbed will have a 1% slope towards the right Moldova River bank. An anchorage device made of reinforced concrete will be built around the pipe elbow area on each bank to ensure the pipe is set into the ground.

- Supporting structure rehabilitation works for the four valve houses located on the left bank (CV1 and CV2) and on the right bank (CV3 and CV4). The construction works consist of the following [3]:

- removal of degraded structural elements from the valve houses' construction (the valve house is uncovered up to the foundation, the procedures being carried on the outside and on the inside);
- structural rehabilitation works on the reinforced concrete and protective and waterproofing plastering layers (plastering, fissures and cracks closing);
- restoring the waterproofing layer on the exterior of the valve houses (including the uncovered area of the underground construction);
- replacing the exterior and interior metallic parts (metallic ladders, hatch, pipe stands etc.)
- ground modelling around valve houses for rainwater evacuation.

- Hydraulic installation rehabilitation in the four valve houses (CV1, CV2, CV3 and CV4). The rehabilitation works consist of the following [1]:

- replacement of pipe sections and connection fittings with new, modern ones with Dn 1000 and Pn 4;
- replacement of slide-valves with butterfly valves (Dn 1000, Dn 300 and Pn 4) which can be manual and mechanical enabled;
- restoration of connections between valve houses CV1-CV2 and CV3-CV4 with new, Dn 1000, Pn 4, steel pipes;
- creating the connections between valve houses CV1.1-CV1 and CV1.2-CV3 with a Dn 800, Pn 4 pipe;
- equipping valve houses with functional parameters monitoring equipment;
- valve houses pipes, fittings and valves protection against the aggressive action of humidity and temperature.

The steel pipe used for the undercrossing pipes will be protected from the outside with a special PE granules insulation. A layer of bitumen paint insulated wooden slats held in place with galvanised wire will be installed over the pipe. The joining elements made of pipe, placed in the valve houses will be protected from the outside with bitumen layers isolation and PVC tape.

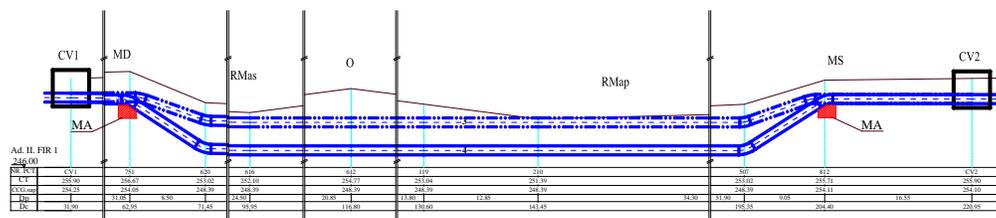


Figure 9. The longitudinal section of Ad IIa adduction pipe undercross.

The adduction pipe shall be treated on the inside with „ground epomid gri G3182-40 μm ” with a layer of „email epomid ral 5017 E325017-60-70 μm ” on top, the minimum coating thickness being 100 μm .

The construction of the undercross required designing the riverbed adduction pipe assembling technology in accordance to site conditions, applicable technologies and constructions

cost. Riverbed and shore ballast layers in the Moldova River, active underground water circulation phenomenon have imposed a construction technology with the use of cofferdams. The adduction pipe consists of two sections joint in the middle of the island and is connected to the hydraulic installation from the existing valve houses on the shore. The building of the undercrossing construction will be done in two stages:

- A. The 1st phase of the undercrossing construction consisting of the adduction section „left bank – island”. The 1st phase consists of the following:
1. Transforming the river’s right arm into a cofferdam by enclosing building area’s upstream and downstream sections between the right bank and island with dikes. The dikes are made of local materials.
 2. Establishing an intermediate cofferdam using wooden piles for each adduction pipe section. The adduction pipe sections building sequence is: AdI, AdIIa and AdIIb.
 4. The pipe section construction by welding the steel pipes and joining fittings. The execution of interior and exterior pipe section protective layers.
 5. The construction of the anchorage device in the river bank.
 6. The construction of the installation trench for the pipe section into the shore, riverbed and half of the island length. Preparing access roads and working platforms for machines.
 7. Pipe section placement in trench at installation elevations, making the joining welds and provisional pipe ends closing. Leak test of the pipe section at overpressure and vacuum.
 8. Dewatering works for assembly execution.
 9. Pipe section ballasting with precast reinforced concrete, stone layer and local materials filling, up to the thalweg elevation.
 10. Construction of the connection to the hydraulic system in the valve houses.
 11. Removal of the cofferdams and releasing the riverbed water circulation.
- B. The 2nd phase of the undercrossing construction consisting of the adduction section „island – left bank”. The 2nd phase consists of the following:
1. Transforming the river’s left arm into a cofferdam by enclosing building area’s upstream and downstream sections between the left bank and island with dikes.
 2. The technological operations succeed in the same way as those from the 1st phase (stages 2...11), with the addition of the following new operations.
 12. The connection of the two pipe sections, checking the elevation and alignment. Welding and their protections checking.
 13. Leak test of the pipe section located in the undercross at overpressure and vacuum.
 14. Disinfection of the pipe section located in the undercrossing.

The new 800 mm and 1000 mm diameter steel pipe is placed in a trench in the riverbed with the depth of 3.60 m, measured from the lowest thalweg elevation. The trench has a roughly rectangular shape with the base width varying from 2.0 m to 2.5 m and it will be excavated by dragline. The trench’s walls will be secured with wood piles. The adduction pipe is placed on a foundation layer made of well polished ballast. The adduction pipe is covered with special precast reinforced concrete elements on top of which lays a layer of crushed rocks meant to stabilise the pipe into the site. The pipe is covered up to the thalweg elevation with local material from the excavation.

Riverbed regulation works and coastal defence rehabilitation have been designed in the underpass area for 280 m on each shore. The coastal defence constructions were designed in accordance to the site’s geotechnical situation. The designed regularization works were as follows [3]:

- Establishing a groin upstream of the river's left arm undercrossing to direct the water flow towards the island. The groin is made of rocks of various sizes. The groin will limit the left bank erosion under water's action during floods or in case of riverbed morphological changes.
- Establishing an apron downstream of the last adduction pipe crossing. The apron is made of large rocks of various sizes. The apron is meant to secure the thalweg in the undercrossing area and limit erosion phenomenon on the riverbed.

The coastal defence works were designed by taken into consideration Moldova Rivers' bed hydrodynamical erosion phenomenon. A new protection option was required due to the degradation of „heavy type” shore defence (concrete revetment on rock massif) by thalweg lowering and shore erosion. The coastal defence work will be elastic and made of geotextile geobags filled with concrete stabilised ballast [3].

The design of regularization works and coastal defence was determined by the positioning of the Moldova River undercrossing in „ROSC10363 Moldova River between Oniceni and Mitești community importance site” as part of „Natura 2000” European ecological network in Romania. The project analysed and designed the execution technologies for the pipes, hydrotechnical constructions, regulation and protection works placed in the riverbed and banks, in accordance with the site's ecological requirements.

The rehabilitation design of the Timișești - Iași adduction pipes undercrossing the Moldova River was developed in collaboration with specialists from SC ApaVital S.A. Iași. Rehabilitation works design and completion of riverbed regulation works were done in collaboration with ABA Siret specialists.

4. CONCLUSIONS

Adduction pipes river undercrossings rehabilitation involves carrying out a complex project which includes water supply and riverbed regulation works.

The implementation of the adduction pipes river undercrossings rehabilitation project requires compiling detailed specialised surveys to obtain the most reliable design and construction data.

The rehabilitation of Moldova River undercrossing by the three Timișești - Iași adduction pipes, with diameters of 1000 mm and 800 mm was achieved by keeping the old pipes in the riverbed and adding three new pipes alongside them.

The undercrossing construction rehabilitation required designing an execution technology adaptable to rivers with scouring beds and non-cohesive rocks foundation layers with high permeability coefficient.

The adduction pipes rehabilitation required designing regulation works for the riverbed section to ensure its stability over time and the undercrossing construction's operational safety.

The banks' stability and that of the adduction pipes placed into the shore area required a coastal defence rehabilitation concept which would allow them to interact with Moldova River's bed morphological changes.

5. ACKNOWLEDGMENTS

This paper was realized with support from S.C. APAVITAL S.A. Iași through research programs, technical expertise and technical projects.

6. BIBLIOGRAPHY

- [1] *M. Luca, Al. L. Luca, F. Tămașanu*, Update on rehabilitation technical expertise in the area of under-crossing the river Moldova, Timișești water adduction pipes, Soci area, Iasi county. Contract technical expertise, S.C. Polias-Instal S.R.L. Iași. Beneficiary SC ApaVital S.A Iași, 2012;
- [2] *M. Luca, A. Ignat*, Morphological Changes Caused by Floods in 2004-2007 on Soci Area at the Moldova River. International Conference „Disaster and Pollution Monitoring - IC.DPM. 3”. 1-2 nov., Iași, fasc. I, p. 83-92, 2007;
- [3] *M. Luca, Al. L. Luca, F. Tămașanu*, Rehabilitation works in the area of under-crossing the river Moldova of the Timișești water adduction pipes, Soci area, Iași county. Contract technical project, S.C. Polias-Instal S.R.L. Iași. Beneficiary SC ApaVital S.A Iași, 2012;
- [4] *** *NE 035/2006*. Normativ pentru exploatarea și reabilitarea conductelor pentru transportul apei (Standard for the operation and rehabilitation of pipelines for the transport of water);
- [5] *** *STAS 6819-82*, Alimentări cu apă. Aducțiuni. Studii, proiectare și date constructive (Water supplies. Adduction. Study design and construction data).

CASE STUDY: COMPARATIVE AND PARALLEL STUDY FOR AMMONIUM REMOVAL FROM GROUNDWATER BY BIOLOGICAL AND ELECTROOXIDATION TREATMENT THROUGH A MODULAR AND FLEXIBLE PILOT PLANT

Nicoleta Lungar^{*,**}, Katalin Bodor^{*}, Ilie Vlaicu^{*}, Adina Pacala^{*} and Florica Manea^{***}

* S.C. Aquatim S.A. Timișoara, Str. Gheorghe Lazăr nr. 11/A, 300081, Timișoara, România, E-mails: nicoleta.lungar@aquatim.ro; katalin.bodor@aquatim.ro; ilie.vlaicu@aquatim.ro; adina.pacala@aquatim.ro

** Faculty of Chemical Engineering and Environmental Protection, “Gheorghe Asachi” Technical University of Iasi, 73 Prof. Dr. D. Mangeron Street, Iași, România, E-mail: nicoleta.lungar@aquatim.ro

*** Department of Applied Chemistry and Engineering of Inorganic Compounds and Environment, Faculty of Industrial Chemistry and Environmental Engineering, V. Pârvan 6, 300223 Timișoara, România, E-mail: florica.manea@upt.ro

Abstract

This research aimed to investigate two parallel or consecutive technological variants, through a flexible and modular pilot plant for ammonium removal, from a real groundwater, based on biological treatment that occurred in the conventional line consisted of degasification and sand based filtering to achieve the biological treatment and respective, based on innovative electrooxidation unitary process. Certain peculiarities related to the evolution of nitrogen-based species are presented for each proposed solution. Biological treatment necessitates a long period for the development of the nitrification bacteria and in the first stage the nitrite concentration increased, and only after two weeks, both ammonium and nitrite concentrations reached the maximum allowance concentration (MAC) value in according with drinking water requirements. The electrooxidation process, using boron-doped electrodes, tested in parallel, allowed reaching instantaneously the MAC for both ammonium and nitrite at the current density of 25 Am⁻². However, the higher energy consuming for the electrochemical process must be taken into account for the next design stage for the drinking water technology.

Keywords

Ammonium removal, flexible and modular pilot-plant, treatability stage for drinking water treatment.

1. INTRODUCTION

It is well-known that groundwater represents a valuable drinking water source, especial for rural area. However, sometimes the groundwater quality does not reach the requirements imposed by legislation. The presence of ammonium in groundwater represents a public health issue in developing and developed countries [1]. The maximum allowance concentration (MAC) for ammonium in drinking water is 0.5 mg/L and higher concentrations require its removal. The presence of ammonium in groundwater defines the selection of drinking water treatment process [2-4]. Conventional drinking water treatment using ammonium-containing groundwater source is based on well-known “break point” chlorination process using chlorine, as both oxidation and disinfection agent. However, because of generating trihalomethanes (THMs), as undesirable by-product, that exhibits human health risk, several research studies have been reported the compulsoriness of the replacement of classical oxidation using chlorination [2]. The biological processes based on nitrification/denitrification reactions have been reported within the various technological variants for the treatment of the groundwater characterized by different matrices [5-7]. Also, electrochemical oxidation of ammonia has been received growing attention in the water treatment technology [8-10]. Several studies have been conducted at pilot-plant and full-scale [1, 7].

In general, the pilot-plant studies offer an economical method for the development of new or enhanced existing water treatment technologies, without affecting the existing process by testing alternative and innovative unitary processes. Several steps, before drinking water technology, using various water sources must be followed, i.e., identification and theoretical analysis of all unitary processes needed, to reach the imposed value for each parameter for drinking purposes; selecting unitary processes and elaborating the protocol for achievement the treatability studies to check the efficiency of the chosen processes; design and achievement of a selected unitary processes containing pilot plant. In this context, a flexible and modular pilot plant should be adaptable easily to various simple or more complex technological variants function of drinking water sources.

In this study, a description of a complex pilot plant suitable for drinking water treatment is given and the use of several modules to elaborate the certain technological variants for drinking water treatment. Two technological variants were tested to eliminate ammonium from real groundwater. One variant consisted of aeration and sand filtration, to assure the biological treatment and the other consisted of aeration and electrochemical oxidation. Also, a possible combination of both biological and electrooxidation treatment units is considered.

2. MATERIALS AND METHODS

Groundwater characteristics

The groundwater source is located in the west side of Romania and it is characterized by ammonium average concentration of about 2 mg/L that exceed MAC of 0.5 mg/L, the other parameters that characterizes meet the legal requirements.

Pilot plant

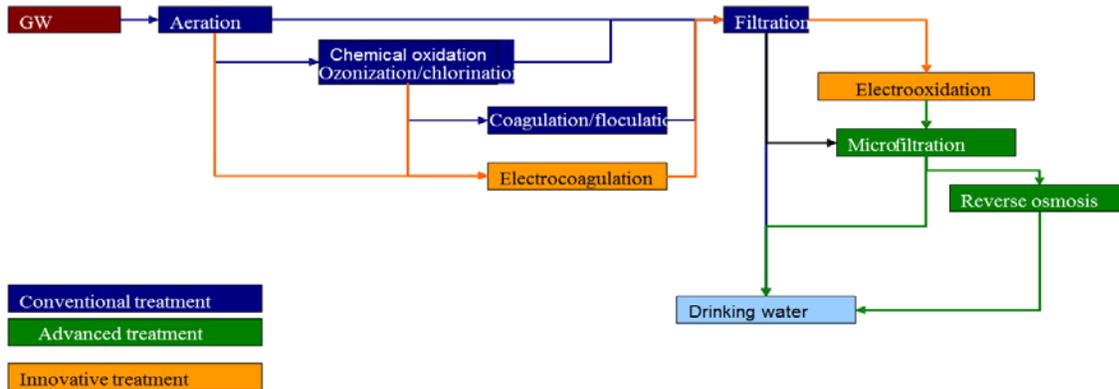
The flow chart of complete pilot plant used in this study is presented in Figure 1, and the conventional, advanced and innovative trains are highlighted. This pilot plant is flexible, each module should be used or by-passed depending on the practical applications. The first technological variant (VTI) was tested in this study, using the module of conventional treatment consisted of aeration, O₂-based oxidation and sand-filtration and the second technological variant (VTII) consisted of aeration and electrooxidation. An image of conventional module is presented in Figure 1b. For all testing period, the raw water flow is 750 L/h. The aeration unit was operated at about 2 bars and produced water at dissolved oxygen concentration ranged between 7 and 9 mg O₂/L. The sand based filter is equipped with multilayers of quartz sand with sand dimensions ranged from 0.4 to 3 mm, filtering rate ranged between 10 and 15 m/h and filtering surface are of 0.12 m². The retention time in filter is 34 minutes. Electrooxidation unit is DiaCell[®] kit, Switzerland, consisted of boron-doped diamond electrodes as anode and cathode, for which the ratio between volume and electrode area is 10.

For this study, the pilot plant was operated continuously 26 days for the VTI, and VTII was tested discontinuously in every day, 5 hours per day.

Analytical methods

The concentrations of ammonium, nitrite and nitrate were determined spectrophotometrically in according with the standardized methods. Dissolved oxygen was

measured using a portable DO meter (WTW, Germany). pH was monitored using a digital pH meter (WTW, Germany) and conductivity was determined using a portable conductometer (WTW, Germany). Total nitrogen (mg/L) was defined as sum of ammonium-nitrogen, nitrite-nitrogen and nitrate-nitrogen. Water samples were collected from the inlets and outlets ports and analysed immediately. The presence of nitrifying bacteria was assessed semi-quantitatively using N-Bart test from the filter backwash water. For VTI application, the water samples were collected twice a day, and for the electrooxidation unit, the sampling time was 15 minutes.



a)



b)

Figure 1. a) The simplified flow-chart of flexible and modular pilot-plant; b) Picture of conventional treatment module

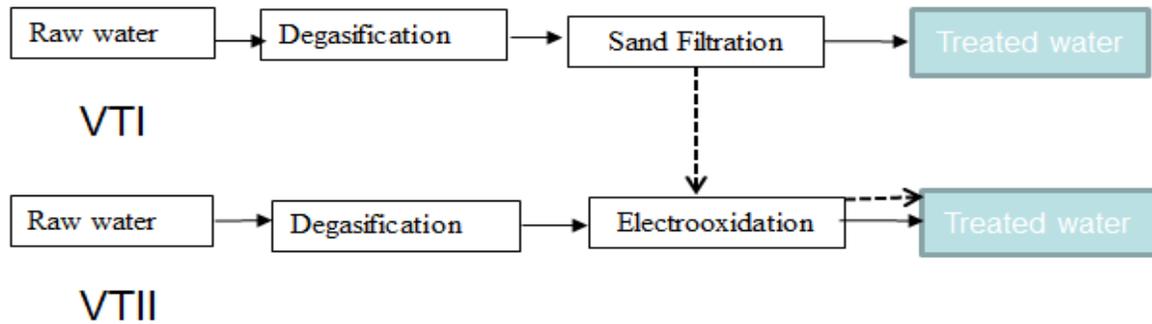


Figure 2. Flow-chart of technological variants tested for ammonium removal

3. RESULTS AND DISCUSSION

First technological variant (VTI) application

In this VTI, the experiments were conducted to assure the conditions for the biological treatment. It is important to note that no biologically active material was added on the filtering sand material. During the pilot plant running the biologically active film on the sand filtering material is naturally formed through continuously fed with ammonium-containing real groundwater. Figure 3 presents the evolution of nitrogen species during VTI application.

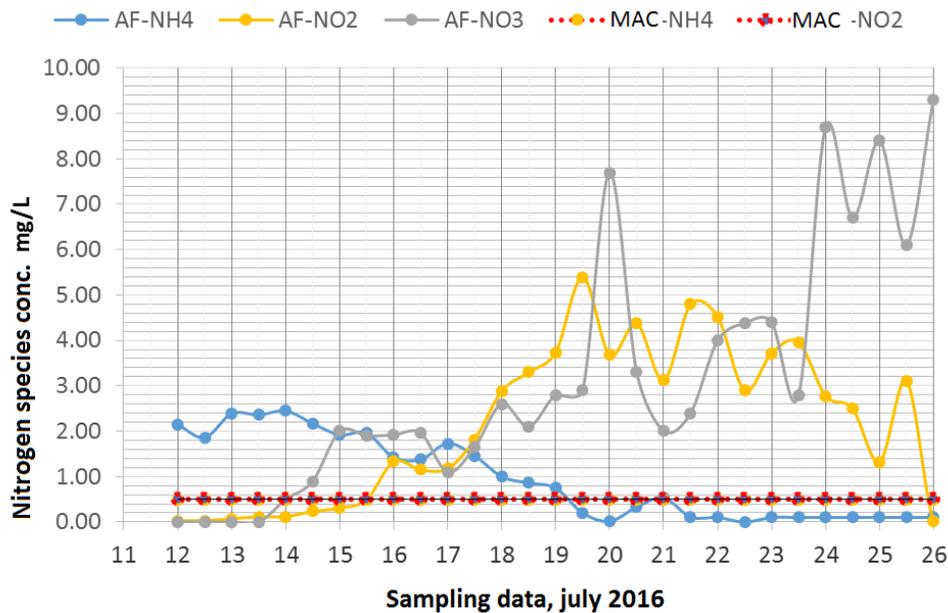
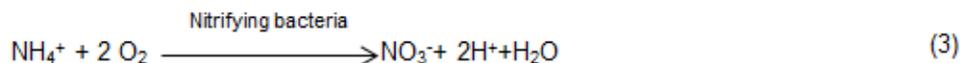
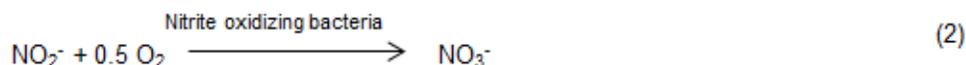
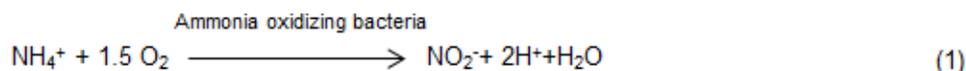


Figure 3. Nitrogen species evolution during VTI application

It can be seen from Figure 3 that, for the first 14 days, the ammonium concentration in influent is equal with the ammonium concentration in effluent, due to no specific nitrification bacteria are formed and only a simple filtration of groundwater is assured. After 14 days, a

progressive reduction of ammonium is noticed and a progressive increasing of nitrite and nitrate concentration was found. This shows that ammonia can be converted into nitrite and nitrate by ammonia oxidizing bacteria, nitrite oxidizing or nitrifying bacteria, in according with equations (1) - (3) [1]:



A fluctuation of nitrite and nitrate concentrations is noticed, but the ammonium concentration is stable and below MAC after day 19. This should be explained by the presence of both ammonia and nitrite oxidizing bacteria and the fluctuation of dissolved oxygen concentration. After day 23, a continuous decreasing of nitrite concentration is noticed, in the same time with continuous increasing of nitrate concentration, which informed about nitrifying bacteria presence and the process occurred in according with equation (3). The stable ammonia concentration in the effluent might be the results of stable activity of ammonia and nitrite oxidizing bacteria. The stabilization of nitrifying bacteria necessitate longer time of activity and also a minimum dissolved oxygen concentration in the filtering media. The presence of biologically active microorganisms was checked through N-Bart test, and the results are presented in Figure 4.



**Figure 4. Image of the results of N-Bart test for: a) initial filter backwashing water;
b) filter backwashing water after 15 days of pilot-plant running**

Second technological variant (VTII) application

A systematic study related to electrooxidation unit (EO) using BDD electrodes were conducted. This study was conducted in two sub-variants, both occurred simultaneously and direct relation with the VTI.

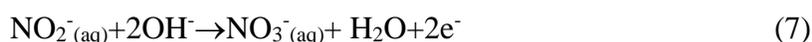
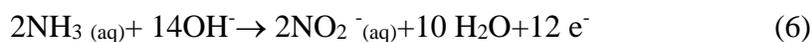
Sub-variant I: For the first 15 days dedicated to biologically active bacteria growing and stabilization, when ammonium concentration in inlet is equal with VTI outlet, the VTII should be considered independently, as presented in Figure 2;

Sub-variant II: After day 15 when biological treatment occurred within sand filtering and EO unit is considered as finishing step (see dashed line from Figure 2). Also, the VTII should be considered independently in this case, but for lower ammonia concentration.

For both sub-variants, a minimum conductivity of 1000 microS/cm should be assured for the good functioning of EO unit, which imposed to add NaCl, because the natural conductivity of real groundwater was about 450 microS/cm. Under these conditions, electrogeneration of chlorine occurred in according with equations (4) and (5) [8]:



In this study, the optimization of operating conditions of EO in relation with the applied current density at the real groundwater pH was achieved. The oxidation process for nitrogen species by the electrochemical oxidation occurred at the anode in according with the reaction equations (6)-(8).



In the presence of chlorine generated electrochemically, also several oxidation should occur in according with equations (9) and (10).



In order to elucidate the main reactions that governs the electrochemical oxidation of ammonium, the concentration profile of ammonium is followed, for various concentrations of ammonium (Figure 5) and at different current density (Figure 6).

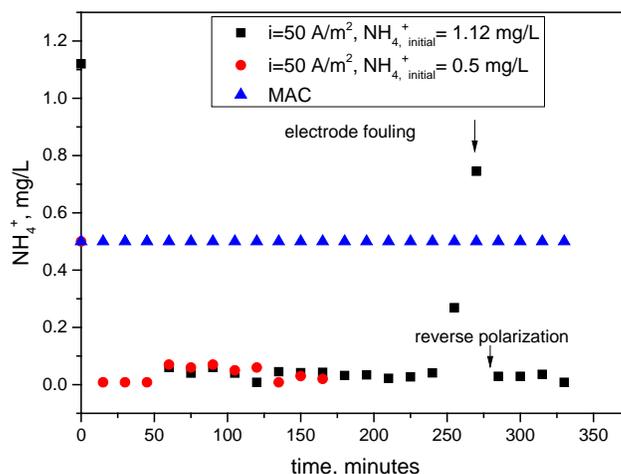


Figure 5. Concentration profile for ammonium species during electrolysis on BDD at 50 A/m²

It can be noticed that an instantaneous oxidation of ammonium occurred for all tested initial ammonium concentration. An electrode fouling was found during electrolysis, that was identified by an important increasing the cell voltage and as consequence, no ammonium oxidation. This aspect was remediated by the reverse polarization of the electrochemical cell for 5 minutes. Decreasing current density at 25 A/m^2 did not affect the nitrogen removal at this concentration range.

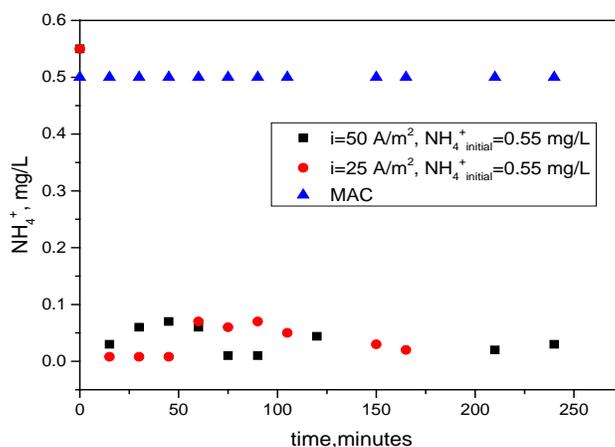


Figure 6. Concentration profile for ammonium species during electrolysis on BDD at: 25 A/m² (red) and 50 A/m² (black)

Also, under the conditions of application of EO unit, as finishing step, after biological treatment, when nitrite concentration was increased at about 2 mg/L, a high efficiency for nitrite removal was found. This confirms the oxidation of ammonium and nitrite to nitrate, as can be seen from Figure 8. The concentration profile for total nitrogen species is shown in Figure 9 and it can be noticed that nitrate profile given the profile for total nitrogen evolution during the electrolysis.

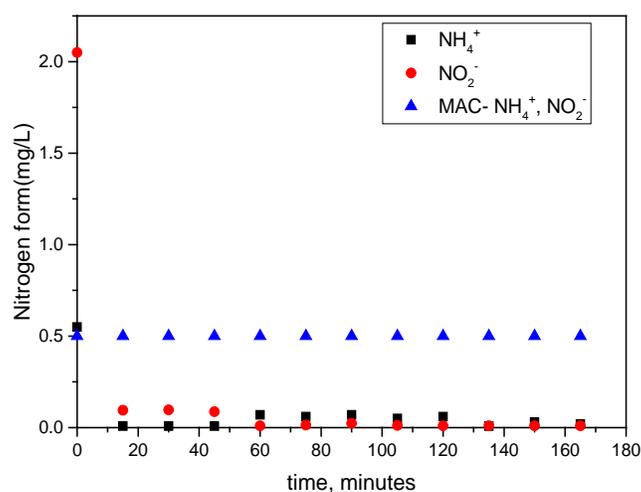


Figure 7. Concentration profile for ammonium and nitrite species during electrolysis on BDD at: 25 A/m²

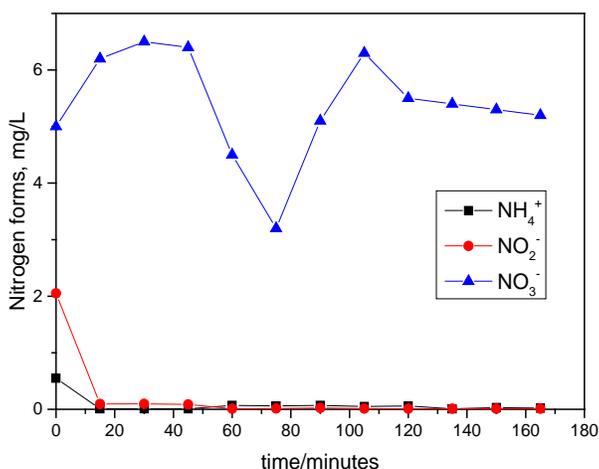


Figure 8. Concentration profile for ammonium, nitrite and nitrate species during electrolysis on BDD at: 25 A/m²

The evolution of nitrogen species during electrolysis showed that a major proportion of ammonium is converted into nitrate species in according with equations (7) and (10) and also another part is converted into N₂ (gas) in according with equations (8) and (9). Even if nitrate species is not desired to exist in water, taking into account the MAC for NO₃⁻ of 50 mg/L, there is no risk that NO₃⁻ to exceed CMA.

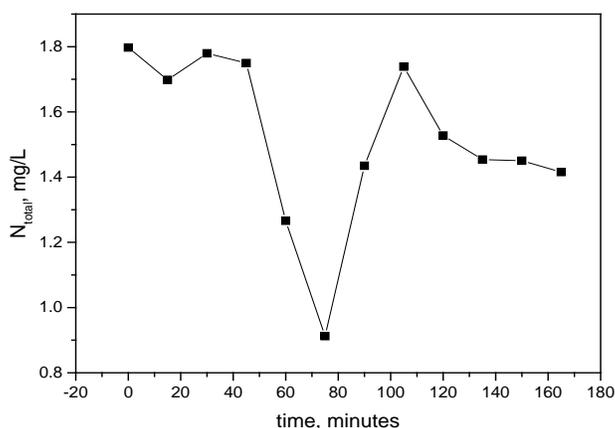


Figure 9. Concentration profile for total nitrogen species during electrolysis on BDD at: 25 A/m²

It is well-known that electrochemical processes are energy consuming and the energy consumption depended by the electrical conductivity of the water and the current density. For the same electrical conductivity of the water, the energy consumption was substantially reduced by decreasing the current density, the current density of 25 A/m² being considered, as optimum operational condition for the EO unit.

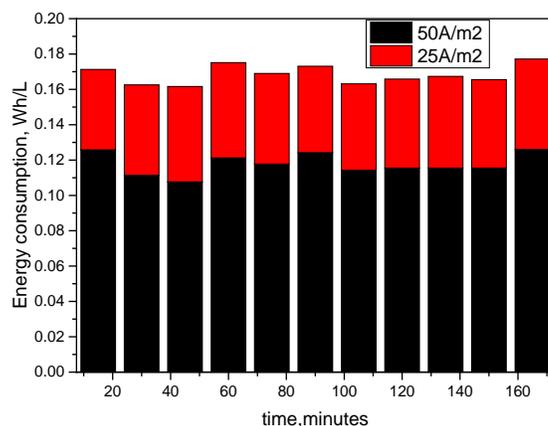
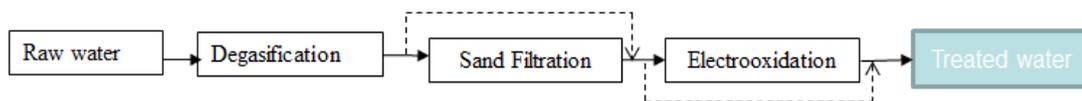


Figure 10. Energy consumption during electrolysis on BDD at: 25 A/m² (red colour) and 50 A/m² (black colour)

4. CONCLUSIONS

Based on these research results, several aspects can be concluded:

1. The biological treatment process was suitable for the removal ammonium from drinking water by nitrifying processes. The biologically active material can be naturally formed onto filtering sand material, but this is a time-consuming process. The stabilization of nitrifying bacteria necessitated longer time of activity and also, a minimum dissolved oxygen concentration in the filtering media, thus, this process is very high dependent by the dissolved oxygen content and also, by pH and water matrix.
2. Electrooxidation unit using boron-doped diamond electrode (EO) showed a high performance for ammonium removal from water by electrochemical nitrification process. The main drawback of EO unit consisted of a minimum conductivity requirement of 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, that necessitated often a chemical reactive adding. By NaCl adding the electrochemical process mediated by electrogenerated chlorine was favoured that improved the process efficiency and also, should assure the disinfection stage. By operating EO unit at 25 A/m², the main part of ammonium was converted into nitrate and the other part was converted into N₂ (gas), that assured its complete removal from water. An energy consumption of about 0.05 Wh/L was determined for the optimal working conditions.
3. EO unit integration into technological treatment process for drinking water should be in according with the following technological variant with the possibility of by-passing either sand filtering or electrooxidation unit:



4. As a general conclusion, a complex and complete pilot plant for drinking water treatment is required to test new and advanced processes that can be used or by-passed in according with the concrete applications. The treatability study of new processes for the drinking water treatment can be performed on the pilot plant and should constitute a compulsory stage before full scale design.

5. ACKNOWLEDGMENTS

This study was partially supported by Romanian National Project PN-III- 69PED/2017.

6. REFERENCES

1. G. Huang, F. Liu, Y. Yang, W. Deng, S. Li, Removal of ammonium-nitrogen from groundwater using a fully passive permeable reactive barrier with oxygen-releasing compound, *Journal of Environmental Management* 154 (2015) 1-7;
2. V. Patroescu, C. Jinescu, C. Cosma, I. Cristea, V. Badescu, Influence of ammonium ions on the treatment process selection of groundwater supplies intended to human consumption, *Revista de Chimie* 66 (4) (2015) 537-541;
3. G. Romanescu, E. Paun, I. Sandu, I. Jora, E. Panaitescu, O. Machidon, C. Cristian Stoleriu, Quantitative and qualitative assessments of groundwater into the catchment of Vaslui river, *Revista de Chimie* 65 (4) (2014) 401-410;
4. D. Bociort, C. Gherasimescu, R. Berariu, R. Butnaru, M. Branzila, I. Sandu, Research on the Degree of contamination of surface and groundwater used as sources for drinking water production, *Revista de Chimie* 63 (11) (2012) 1151-1157;
5. X. Du, G. Liu, F. Qu, K. Li, S. Shao, G. Li, H. Liang, Removal of iron, manganese and ammonia from groundwater using a PAC-MBR system: The anti-pollution ability, microbial population and membrane fouling, *Desalination* 403 (2017) 97-106;
6. P. M. Ayyasamy, K. Shanthi, P. Lakshmanaperumalsamy, S.-J. Lee, N.-C. Choi, D.-J. Kim, Two-stage removal of nitrate from groundwater using biological and chemical treatments, *Journal of Bioscience and Bioengineering* 104 (2) (2007) 129-134;
7. T. Stembal, M. Markic, N. Ribicic, F. Briski, L. Sipos, Removal of ammonia, iron and manganese from groundwaters of northern Croatia-pilot plant studies, *Process Biochemistry* 40 (2005) 327-335;
8. A. Kapalka, L. Joss, A. Anglada, C. Comninellis, K. M. Udert, Direct and mediated oxidation of ammonia on boron-doped diamond electrode, *Electrochemistry Communications* 12 (2010) 1714-1717;
9. V. Diaz, R. Ibanez, P. Gomez, A. M. Urriaga, I. Ortiz, Kinetics of electro-oxidation of ammonia-N, nitrites and COD from recirculating aquaculture saline water system using BDD anodes, *Water Research* 45 (2011) 125-134;
10. W.T. Mook, M. H. Chakrabarti, M. K. Aroua, G. M. A. Khan, B. S. Ali, M. S. Islam, M. A. Abu Hassan, Removal of total ammonia nitrogen (TAN), nitrate and total organic carbon (TOC) from aquaculture wastewater using electrochemical technology: A review, *Desalination* 285 (2012) 1-13.

SUBSTANTIATION OF HALOGENATED BY-PRODUCTS GENERATION IN THE CHLORINATION PROCESS OF NATURAL DRINKING WATER RESOURCES BY ANALYTICAL INVESTIGATION

Ionuț Cristea*, Cristiana Cosma* and Viorel Patroescu*

* National Research and Development Institute for Industrial Ecology – ECOIND, 71-73 Drumul Podu Dâmboviței, Bucharest, sector 6, 060652, România, E-mail: *tehnologi@incdecoind.ro*

Abstract

Chlorine, the most commonly used disinfectant for drinking water treatment industry, has also application for several other water treatment objectives, such as: oxidation of iron, manganese, hydrogen sulfide and ammonia, prevention of algal growth in sedimentation basins, maintenance of biological stability of drinking water by prevention of bacteria regrowth in the distribution system.

Natural organic matter (NOM) like humic substances present in water resources reacts with aqueous free chlorine or free bromine, halogenated by-products being formed.

Only a small percentage of halogenated by-products has been regulated in drinking water, most of them with adverse effects on human health: trihalomethanes (THMs) with MAC of 80/100 µg/L (US/EU regulations) and haloacetic acids (HAAs) with MAC of 60 µg/L (only US regulations).

A main indicator of the amount of halogenated by-product that could be expected to form in the distribution system, if chlorine is applied in water treatment (oxidation/disinfection steps) is considered to be "disinfection by-products potential formation (DBPF)". For evaluation/quantification of some halogenated by-products (THMs and HAAs) generated by the reactions between chlorine/bromine and NOM, performant analytical investigation methods are needed.

Keywords

Surface water, chlorination, trihalomethanes, haloacetic acids.

1. INTRODUCTION

The drinking water sources represented by surface water (lakes, rivers including the Danube) are most used in Romania, but also the most exposed to anthropic pollution. For surface water, classic treatment flow, coagulation-flocculation-settling-filtration-disinfection, is completed with one/two steps of oxidation (pre-oxidation before coagulation-flocculation and post-oxidation, after coagulation-flocculation or filtration) and/or a step of adsorption on activated carbon, depending on the impurification matrix of raw water.

The main chemical reagent used in pre-oxidation and disinfection steps is chlorine, which can generate by-products in the presence of natural organic matter (NOM). According to the literature data, only 1% of chlorine used for disinfection turns in halogenated secondary products (TOX) with different volatility degrees.

From the total content of TOX, trihalomethanes (THMs) represent almost 30% [1]. NOM and phenolic compound, anilines and their derivatives, metabolites of algae etc. [2, 3] are classes of compounds with high THM productivity, named THM's precursors.

The generation of halogenated organic compounds TOX and THMs in drinking water treatment plants depend on water resources nature, work conditions and other factors:

- the presence of THM's organic precursors (natural and anthropic organic local);
- use of chlorine and its derivatives in oxidation and disinfection phases;

- excess of chlorine used in disinfection that can cause the THMs generation in storage vessels and in the distribution network;
- the presence of some associated pollutants as bromide ions.

In general, from the total content of THMs, chloroform is the main product (72-93%) of chlorination, in the absence of bromide ions. According to literature study, the high reactivity of humic acids in front of chlorine is due to polyhydroxy benzene units from their structure (n- and p- dihydroxy aromatic compounds). It is estimated that 1 mg/L of humic acid can generate 25±4 µg/L chloroform.

Besides THMs, other chlorinated derivatives with toxic potential are the class of haloacetic acids (HAAs).

2. EXPERIMENTAL PART

The aim of the experimental tests was to evaluate the reactivity of natural organic matter (NOM) existing into surface water matrix (Danube water samples D1, D2) towards chlorine used in water treatment, by determination of DBPF (THMs and HAAs) in specific conditions from decanted raw water. The main research activities were as follows:

- evaluation of physical-chemical characteristics of raw water from Danube river, Bechet area, samples D1, D2 (2016);
- elaboration of a new method for evaluation of haloacetic acids (HAAs) containing chlorine and bromine, using GC-ITMS;
- experimental tests for evaluation of THMs and HAAs concentration level in treated water with chlorine (Cl₂ doses ≤50 mg/L), after 2 to 6 contact days.

Physical-chemical characterization of raw water

For Danube (Bechet area) water characterization, sampling and preservation of water samples were performed using standard techniques. All the analytical investigations were performed according to standardized methods. Main physical-chemical characteristics of studied raw waters are presented in Table 1. Analytical investigations performed in 2016 (two sampling campaigns in June) conducted to the identification of pollutants situated over the admitted limits (MAC): total suspended matter (TSS), PAHs, TNK.

Table 1. Physico-chemical characterization of raw water from Danube, Bechet area

	Indicator	MU	D1	D2	MAC
1	pH	-	7.9	7.6	6.5-8.5/5.5-9
2	Turbidity	NTU	205	32.6	-
3	COD _{Cr}	mgO ₂ /L	<30(24.6)	<30(10)	10/20/30
4	COD _{Mn}	mgO ₂ /L	12.2	6.1	-
5	TSS	mg/L	313	63	25/-/-
6	Total hardness	°d	9.5	9.8	-
7	Phenols	mg/L	<0.02	<0.02	0.001-0.1
8	Anionic detergents	mg/L	<0.1	<0.1	0.2-0.5
9	Petroleum ether extractable matter	mg/L	<20(0.2)	<20(0.2)	0.005-0.5

10	NH ₄ ⁺	mg/L	<0.1	<0.1	0.05/1.5/2
11	TKN	mg/L	1.8	1.6	1/2/3
12	Organophosphorus pesticides	µg/L	<0.003	<0.003	0.66
13	Organochlorine pesticides	µg/L	0.075	<0.001	0.77
14	Triazine pesticides	µg/L	<0.008	<0.008	1.37
15	PAHs	µg/L	2.5	0.0087	0.2/0.2/1

Elaboration of GC-ITMS methods for studied DBP

This study focuses on chlorine and/or bromine THMs (four compounds) and HAAs (nine compounds), described in Table 2.

For gas chromatographic evaluation of THMs and HAAs concentration, an Agilent 7890A gas chromatograph coupled with an Agilent 240 Ion Trap Mass Detector was used. For THMs, head space-GC/MS analysis was used, according to EN ISO 22155, using 10 mL of liquid sample.

For HAAs, liquid-liquid extraction and conversion of HAA to corresponding methyl esters, followed by GC/MS analysis was used, with an modified method, derived from US EPA method 552.2 [4, 5], using 100 mL of liquid sample.

For extraction, MTBE was used and for derivatization, methanol: H₂SO₄ with volume ratio 1:9. All nine methylated HAAs were identified using full scan mode, using NIST mass spectra database, and quantified using single ion monitoring mode for characteristic ion for each HAA methyl ester.

Calibration curves for concentration values of each HAA between 0.1 and 10 µg/L were obtained with good linearity (r² between 0,987 and 0,999).

Table 2. Studied THMs and HAAs

<i>Class</i>	<i>Compound</i>	<i>Abbreviation</i>	<i>CAS number</i>
THMs	trichloromethane	CHCl ₃	67-66-3
	bromodichloromethane	CHBrCl ₂	75-27-4
	dibromochloromethane	CHBr ₂ Cl	124-48-1
	tribromomethane	CHBr ₃	75-25-2
HAAs	monochloroacetic acid	MCAA	79-11-8
	monobromoacetic acid	MBAA	79-08-3
	dichloroacetic acid	DCAA	79-43-6
	bromochloroacetic acid	BCAA	5589-96-8
	dibromoacetic acid	DBAA	631-64-1
	trichloroacetic acid	TCAA	76-03-9
	tribromoacetic acid	TBAA	75-96-7
	bromodichloroacetic acid	BDCAA	71133-14-7
chlorodibromoacetic acid	CDBAA	5278-95-5	

Experimental test for DBP (THMs and HAAs) evaluation

The experimental tests for DBP determination were performed using chlorine water (Cl₂ = 700 mg/L) and raw water after gravitational settling (2h, remanent turbidity < 30 NTU) in the

following conditions: pH = 7-7.5; reaction time/contact time: 1-6 days; temperature: 20°C; Cl₂ doses: 25 mg/L (samples D1/1, D2/1) and 47 mg/L (samples D1/2, D2/2) (chlorine solution/water = 700 mg/L); MAC/UE, RO = 100 µg TTHM (total trihalomethanes)/L.

The analytical investigations of THMs concentrations were done after 2, 5 and 6 contact days between raw water samples and chlorine. Obtained results are presented in Table 3.

Table 3. Total THMs potential formation

Sample	TTHMs, µg/L		
	$\tau_c= 2$ days	$\tau_c= 5$ days	$\tau_c= 6$ days
D1/1	9.2	16.4	19.9
D1/2	15.9	22.4	26
D2/1	4.9	9.3	16.5
D2/2	6.5	10.7	25.2

A different evolution of THMs and HAAs formation was observed in this study, as follow:

- the maximum concentration of THMs, after 6 day contact, was 25 µL/L, below MAC/UE=100 µg/L;
- the HAAs concentration is two time higher than MAC/USA(HAA₅= 60 µg/L, MCA+DCA+TCA+MBA+DBA), over 99.8% of haloacetic acids being chloroacetic ones (TCA>DCA>MCA).

Table 4. HAAs potential formation

D1.2	HAAs, µg/L
	$\tau_c= 6$ days
MCA	14.29
MBA	<0.1
DCA	47.81
TCA	52.59
DBA	0.18
BCA	3.22
BDCA	2.21
CDBA	0.15
TBA	<0.1
Total 1-5 (HAA ₅)	114.87
Total 1-9 (HAA ₉)	120.50

3. CONCLUSIONS

- Natural organic matter existing in drinking water resources are able to modify the treated water quality in the presence of chlorine and derivatives, halogenated by-products with adverse effects on human health being formed.
- New methods to identify/evaluate other groups of halogenated by-products must be developed, in order to control the level of organic micropollutants in treated water and to take the suitable measures to diminish/avoid their generation.

4. BIBLIOGRAPHY

- [1] Deborde, M. and U. Von Gunten, *Reactions of chlorine with inorganic and organic compounds during water treatment—kinetics and mechanisms: a critical review*. Water research, 2008. 42(1): p. 13-51;
- [2] Kavanaugh, M.C., *Modified Coagulation for Improved Removal of Trihalomethane Precursors (PDF)*. Journal-American Water Works Association, 1978. 70(11): p. 613-620;
- [3] Graham, N.J., et al., *The significance of algae as trihalomethane precursors*. Water Science and Technology, 1998. 37(2): p. 83-89;
- [4] Xie, Y., *Analyzing haloacetic acids using gas chromatography/mass spectrometry*. Water research, 2001. 35(6): p. 1599-1602;
- [5] Hodgeson, J., et al., *METHOD 552.2 Determination of haloacetic acids and dalapon in drinking water by liquid-liquid extraction, derivatization and gas chromatography with electron capture detection*. Methods for the Determination of Organic Compounds in Drinking Water, Supplement III, US Environmental Protection Agency, Cincinnati, OH, 1995. 45268.

SUSTAINABLE TECHNOLOGIES IN ENGINEERING PRACTICE FOR WASTE WATER TREATMENT IN WASTE WATER TREATMENT PLANTS

Tobolcea Cosmin*, Crețu Valentin**, Tobolcea Viorel** and Crețu Flaviu Aurel***

* S.C. PRO TOBY S.R.L. Iași, E-mail: *cosmin.tobolcea@protoby.ro*

** "Gh. Asachi" Technical University of Iași, Faculty of Hydrotechnical Engineering, Geodesy and Environmental Engineering Department of *Hydrotechnical Arrangements and Constructions*,
E-mail: *viorel.tobolcea@protoby.ro, v_cretu_2002@yahoo.com*

*** Doctoral Student, "Gh. Asachi" Technical University of Iași, Faculty of Hydrotechnical Engineering, Geodesy and Environmental Engineering

Abstract

Developing of the water infrastructure through European funding programs has led to a comprehensive process of refurbishment and / or new investment for waste water treatment plants.

Sustainability of wastewater collection, treatment and disposal options in Romania, are discussed in the context of recent large-scale infrastructure investments.

The dynamics of technological changes resulting from the emergence of new waste water treatment solutions superimposed on modifying and improving equipment and facilities, generalization of automation in management processes require strictly necessary technical-economic concept of for sustainable management.

This paper presents a current application for the treatment of waste water for cities with less than < 100.000 P.E.

The case study analysis is a realization of collective investment by designing and shows the technological line for waste water treatment within this plant, comprising of primary advanced treatment, secondary and advanced tertiary treatment.

With apriorities as to the advanced waste water treatment systems in small and medium sized municipalities of Romania, the selection of the appropriate and sustainable level of treatment MUST be based on the recipient's sensitivity considerations and assessment of its ecological status. This can be accomplished through the selection of a good core of DPISR indicators (according to DPSIR framework - Driving forces, Pressure, State, Impact, Response used by the European Environment Agency in its reporting activities) and centred on the flow of data and information from monitoring to reporting (MDIAR chain - The monitoring/data/information/assessment/reporting (MDIAR) chain is the flow of data and information from national monitoring to European reporting).

Keywords

Sustainable technologies for waste water treatment plants.

1. INTRODUCTION

The treatment of waste water (purification) is the set of measures and processes through which the impurities of chemical (mineral or organic) or bacteriological nature contained in the waste water are reduced below certain limits, so that these waters do not harm the receivers, where they are evacuated and do not jeopardize their further use.

The treatment processes are physico-mechanical, chemical and biological. After their application, the main products result: the purified water that is discharged into the receiver or that may be recovered (for irrigation or other uses) and respectively the sludges, which are treated and recovered.

Conceptually, waste water treatment plants are currently a whole. The performance and certain delimitations of the processes, as it has been until now, are no longer possible because the physical, chemical and biological processes succeed themselves and overlap in the same objects.

The dynamics of the technological changes resulting from the emergence of new treatment solutions, overlapped on the changing and continuous improvement of equipment and facilities, as well as the generalization of automation in the management of technological processes require, as absolutely necessary, the concept of technical-economic sustainable management.

The waste water treatment technologies (particularly for treatment of substance like N-CBO₅ and P-CBO₅) involve alternation of processes (cyclic) such as aerobic and anoxic/anaerobic for the partial/total removal of these substances. This is achieved by creating distinct areas (reactors), such as: de-phosphating, denitrification, nitrification, followed by different recirculation ways, depending on the technology. Thus arose treatment after the secondary step - *tertiary treatment* or the biological processes were overlapped on the primary and secondary steps called *primary advanced stage / secondary advanced stage*.

At the same time, waste water treatment technologies (in particular, in the biological stage) by fixing the membrane on different types of biomass have appeared. They were conceived modularly, in modules placed over the adopted aeration system. These technologies have the possibility to treat all year long, at maximum efficiency, regardless of the temperature of the waste water.

In the technological schemes within a waste water treatment plant, depending on the operating mode, different types of reactors/ biological tanks, that can be grouped as follows, are used:

- 1 - continuous reactors (with piston flow, with complete mix, etc.);
- 2 - discontinuous reactors called sequencing batch reactors (SBR), and in the American literature they are called Batch reactors (SBR).

The processes from the sequencing tanks are identical to those from the continuous tanks, except that the aeration and decantation occur in the same tank. Here the processes take place in stages/sequentially, compared to the classic solution (continuous flow tanks), where the two phases occur simultaneously.

Taking into account the high complexity of situations depending on the existing situation and the future situation, we present a case study, made by our team, on waste water treatment technology by discontinuous process.

2. WASTE WATER TREATMENT BY DISCONTINUOUS PROCESS

Case study - Waste Water Treatment Plant of Alexandria City, Teleorman County

a) General information

The limits of the analysed objective are:

- uphill: Pumping station for the raw waste water (object that is part of the Treatment Plant);
- downhill: Emissary - Vedea river.

For each stage of the treatment process the possibility of isolation of certain process units in case of emergency is foreseen by creating bypass pipes/canals.

The flow used influent in the Treatment Plant:

- $Q_{\text{used or max}} = 394,00 \text{ l/s};$
- $Q_{\text{used day average}} = 15.638,00 \text{ cubic m./day};$
- $Q_{\text{used day max}} = 19.613,00 \text{ cubic m./day};$

The influent flows in the Treatment Plant were established for two situations:

- during drought times
- during rainy times

During drought times

The hydraulic sizing was done for:

Primary stage

1 Quse or max = 0,394 cubic m./s

1 Qday max = 19.613 cubic m./day

Advanced secondary stage

1 Qday max = 19.613 cubic m./day - hydraulic sizing (including compensations)

1 Qday average = 15.638 cubic m./day - sizing of the biological reactor - for loadings (the compensation Qday max and the allocation of the compensated flow on three lines of biological treatment).

During rainy times

The hydraulic sizing was done for:

Primary stage

The flow consists of : 1 x Quse or max = 0,394 cubic m./s.

Q rain = 1.2cubic m./s.

In this situation in the Treatment Plan may enter maximum 1,6 cubic m./s, flows out of which 0,394 cubic m./s Quse or max. and maximum 1,2 cubic m./s Qrain, flow out of which 0,394 cubic m./s will be technologically processed and the rest of 0,8 cubic m./s will be discharged by direct by-pass to the emissary.

2 technological lines of 0,394 cubic m./s each were created. The pluvial flow will be directed initially, toward the tank for the collection of the pluvial flow (the first 15 minutes of rain) and the rest directly towards the evacuation (the trapezoidal canal from the premises).

Advanced secondary stage

Qc = 1 x Qday max = 19.613 cubic m. /day - hydraulic sizing (including compensations)

Qc = 1 x Qday average = 15.638 cubic m./day - sizing of the biological reactor - for charges (the compensation Qday max and the allocation of the compensated flow on three lines of biological treatment). Technological objectives foreseen for the technological line for the treatment for the waste waters (figure 1):

- pumping station for waste water (SPAU1 - existing);
- pumping station for pluvial flow (SPAU2 - new);
- rare and compact grills;
- desander and grease separator and blast engine unit;
- measurement of the entry flow and sample collection;
- preparation plants - dosage of the reagents for the precipitation of phosphorus;
- retention tank for pluvial flow (B.R.);
- primary decanters (D.P.1, D.P.2);
- overflow room;
- primary decanter with compensation role D.P.3 (B.C.1);
- tanks with activated sludge (biological reactors - R.B.);
- pumping group related to the biological reactors;
- preparation plants - dosage of the reagents for the precipitation of phosphorus;
- blast engine unit for (biological reactors S.S.- R.B.);
- distribution chamber for the secondary decanters (C.D.);

- secondary decanter with compensation role D.S.1;
- secondary decanter with compensation role D.S.2;
- sample collection point for the treated waste water (C.P.P.);
- discharge system in the emissary and in the discharge.

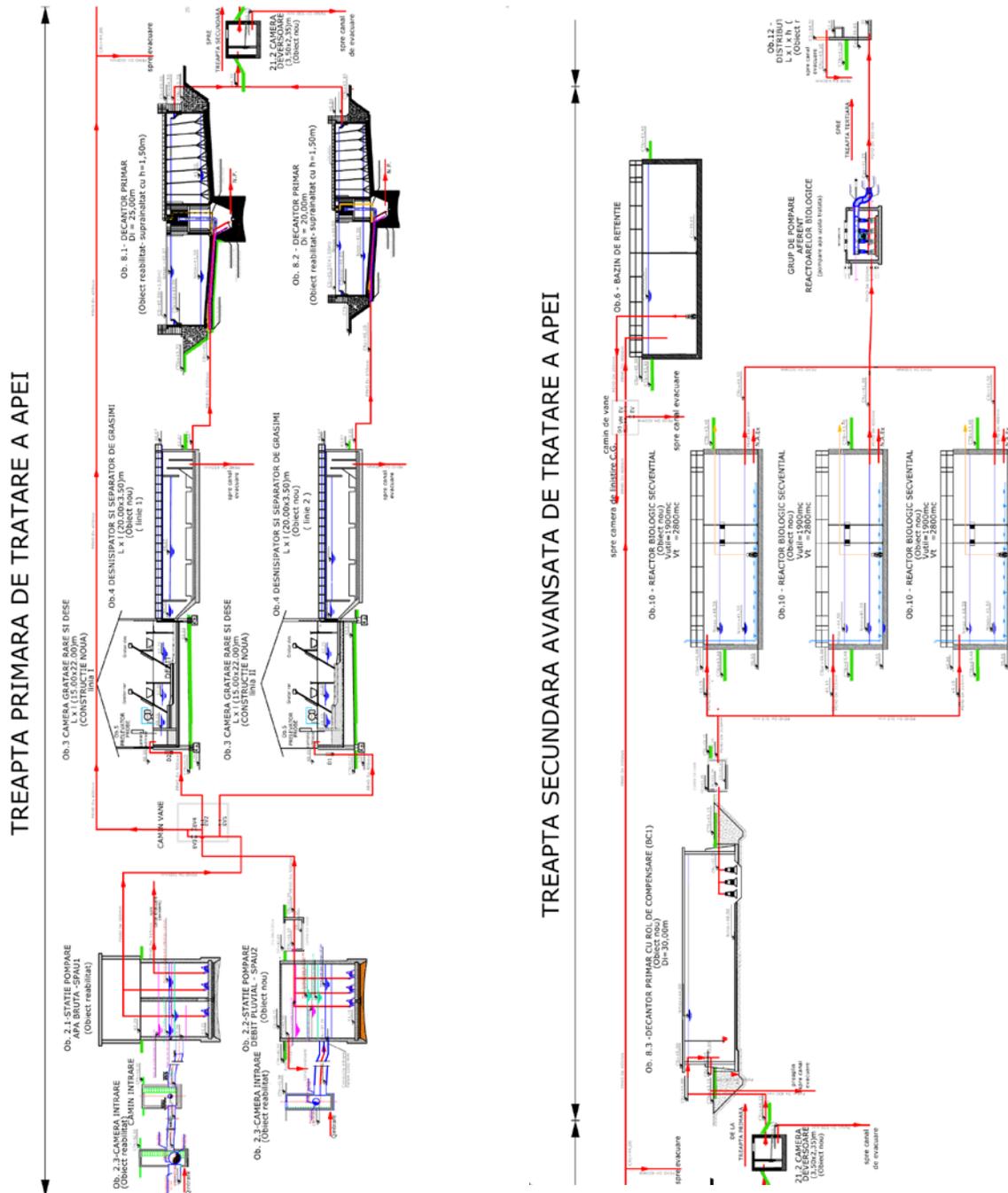


Figure 1. Technological line for the treatment for the waste waters

From the entire technological line, the work presents only the stage of biological treatment (secondary advanced). [1, 3, 4]

b) Biological Treatment Stage

From the primary decanters, (D.P.1, D.P.2) the decanted waste water arrives in the discharge room C.D., from where a Quse or max enters in the compensation tank B.C.1. and a Quse or max is evacuated towards the evacuation, collecting existing within the unit and is then directed towards the emissary.

From the compensation tank (when the maximum level is reached) one of the three biological reactors will be supplied alternately (sequentially). The compensation tank (it compensates the flows, because the biological reactors work discontinuously) from where the waste water reaches the sequencing biological reactors, where the biological treatment takes place. It is a modified purifying technology with activated sludge.

In the compensation tank, in addition to the volumetric processes for flow compensation, the biological processes also take place, and are mainly anaerobic and fix the structure of the dissolved organic substances to be treated in the biological reactors.

The biological reactors (RB1, RB2, RB3) have a volume of 2/3 from the total volume of the tank. The water from the compensation tank reaches the biological reactors, where it has multiple cycles of biological treatment, and when the water is considered pure, the activated sludge is sedimented and 2/3 of the total volume is discharged and 1/3 of the total volume will be biomass - activated sludge. Wastewater treatment technology with biological reactors is a discontinuous technology with sequencing operation.

A third of the volume of the reactor stays in the tank all the time and is called inoculum level (activated sludge volume).

The duration of an operating cycle of a biological reactor is of 8 hours / cycle water inlet-outlet and the volume of the reactor is of 1900 cubic m.

Thus, after the process of filling a reactor, the aeration processes start (through the diffuser) by turning on the blasts - the process of nitrification and oxidation of carbon.

Once this process is completed, the blasts are turned off and the mixers are turned on, creating an anox process (mixing - denitrification process).

These processes of aeration and then mixing are repeated until the treated waste water reaches the designed parameters.

In the final part, the mixers are turned off, stop and the sedimentation process (water decanting) takes place.

The evacuation of the treated water is achieved by means of decanters in flotation, that remove water from the top up to 1/3 (activated sludge volume) of the total volume of the reactor.

After the biological treatment, the treated waste water can be discharged directly to the emissary. When the temperature of the treated waste water is less than 12 C°, the treatment process is extended in order to reduce the amount of organic nitrogen. In this case, the water treated in the biological reactors is of further chemically treated with chlorine based reagents and the role of the secondary sedimentation tank will be of retention.

The water from the secondary decanters, with a role of retention tanks, will also get into the discharge canal and from here, through the canals and pipes, in the discharge mouth - emissary, Vedeá River.

Primary settling tank DP3 (BC), with compensation role

The compensation of the uphill flow by the biological reactors is done in a new tank, of reinforced concrete, executed semi-buried, with a diameter of $D_i = 30,00$ m and with a useful volume of 2500 cubic m.

From the primary decanters part of the decanted water, respectively $1x Q_{use}$ or $max = 0,40$ cubic m./s, arrives by gravity in the compensation tank, and $1x Q_{use}$ or $max = 0,40$ cubic m./s will be evacuated through the collecting canal existing within the unit, towards the emissary.

The role of this tank is to accomplish the compensation of the flow from Q_{use} day $max = 19.613,00$ cubic m./zi, (at the exit from the discharge room), at the flow Q_{use} day average = 15.613 cubic m./day, at the entry in the biological stage of purification.

Based on the hourly distribution of the influent flow in the biological stage of purification, resulted a compensation volume of 2500 cubic m., for a total of 3 biological reactors, with a number of 3 cycles of 8 hours / day.

The compensation tank is a new construction made of reinforced concrete, of circular shape in plane and with a total depth of the tank of 4,50 m (Figure 2a and Figure 2b).

The water inlet into the tank is made through a pipe Pafsin D_n 500 mm, the share of the foundation frame of the pipe at the entry into the tank is of $CR_c = 44.00$.

The share of the maximum level of the water in the tank is $N_{max} = 44, 00$, of the minimum level $N_{min} = 40,50$, resulting an useful depth of 3,50 m.

The submersible electropumps for wastewater were installed in a shaped vessel near the wall of the basin, with sizes of (6.10 x 2.50) and depth of -1.00 m compared to the share of the foundation frame of the tank. ($CR_b = 40.50$).

Also, a submersible mixer was installed in the tank, near its wall.

The functioning of the electropumps is done automatically, correlated with the needs of the technological flow.

The pumps ensure the filling of the biological reactor during the time required to achieve a biological cycle.

On the outer perimeter of the compensation tank, a sidewalk of 60cm thickness is provided.



Figure 2a. Compensation Tank

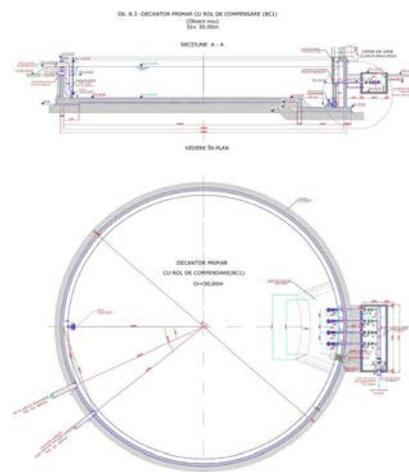


Figure 2b. Plan view and section BC

Activated sludge tank (Sequencing batch reactors)

The functioning of a biological reactor is done as follows: [2, 6, 9]

- if the reactor is empty and there is water in the compensation tanks, the electrovalve for the access of the water in the reactor is opened,
- the entering water is distributed uniformly in the two tanks of the biological reactor,
- when the water reaches the maximum sensor, the electrovalve is closed and the pump from the compensation tank is turned off,
- after filling in the tank, the treatment process begins.

After the biological treatment is completed, the water is decanted in the same reactor and then discharged in the same reactor towards the emissary. When the temperature of the waste water in the bioreactor is low (below 12 ° C), the process for the elimination of the organic nitrogen through the alternation nitrification - denitrification cannot take place. In this case, a prolonged oxidation (through aeration only), after which a part of the organic substances containing nitrogen forms may be reduced in a tertiary stage, by introducing chlorine with the dual purpose: disinfecting and reduction of the organic substance.

The tanks have a reinforced concrete structure and were made on the current location of the activated sludge tank, the technical expertise allowing the use of existing external structure of the basin as lost shuttering for the new structure.

The division of the new structure was made as follows (Figure 3a and Figure 3b):

- 3 compartments for the biological reactors (RB1, RB2 and RB3), (25,00 x 25,00) m;
- 1 compartment for the retention tank B.R., (25,00 x 25,00)m.



Figure 3a. Biological reactor

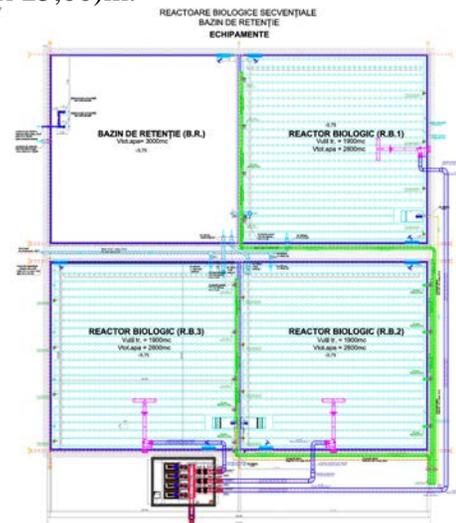


Figure 3b. Plan view - RB and BR

From the compensation tank (when the maximum level is reached), one of the three biological reactors will be supplied alternatively (in turn).

The compensation tank (compensates the flows, as the biological reactors work discontinuously), from where the waste water penetrates into the sequential batch reactors, where the biological treatment takes place, a modified purification technology with sludge. [5, 7]

The biological reactors (RB1, RB2, RB3) have a useful volume of 2/3 from the total volume of the tank. The water from the compensation tank penetrates into the biological reactors, where it bears several cycles of biological treatment, and when the water is considered to be purified, the

sludge is deposited and 2/3 of the total volume is discharged with treated water, while 1/3 of the total volume is due to remain as biological biomass - sludge.

The purification technology of waste water with biological reactors is a discontinuous technology with sequential functioning. A third of the reactor's volume remains all the time in the tank and it is named inoculum (volume of the sludge).

The duration of a functioning cycle of a biological reactor lasts minimum 8h/inlet-outlet water cycle, and the useful volume of a reactor is about 1900 steres.

The surface of the terrain occupied by the RB plant is smaller than the ones with sludge, as a secondary decanter tank is not required.

Presentation of the treatment stages of the waste water in a sequencing batch reactor (S.B.R.)

Stage 1

The reactor is primed and has the necessary biomass to treat a water volume at N_{max} ;

- the filling of the biological reactor begins;
- during filling (1...5h), depending on the network of the influent waste water network, the alternation of Stages 2 and 3 takes place, respectively of aeration and mixing (triggering aerobic and anoxic biological processes).

If stage 1 take 1 h, then we prefer only aeration to exist during filling (as in stage 2). If the charging of the influent water is small, then there may be an alternation of aerobic/anox during charging. The charging mode is given by the influent concentration of dissolved organic substances. Biological treatment is done during charging.

Stage 2

The reactor is filled to the maximum level, and therefore received the entire volume to be treated. The first phase of biological treatment is of aeration. By triggering the aerobic phase, the biological aerobic processes (nitrification and oxidation of the carbon nitrogen) start. The blast engines are turned on in this situation (they can function with frequency converters directly proportional with the necessary O_2 imposed by the operator). The decanter, mixer and the sludge evacuation in excess, don't work. ($O_2 \geq 2,5\text{mg/l}$).

Stage 3

The ANOXIC stage - At this stage the elimination of nitrogen by denitrification takes place. ($O_2 = 0,1 \div 0,5\text{mg/l}$)

- the reactor is at the maximum stationary level; - turned off aeration; - mixer (mixers) work/s;
- turned off decanters; - the evacuation of active sludge in excess is turned off.

Stage 4

- stage 2 is repeated.

Stage 5

- stage 3 is repeated.

Warning: stages 2 and 3 are repeated until the waste water from the reactor was treated at the level at which it needs to be evacuated from the emissary.

Stage "n"

- must be an aeration stage (idem stage 2).

Stage "n"+1

The stage for decanting and elimination of the treated water

- the water is at a maximum level; - the technological equipment is turned off; - aeration is turned off; - mixing is turned off;
- the decanter is turned off; - the evacuation of active sludge in excess is turned off.
- the sedimentation of the activated sludge begins - a good activated sludge / viable immediately groups in large flocks forming a "sediment surface" which is clearly separated from the water without any sediment. This surface descends at the same time with the sedimentation.
- after 20-40 minutes of sedimentation, the discharge of the decanted water starts from the top of the reactor. Thus, the sedimentation that continues under the decanter and the decanter discharge of treated waste water are overlapped.

The decanter is a floating ring, that has in the middle (inner part) the aspiration of the decanted water. This is done from top to bottom to avoid disturbing the sedimentation. The evacuation may be done by gravity or by pumping. The pump can be set up under the decanter with the aspiration up, or outside the reactor as in the case of the commented project.

The level of the water goes down at the same time, with the performance of the sedimentation and the evacuation of the decanted water.

This stage is finalized when the maximum level is reached.

Stage "n"+2

Elimination of active sludge in excess (NAEx.)

- the mixers are turned on for the homogenisation of the sludge; - the pumping station for active sludge in excess is turned on; - aeration turned off; - decanter turned off at a minimum level. The level is slightly corrected, because the eliminated NAEx. is little, compared to the inoculum level.

Stage "n"+3

Time out and waiting for the treatment cycle to start.

- the reactor is at a maximum level; - the aeration is turned on once in a while in order to keep O₂ at values of 0,1-1 mg/l; - the mixer is turned off; - the decanter is turned off; - elimination of NAEx turned off (Figure 4).

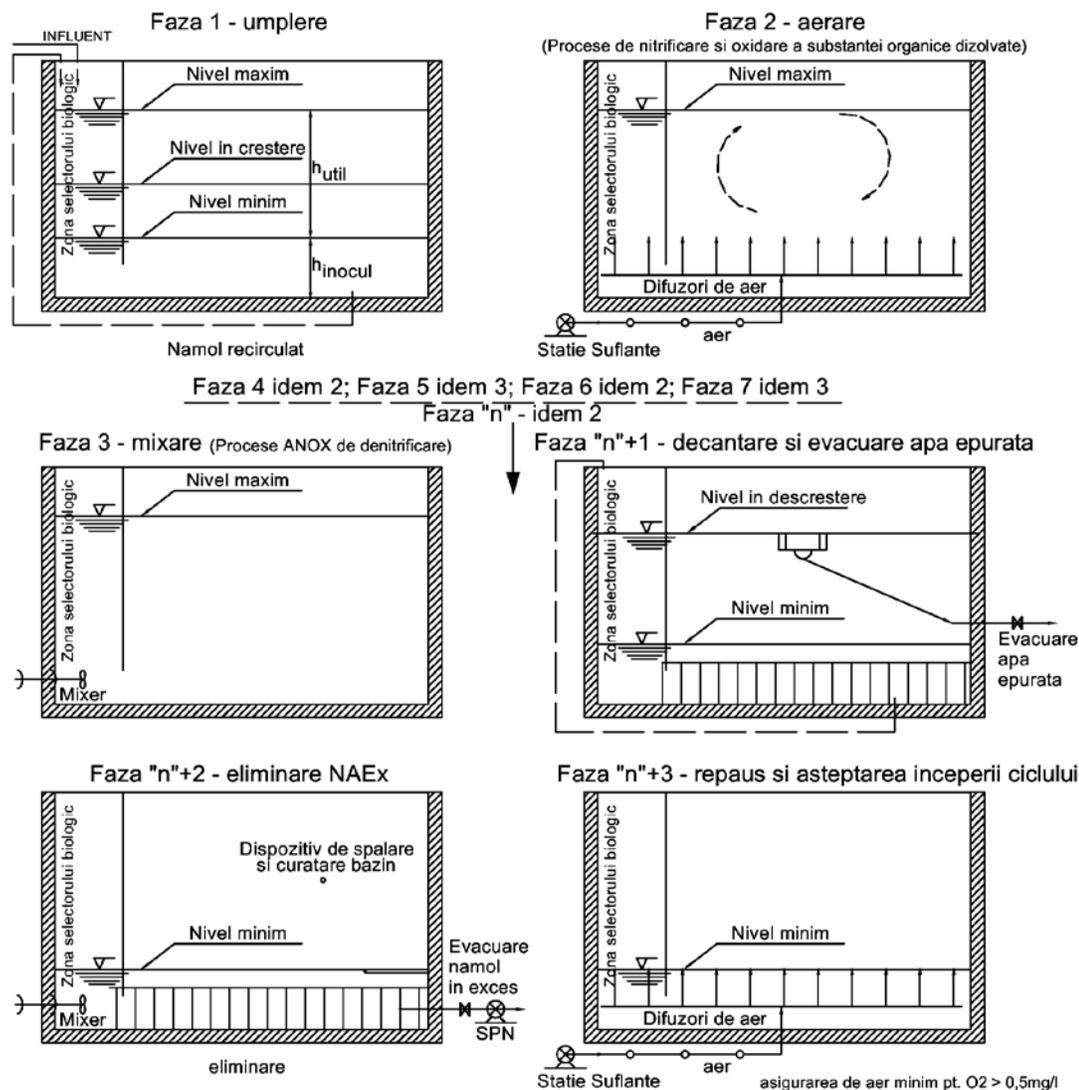


Figure 4. The technological phases of the treatment cycle for the biological reactors

Blast Engine Unit

The building where the blast engine unit related to the biological reactors is a compartment of the technological hall, with sizes of (12,00 x 10,00) m.

In the chamber of the blast engine (Figure 5a and Figure 5b) are located the necessary blasts for the biological reactors:

- Number of active units: 3 pc.
- Number of back-up units: 1 pc.

The blast system and the aeration system allow the usage of the back-up capacity of the blasts at higher charges than the designed capacity of the station. [2, 8, 9]

A number of 3 active blasts and a back-up one were foreseen, with a capacity established according to the process calculation of 6000 Nm³/h. A complete blast plant was installed in order to supply with air the compartments of the biological reactors. A number of 4 blasts, of rotating piston type, are installed in order to supply with air the aired compartments. One of the blasts is in stand-by.



Figure 5a. Blower System

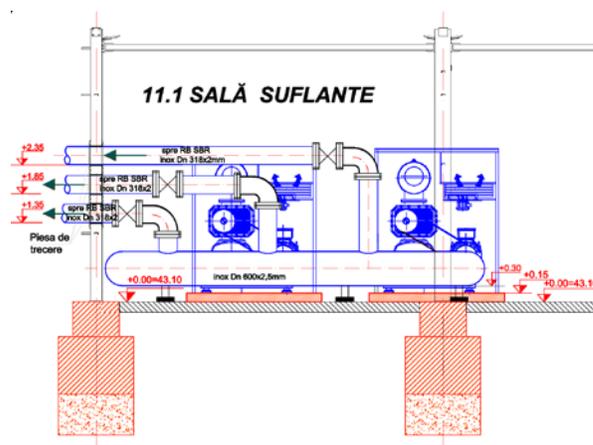


Figure 5b. Blower System-section

Secondary settling tanks

Secondary Settling tanks work as reaction tank, when the water temperature drops under 10 °C. The rest of the time they are empty. Secondary settling tanks (DS1 and DS2) are radial and horizontal type with the diameter $D_i = 35,00\text{m}$ each. Secondary settling tanks work also as compensation volume and Chemical reaction for downstream flow of biological reactor.

3. CONCLUSIONS

The particular advantage of biological treatment S.B.R. is that he has great flexibility to adapt to the flow fluctuations and to variety of pollutant concentration in wastewater, feature of discharges from small amount of people.

Another advantage is the lower cost with 25-40% compared to the systems with active sludge. The sludge production is also much lower and the sludge stabilized can be obtained by discharging the excessive sludge from the primary oversized settling tanks with a smaller volume, due to the thickening.

4. REFERENCES

- [1] Klaus, R., ș.a. - "Epurarea apelor reziduale, exemple de proiectare", Ed. Tehnică, București, 1998;
- [2] Negulescu, M. - "Epurarea apelor uzate orășenești", Ed. Tehnică, București, 1978;
- [3] Robescu, D.,ș.a. - "Tehnici de epurare a apelor uzate", Ed. Tehnică, București, 2011;
- [4] Tobolcea, V., Crețu, V., Tobolcea, C. - "Tratarea apelor uzate-scheme tehnologice", Ed. PIM, Iași, 2010;
- [5] Tobolcea, V., Crețu, V., Tobolcea - "The estimating model of sludge rate production from waste water treatment plant", Kraftwerkstechnisches Kolloquium XXXVI, Technische Universitat Dresden, 2004;
- [6] Tobolcea, V., Crețu, V., Tobolcea C. - "Manual de operare și întreținere a stațiilor de tratare a apelor uzate", Ed. PIM, Iași, 2015;
- [7] Tobolcea, V., Crețu, V., Tobolcea, C. - "Some aspects regarding biological nutrients removal

from wastewater treatment plant”, University Annals of Construction, Univ. Ovidius Constanța, 3 aprilie, 2002., ISSN 12223-7221;

[8] * * * - ”Normativ privind proiectarea, execuția și exploatarea sistemelor de alimentare cu apă și canalizare a localităților”, Indicativ NP 133-2013;

[9] * * * - ”ATV-DVWK-A 131E Dimensioning of single-stage activated sludge plants” - 2000.

TURNING WASTE WATER INTO GREEN ENERGY AND RESOURCES; THE DUTCH GOVERNANCE APPROACH

Marcel de Ruijter* and Johan Remijin

* MSc, Dutch Water Authorities, PO Box 93218, 2509 AE, The Hague, +31 70 3519756, + 31 59 6517491,
E-mail: mruijter@uvw.nl

Abstract

Good water governance is essential to achieve a sustainable society. This paper discusses the Dutch approach to achieve sustainable sewage treatment. In this approach Dutch regional water authorities move ahead by turning their waste water treatment plants into factories for energy and raw materials. This is only possible in good mutual cooperation and good cooperation with external parties. This paper gives interesting examples of water governance instruments to which this cooperation can be established.

Keywords

Water governance, energy efficiency and reuse of waste water.

1. INTRODUCTION

The World Economic Forum ranks water crises, like scarcity, floods and pollution, among the main risks for the global economy in the coming decade. In the Netherlands we are particularly aware of that. We built our system around water governance, to negotiate amongst city dwellers, farmers and environmental interests. And nowadays we are constantly developing new sustainable water solutions to offset the effects of climate change and to tie in with the energy transition.

In the view of the OECD solving today's water problems and coping with those of tomorrow, requires adaptive, agile and resilient institutions at different levels coupled with a clear understanding of capacity of governments to manage the inter-related risks of too much water, too little water and polluted water.

Also in the view of the OECD. The Netherlands Water Governance has an excellent track record and is even a global reference for sustainable water management, due to: robust and adjustable institutions and policy framework, wide acknowledgment for innovative concepts of Integrated Water Resource Management and innovative intergovernmental agreements.

This paper gives in short an overview of water governance and the national and regional policy on sustainable development in The Netherlands. This article will also discuss three innovative instruments in water governance: the collaborative network organization called Energie en Grondstoffenfabriek, regional water authorities as launching customer, and innovative intergovernmental agreements in the field of energy efficiency and the reuse of waste water.

2. WATER GOVERNANCE IN THE NETHERLANDS

The strength of Netherlands water management lays in the fact that it is a public service partly based on legislation and partly based on good mutual consultation and cooperation of strong and professional public authorities with clear responsibilities. Water management in the Netherlands is carried out at all government levels, but it is highly decentralized.

In the Netherlands the tasks and responsibilities with respect to water management are spread across four levels of public Authorities. First of course the European level. The Netherlands is required to integrate European Union legislation into the national system.

The second level is the national level. The most important ministry involved in water management is the Ministry of Infrastructure and the Environment. This ministry develops the national water policy in agreement with other policy areas like spatial planning. The ministry also develops the national legal framework and the national standards on flood protection and environment. The operational tasks on the national water infrastructure are performed by Rijkswaterstaat which is part of the ministry.

The third level is the provincial level. The twelve provinces have, on a distance, the supervision on regional water authorities and municipalities. In addition provinces perform a number of water management duties. Their main water management task is on groundwater management. They develop groundwater plans and are responsible for licensing of large scale groundwater retraction for the purpose of drinking water.

Water companies are responsible for the drinking water production, distribution and supply. They are publicly owned private companies. Municipalities and provinces are their shareholders. On a national level this is regulated in the Drinking Water Act.

The fourth level is the local water management Performed by 388 municipalities and 21 regional water authorities. The municipalities are responsible for the sewage system, storm water collection and the urban groundwater level.

3. REGIONAL WATER AUTHORITIES

The regional water authorities exclusively concentrate on tasks in the field of water management. In this way they are a functional democracy. Regional Water Authorities are the oldest form of democratic government in the Netherlands. The first regional Water Authorities dating back to the 1122.

The regional Water Authorities are responsible for water management on a regional level. This public service includes flood protection, surface water and groundwater management.

Another Important task is waste water treatment. The 340 waste water treatment plants of the regional water authorities are key in this respect. They cover 99% of the sewage treatment, and almost all the urban waste water treatment. In total about 2 billion m³ per year. Also licensing the drainage of wastewater from industries is a task of the regional water authorities.

The success of the regional water authorities managing the water challenges for so long can be attributed to a sound water governance. Water governance is the set of legislation, instruments, knowledge, people and cooperation with stakeholders that together with the infrastructural works, make sure that water is managed in a sustainable and socially accepted way.

Important factors of the sound water governance as performed by the regional water authorities are:

- The regional water authorities draw up own regulations (Keur) to safeguard the correct maintenance and functioning of their water infrastructure and the use of surfacewater.
- The regional Water Authorities levy their own taxes, which cover 95% of their costs.
- They have strong bonds with regional stakeholders: inhabitants, farmers, entrepreneurs and nature organizations.
- They are a functional and direct democracy with own elections.
- The triple-helix approach between the government, education and commerce, where innovative development is stimulated and the Dutch water sector is strengthened.

4. NATIONAL SUSTAINABLE DEVELOPMENT POLICY

Since September 2016, the Netherlands has a national program in the field of circular economy called Rijksbrede programma Circulaire Economy. The purpose of the program is 50% less use of primary raw materials (mineral, fossil, metals) in 2030 and a circular economy in 2050. In this program circular economy is defined as follows:

- An efficient use and reuse of materials
- Use of renewable and sustainably produced raw materials
- Development of sustainable products and production
- Promoting a sustainable consumption

Key priorities in the program are:

- Biomass and food
- Plastics
- manufacturing Industry
- construction
- consumer products

The program is a response to the increasing use of raw materials and the scarcity and environmental pollution that goes with it. The program contributes to the achievement of the 2015 UN Sustainable Development Goals.

The program for a circular economy is an important contribution to national goals in energy conservation and energy transition. In 2013, the national government, the local authorities (including the water boards) and various other organizations have signed the Energy Agreement. Important goals in this agreement are:

- Savings in energy consumption of 1.5% per year.
- An increase in the share of renewable energy from 4% in 2013 to 14% in 2020 and 16% in 2023.

The implementation of the Energy Agreement and the program for a circular economy forms the basis for the Dutch contribution to the agreement at the UN climate conference in Paris in 2015 to limit global warming to a maximum 2 degrees Celsius, 1.5 degree Celsius target.

5. SUSTAINABLE DEVELOPMENT AMBITIONS REGIONAL WATER AUTHORITIES

Regional water authorities are ambitious in the field of developing a sustainable society. As a major investors (1.3 billion per year) and large energy consumers (10 PJ per year), they also have the ability to significantly contribute to a sustainable society. Regional water authorities currently buy almost (98%) only sustainable products. Important ambitions water authorities in respect of sustainability are:

- The recovery of materials from waste water.
- Stimulating the development of sustainable products (cradle to cradle).
- 40% renewable energy by 2020.
- Energy savings of 2% a year.

Every two years monitoring takes place whether the goals are achieved. As shown by the Climate Monitor 2016 regional water authorities have saved 4.7% per year of energy in the period from 2009 to 2015 and in 2016 30% of their energy consumption was met by own generated renewable energy (biogas, windmills, solar panels).

To achieve these goals, the regional water authorities are following three tracks:

1. Long-term cooperation and knowledge.
2. Customizing their own by laws (Keur) and the use of powers.
3. Sustainable investment.

In this respect first track is the most challenging. Regional water authorities use three governance instruments in order to shape cooperation and achieve their goals.

1. Cooperation within the Energie en Grondstoffenfabriek
2. Regional water authorities as launching customers
3. Administrative agreements with the National Government

6. INSTRUMENT 1. ENERGIE EN GRONDSTOFFENFABRIEK

The Energie en Grondstoffenfabriek has in fact two meanings:

1. A waste water treatment plant that recovers energy and raw materials in addition to the purification of waste water

2. An informal network of 21 water authorities with the aim of winning, processing and marketing of energy and raw materials from waste water.

Within the Energie- en Grondstoffenfabriek 80 regional water authorities employees are active. The annual budget is 700,000 euros and is paid by the regional water authorities.

An important feature of the Energie- en Grondstoffenfabriek is the broad cooperation. It is not only about cooperation between the regional water authorities but also about cooperation with many external parties. This is logical because the target extends beyond the recovery of energy and raw materials by water authorities themselves. For the processing and marketing cooperation with companies is needed. Research and development needs also cooperation with many research institutes, especially the Foundation for Applied Water Research STOWA.

Another important feature is that the cooperation is far-reaching. From research and development to the practical application of new developments. Here there is much attention to the dissemination of knowledge. Not only among themselves but also through education.

The Energie- en Grondstoffenfabriek could arise from the progressive HR policy of regional water authorities where professionals are given the space to develop new initiatives.

The Energie- en Grondstoffenfabriek works on the extraction, enhancement and marketing of the following products.

1. Alginate is a valuable commodity with some unique features. It can hold water but also repel. Paper and cardboard can be made water resistant with alginate but alginate gives also concrete a longer live through better curing. Alginate is extracted so far from seaweed. Based on a long-term research is the ambition to build alginate extraction plants. Expected to start in 2017 is the construction of a plant in Zutphen. In the production of alginate use has been made of the space- and energy saving Nereda® patented technology.

2. Bioplastics/PolyHydroxyAlkinaat (PHA) is a completely biodegradable plastic on the basis of sewage sludge. Bioplastics can be used as a replacement for a variety of plastic products such as packaging material. In a pilot project in the waste water treatment plant in Bath the first PHA ever from sewage sludge was produced in 2015.

3. Phosphate is one of the raw materials that is becoming scarce. It is expected that the natural resources in China, the US and Morocco are exhausted within 70 to 100 years. Regional water authorities gain at this time at various locations phosphate back in the form of struvite. Phosphate recovery also reduces the maintenance on pipes and pumps. Struvite is used as a raw material for fertilizers. One problem is that legally phosphate is still seen as a waste.

4. Cellulose: In our wastewater is much toilet paper. New techniques can screen this toilet paper from wastewater. This purifier is relieved and it increases the capacity of the waste water treatment plant. The toilet paper-derived cellulose is used by regionale water authorities to dewater sludge in an environmentally friendly way. Regional water authorities together with companies search market for commercial applications of the cellulose as insulation for buildings and material for furniture.

5. Energy: 85% of the energy consumption of the regional water authorities is in waste water treatment. A smart combination of resistant and new technologies allows energy (natural gas /

biogas) gains from wastewater. Energy that regional water authorities can use to provide waste water treatment plants or energy to deliver to citizens and businesses. In theory sewage consists eight times more energy than is needed to purify the water. The opening of a sludge treatment plant in Zwolle is expected in 2018. This installation will produce more energy than is needed for the processing. At this moment the fact that regional water authorities aren't legally an energy supplier represents a marketing obstacle.

Below a very rough indication of the maximum volumes of each raw material to reclaim from the 340 waste water treatment plants owned by the 21 regional water authorities:

1. Alginate; 70,000 tons per year
2. Bioplastics; 70,000 tons per year
3. Phosphate; 14,000 tons per year
4. Cellulose; 180, 000 tons per year
5. Energy (biogas); 68 PJ annually

In addition to this rough indication its inter-relationships are not taken into account. If there are for instance several raw materials gained the indications on other materials of energy could be lower. This requires sharp choices in the yielding of the different raw materials.

Yielding all these products not only is helping water authorities in their contribution to a sustainable society but the purification of waste water may also take place in a much more efficient way. This by saving on energy and maintenance costs, and by selling the commodities.

7. INSTRUMENT 2. REGIONAL WATER AUTHORITIES AS LAUNCHING CUSTOMERS

Besides the (joint) development of new methods and techniques regional water authorities become also in other ways launching customers. It is even so that about 5 to 10% of the 1.3 billion investment of the annual budget of regional water authorities can be connected to the role of launching customer. If water authorities fulfill the role of launching customer one can speak of one or more of the following aspects:

1. Water Boards as users of principal innovations that are applicable elsewhere.
2. Water Boards propose sites and resources available to companies and research institutions to experiment with.
3. Water Authorities procure in an innovative manner.

The Wastewater Treatment Plant Leeuwarden is an example of aspect 2. The regional water authority has set up a separate location for companies and research institutes to post their test systems. All common existing flow (influent, effluent, activated sludge, digested sludge, contaminated air) are provided via separate connections.

8. INSTRUMENT 3. INNOVATIVE ADMINISTRATIVE AGREEMENTS

To fully utilize all the benefits of the recovery of raw materials and energy from waste water requires a long process. It is basically a paradigm shift on sewage. Like in the old days when household waste was collected to serve as fertilizer for agriculture and it was seen as a valuable commodity.

To make this transition into being alongside technological also economic, socio-cultural and legal changes are required. For this cooperation with the national authorities is essential for the regional water authorities. Especially by the elimination of national and European regulatory barriers to the use of raw materials, the national government can help regional water authorities to achieve their goals.

On the other hand it is true that the objectives of the regional water authorities in the field of circular economy and achieve energy contribute significantly to the objectives of the national government. By exchanging knowledge both regional water authorities and the national government promote innovation.

An important tool for this cooperation are the so-called administrative agreements. These are not legally binding but do provide a clear guidance on the necessary cooperation between the national government and the regional water authorities. Recently, the following management agreements have been concluded:

- Green Deal Raw Materials 2014
- Green Deal Energy 2016

In practice, such a low threshold governance arrangements appear to work well. A good example is The administrative agreement on water in 2011, between the national government and the other governmental layers, Water management in the Netherlands has really been improved by this agreement.

An important condition for the success of such agreements is that they are concluded between professional, independent institutions who trust each other and actually a common ambition. As the OECD in 2014, firmly stated that is the case in the Netherlands.

9. CASE. INNOVATIVE ADMINISTRATIVE AGREEMENT ON A REGIONAL LEVEL

To create a more effective water management in the water chain the National government together with the municipalities, Dutch Water Authorities and drinking water companies signed the Administrative agreement water chain 2011.

This National agreement has led to the realization of four working groups in the region of regional water authority Rijnland. One of these groups is the Leiden region. Started in 2012 the municipalities of Leiden, Zoeterwoude, Leiderdorp, Oegstgeest, Voorschoten worked together with regional water authority Rijnland. In 2016, this cooperation expanded with the participation of the municipality of Wassenaar and drinking water company Dunea. There are three similar working groups.



4 working groups water chain Rijland

In an regional agreement signed in 2016 the following was agreed:

- to continue the existing cooperation in the water chain with the ambition to achieve "profit" in the water chain to all residents and businesses in our municipalities, management and care areas;
- through cooperation or otherwise the vulnerability of the individual parties in the water chain to reduce further and work towards a sustainable water chain.

This agreement has resulted to the following objectives:

1. Sustainable water chain

A contribution to the sustainability of the society as a whole. Sustainable use of water is encouraged, lowering the consumption of raw materials and energy required in collection, transport and cleaning of waste water and producing and distributing drinking water. Therefore at an early stage investments in innovative approaches, methods, techniques and research is needed. Also the integration with the ground and surface water system is a target.

Thinking outside the existing frameworks is needed to find solutions to the problems of today and the "future challenges" such as cost savings, climate adaptation, heat stress and the approach of "new substances".

A sustainable water chain could be achieved by the connection with other tasks, outside the water chain, such as heat transfer to municipal networks, cooperation in disposal of green waste, biogas etc. Also, commitment of the inhabitants of our region is needed.

2. Qualitative water 'profit' for all residents and businesses

The quality of service and the reliability of the water chain must stay at the same high current level. The financial savings in the water chain must not have a negative impact on the quality of

these services and security. Comparative monitoring on a national scale to the performance and service of all parties in the water chain is carried out.

3. Capacity building

The scale of parties varies widely and with it the vulnerability in the field of human capacity, knowledge, possibilities for technical development and degree of dependency on external parties. All participants recognize that vulnerability in the water chain in parts of the various care areas is already a problem, or can be. Parties support each other on issues in the field of knowledge, personnel, implementation of work and technological developments.

4. Costs of the water chain

In the year 2020 by the cooperation in the region of regional water authority Rijnland a joint result of structural €33 million to the expected expenditure is possible. This means a potential saving of €8 million for the joint municipalities on the sewer management, €8 million for regional water authority Rijnland on the purification of the waste water and through coordination and cooperation a further €8 million. The saving potential for the drinking water companies amounts €9 million.

10. CONCLUSIONS

The three innovative governance instruments, as described in this paper, have proved their worth in the Dutch situation. Regional water authorities are on track in terms of achieving their objectives in the field of energy efficiency.

An interesting next step would be to see, whether these instruments are also be applicable in other countries. After all these tools are based on water governance in the Dutch situation based on good mutual consultation and cooperation of strong and professional public authorities with clear responsibilities.

Given the trial in the Netherlands, this requires a long-term program that must overcome many obstacles. Given the possible end result, this is definitely worth trying. In this respect factors of succes are:

- Dedicated frontrunners.
- A strong facilitating government.
- One joint ambition.
- Focus on market and business cases.
- Willingness to invest in a joint process.

Regional water authorities under the name of Dutch Water Authorities are eager to share their knowledge with other governments and to learn from other governments. Many of the innovations that they now apply in their waste water treatment plants originating from abroad. The accelerated climate change makes cooperation a necessity. Not only between the water authorities and between Dutch parties, but between the entire Dutch water sector and foreign parties.

10. REFERENCES

- [1] OECDpublishing OECD Studies on Water, Water Governance in the Netherlands Fit for the Future? 2014;
- [2] Herman Havekes (amongst others) Water Governance The Dutch Water Authority Model, 2015;
- [3] Dutch Water Authotities; Results Climate Monitor Regional Water Authorities, 2016;
- [4] Energie and Gondstoffenfabriek, Annual Report 2015;
- [5] C - 174 Green Deal Raw Materials Regional Water Authorities - National Government 2014;
- [6] C - 195 Green Deal Energy Regional Water Authorities - National Government, 2016.

OPTIMIZATION THROUGH REHABILITATION FOR WATER DISTRIBUTION NETWORKS

Alexandru Mănescu* and Brîndușa Mănescu**

* PhD. prof., Technical University of Civil Engineering, Bucharest, Romania,
E-mail: *manescu88@gmail.com*

** Ph D, eng. AECOM, Brisbane, Australia,
E-mail: *brindusa88@yahoo.co.uk*

Abstract

The latest report on the operation of water supply systems in Romania, prepared by the Romanian Water Association (RWA), shows that an estimated 64% of Romania's population is supplied with water and approximately 50% of the water supplied is lost due to deficient systems.

The paper presents the advantages of rehabilitation / refurbishment of the old distribution networks that are estimated to have an approximate total length of 22,000 km.

Through a simple numerical example it is shown that significant savings of water and energy can be achieved (up to 70%).

As such, after a detailed analysis of each network, an appropriate investment program should be developed.

Keywords

Network rehabilitation, leakage, trenchless pipe rehabilitation.

1. WHY IS THE REHABILITATION OF THE WATER DISTRIBUTION NETWORK NEEDED?

The distribution network is the most developed object of the potable water supply system ensuring the sustainable development of residents' life. Also, it is one of the most important parts of the infrastructure facilities.

The network has to ensure a minimal amount of water of a certain guaranteed quality and deliver it safely and continuously.

The distribution network has the following characteristics: great length (2 - 10 m per inhabitant), historic development (the oldest networks are 120 years old and continue to age), is made of different materials (available in the historical period in which it was created), always works under pressure (2-6 bars), is located under the carriageway (within the public space) and therefore it is subject to large and variable traffic loads.

The pipes and fittings are old (rust affected their structure, the joints have deteriorated) and as a result, the water quality is deteriorated which in turn affects the inside lining of the pipe, resulting in an increased roughness, increased transport energy and reinforcements (valves, fire hydrants) failure.

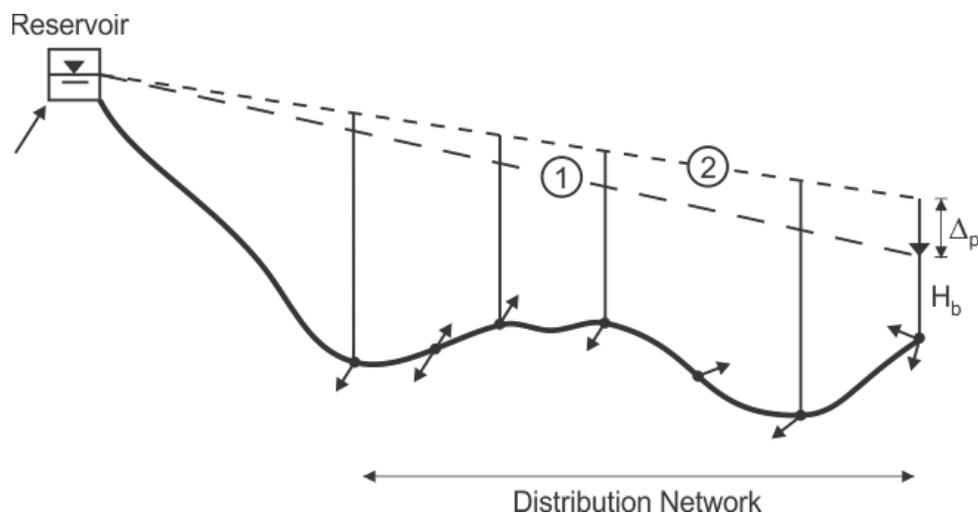


Figure 1. General scheme of the distribution network operation: 1- piezometric line for the new network; 2 - current piezometric line for the old network

The quality of the execution and operation is impacted by several factors, such as the fact that the amount of lost water increases with time, which creates collateral damage for the other network elements, traffic and/or other utilities. This water must be paid and it becomes troublesome for the consumers that have to pay eventually. Also, the good quality water resources can be overloaded or the efforts to produce enough drinking water have to rise. The pumping energy increases because a larger quantity of water is being pumped through the network. During maintenance (emptying the pipes, cleaning, repairs, disinfection, etc.) water is lost. In the same time, unsanitary water could infiltrate in the network pipes and compromise the potable water quality. The operation costs increase, due to the increasing number of repairs needed, which cost will be reflected in the consumer's bill, leaving the consumer dissatisfied with the water quality, quantity, price, service overall and / or availability of potable water. The maintenance personnel may become disgruntled, due to the increase in frequency of repairs.

In the last 20 years, a new phenomenon appeared in relatively old networks in urban areas; specific consumption was reduced by 2-3 times (sometimes more) because: water metering has been introduced (i.e. better control over water usage and massive reduction in wasted water), reduced consumption of water used in industry (using the amount of money saved, a distribution network was created with a capacity to cover the water needs for the entire city, with a few rare exceptions), raised tariff and pumping energy cost.

The consequence was that the same structure of pipelines carried less water, thus consumed less energy and therefore increased the pressure on the network; the amount of water lost from the network has increased due to the increased pressure in the pipes (main factor that "pushes water" out of the network pipes) and the existing "holes" through which water flowed remained the same or increased; the same network had a reduced performance (a greater amount of water lost was related to an amount of water actually used that was several times lower). When the water was pumped into the network, it was possible to adjust the inlet pressure through a pump swap when the network was supplied with water from a tank (common solution as efficient pumps began to be introduced only in the last 20 years). Therefore, nowadays there are localities with 30-50% water loss (cumulative in all forms – physical and apparent loss). The latest report RWA 2015 /1/ shows that the average water loss is about 50% (half of the water that enters the system does not

reach the consumer and therefore it is not paid). As the operator has no way of paying for the lost water, the cost is transferred one way or another to the consumer.

Considering the fact that the town develops in accordance with a zoning plan, which can change it over time, it means that restoring the distribution network is an operation that should be done regularly by operations, such as: replacing old pipes, changing the network's structure bars, due to the changing of the consumer's distribution on the town's surface (intensity of consumption, service pressure, operational safety, etc.), increasing the standards of water quality delivered to the consumer (quality conditions of Drinking Water Law no. 458/2002 and amendments), increasing the standards for the water service insurance, etc. In short, there is a need for a continuous development and regeneration of the network. This development can go up to entire network replacement which is a complicated and expensive process.

2. CURRENT ASSESSMENT OF THE NECESSARY NETWORK REHABILITATION

In 1989 around 27% of the population was supplied with water from the network, while the distributed water quality was in accordance with the 1342 standard. A great part of the inhabitants lived in cities. In 2015 approximately 64% of the residents from towns and villages were supplied with water /1/ and the demand for more quality water distribution was increasing. The length of the distribution network was around 77000 km in length in 2015, with a population density of 100-250 per / km (or otherwise 10-4 m / inhabitant). It can be appreciated that about 1/3 of the length of the distribution network needs rehabilitation, around 22000 km network /2/. This is an impressive work in volume and complexity, which requires investment funds (a suitable program could be considered), appropriate technologies (we have in the country technologies for trenchless pipelines /3/), suitable materials (because new pipelines diameters are generally small - under 600 mm - plastic tubes with a lifetime of approximately 50 years could be used as they are easier to put in place; another choice could be ductile cast iron tubes which may be expensive, but have an estimated lifespan of 100 years).

It is worth mentioning that, rehabilitation of the distribution network will continue for the entire period while the water supply system is in operation. Therefore, it is better, if the adopted solution has continuity.

3. HOW TO ADDRESS REHABILITATION

Amongst the first things to be decided is whether the network will be rehabilitated or refurbished. This depends on the overall condition of the pipes in the network, the space of spatial network development, location of water resources in the area, the ease of operation of the system, the cost of water, local authority's or operator's financial resources, knowledge advancement in the field.

During the years, some networks have been partially rehabilitated through dedicated programs, such as MUDP, SAMTID, etc. For example, in Mioveni town the network was entirely rehabilitated, resulting in the reduction of the water loss to approximately 10%.

The solution to be adopted will depend on the balance of cost-benefit values (new investment, lowering the cost of repairs, water loss reduction, decreasing of consumption / energy cost, demanding consumers, etc).

Each network operator should follow a methodology that shall include:

- a hydraulic model of the distribution network, based on GIS; the model has to be calibrated based on network flow and pressure measurements; such model allows the simulation of a large number of solutions; the functional safety should also be considered;
- an annual balance sheet that will be used to correctly determine the real water loss value; water loss control strategy is being compiled and will continue to develop;
- an accurate estimate of the volume and cost of necessary network repairs;
- a truthful analysis of consumers satisfaction regarding the quality of the water distribution service;
- a city development plan for at least the next 30-50 years;
- water management plan solution integration for the entire hydrographic basin, as well as the master plan of the area.

By analyzing these elements, it can be inferred, if it is rational to repair the distribution network (according to the results of the control strategy of water loss), replace local pipelines, rehabilitate the entire network, while keeping existing structure (total pipeline replacement on the same network frame), rehabilitation / refurbishment of the network (total or partial transformation) in the distribution network with districts, repair / transform the pressure zones, etc.

4. ESTIMATING THE DISTRIBUTION NETWORK EFFICIENCY AFTER REHABILITATION

As with any engineering problem, the technical solution must be accompanied by a suitable amount of money. It has to be demonstrated that one of the solutions brings the greatest benefits for the system and therefore it is preferred. This can be accomplished by using the key performance indicators: water cost (lei/m³), specific energy consumption (kWh/m³), non-revenue water (NRW), ILI indicator, ease of execution, social costs, water savings, etc. Defining these indicators shown in the publications /3/ and /5/ are listed in the reference section at the end of this paper.

5. CASE STUDY

To demonstrate some of the mentioned ideas, the case of an old network in need of rehabilitation is presented. The 40 year old network was calibrated using an old standard (significant flow consumption), is made of steel pipes, and it has an estimated water leakage of 40%. The example is given on an artificial network and the results are only qualitative.

Basic information: the city has 50,000 inhabitants, there is only one water supply source, the terrain is flat (general elevation is assumed to be zero for an easy pressure monitoring), the city has a surface of approximately 250 hectares, most buildings are two-storeyed block of flats type with two building entries, the network length is 150 km, the specific flow consumption is

presenting a dimensioning loss of 450 l/person*day (adopted as maximum hourly flow rate), the specific consumption (after rehabilitation) is 130 l/person*day (as shown in figure 2).

The pipe diameter from the main network branch is considered the same for the entire network, the minimum branch pressure is 22.5 m, the water is pumped through a unique pumping station and the network is capable of supplying the required firefighting water pressure flow.

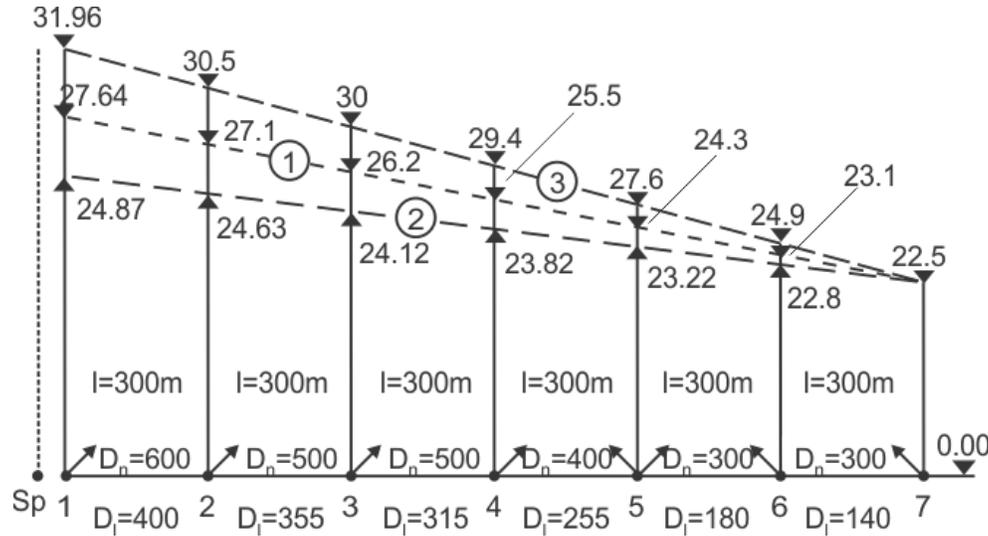


Figure 2. The distribution network structure with pizometric elevations in three analyzed scenarios 1-old network operating at current rates; 2-old network operating at a low flow but with old water losses; 3-rehabilitated network operating at current flow rates with reduced water losses

Network analysis: the distribution network was calibrated for a baseline flow (a linear flow distribution in the network was considered), the diameter size and the pressure within the visible nodes in the schema were determined (1); the old pipe roughness was increased compared to the new pipe ($K = 74$ instead of $K = 83$).

It is noted that the amount of water required is visibly reduced and the network operation was tested in the case of an old network (which included the existing cracks in the pipes), old value of water loss and current flow (2).

The network is rehabilitated (in the simplest version of rehabilitation which consists of replacing all pipes within the network, but keeping the network shape and structure), using current water flow and the network pressure is recalculated (3).

The calculation parameters are detailed in table 1 and the performance indicators in table 2. The necessary investment was estimated using the official cost indicators /4/.

Table 1. Pipeline dimensioning parameters

Type	Case 1	Case 2	Case 3
Water flow, l/s (m ³ /day)	260.4 (22,500)	179 (15,465)	75 (6,480)
Pumping height, m	27.64	24.85	31.96
Pumping power, kW	103	56.4	31.96
Daily energy consumption, kWh/day	2,472	1,344	720

Table 2. Performance indicators

Type	Case 1	Case 2	Case 3
Amount of water saved, m ³ /day (%)	0	7,035 (31%)	16,020 (71%)
Amount of energy saved, kWh/day (%)	0	1,128 (46%)	1,752 (71%)
Annual energy cost, mil. lei/year	8.66	4.71	2.52
Investment cost, lei/year; 30 years investment return	0	not calculated	220,000
Saved water cost (4 lei/m ³), mil. lei	-	not calculated	23.40
Recovered energy cost, (0,4 lei/kWh), lei/year	-	not calculated	255,800

6. CONCLUSIONS

- The amount of water lost from the water supply systems of many localities in Romania is still high. The distribution network is by far the network object that loses the most water.
- Water loss is always accompanied by energy loss, in this case of up to 60-70%.
- Rehabilitation/upgrading the old network, estimated at about 22,000 km, is a task that should be constantly be kept in mind.
- Due to the completion of several national programs, nowadays the distribution system operators have means of controlling the flow and pressure, have services in place to control the water loss, they have functional GIS tools, a model for design and verification of the network, programs to estimate the performance indicators and qualified personnel. As a result, the water network behavior can be analyzed in due time.
- Through a simplified numerical example it is demonstrated that the network rehabilitation can lead to a significant reduction of water loss and energy.
- The recently formulated conclusion is confirmed through a EU document as: „*water loss is the most important water management quality indicator within a water supply system*”.

7. REFERENCES

- [1] *Felix Stroe*, Report on the water supply service and sewerage systems status in 2015; ARA Bucharest, November 2016;
- [2] *GP 127-2014*-Guidelines regarding the pipeline rehabilitation for water transport (raw, cleaned, used, treated, etc); MDRAP/ Bucharest, 2014;
- [3] *Manescu Alexandru* - Water loss control for the water supply system components manual; Ed ESTFALIA, Bucharest, 2013;
- [4] *HG 363/14* updated in April 2010, regarding the investment approval cost standards for the objects financed from public funds;
- [5] AWWA –M35, Water Audit and Loss Control Programs, 2009.

HOW CAN PRESSURE MANAGEMENT HELP REDUCE OPERATIONAL COSTS?

Iulia Mihai*, Călin Neamțu** and Allan Lambert***

* M.Eng., Cefain Construct SRL, B-dul Lacul Tei nr. 1–3, sector 2, Bucuresti, România (E-mail: office@cefain.ro), România, E-mail: iulia.mihai@cefain.ro

** Eng., Compania de Apă Someș SA, Bd. 21 Decembrie 1989, nr. 79, Cluj-Napoca, Jud. Cluj, România, E-mail: calin.neamtu@casomes.ro

*** Eng., Water Loss Research & Analysis Ltd, UK, E-mail: wlranda@live.co.uk

Abstract

One of the reduction methods of water losses and operating costs, taking into account other benefits, is the management of the pressures in water supply systems. The efficiency of this method is demonstrated by the high scale application at international level, among water operators and by the demonstrated results during the last years. This paper presents the benefits of pressure management for implementation in Romania by water operators.

Keywords

Pressure control, O&M costs reduction, losses.

1. INTRODUCTION

During the last years, the public awareness towards environmental protection and natural resources savings is in a permanent increase. As the water is the main condition of the life existence, the water sector plays an important role in this process. Raising the sustainability of the water operators is essential for meeting the demands of potable water, in a safe environment and optimum social and economic conditions.

2. PRESSURE MANAGEMENT IN WATER SYSTEMS

One of the main goals of the water operators is the reduction of the operational costs endured in the process of safe supply of water for all customers' satisfaction.

It is already very common while thinking about the operational costs in water systems to consider the costs for labor, utilities, chemicals, filters, supplies, transport, maintenance and minor repairs, private contractors, water procurement cost.

There is a large preoccupation about the energy saving for water extraction, treatment and pumping and the R&D of the specialized industrial sector is continuously progressing and achieving greater efficiency equipment.

During the last decades, the specialists became aware of the importance of Non-Revenue Water (NRW) reduction for economic, social and environmental benefits. In 1999, International Water Association (IWA) was founded, having now members and staff from 130 countries working together for best practices of water management worldwide. From 2003, the IWA Water Loss Task Force was established, gathering key experts in operation of water systems, focusing on six action directions, including the Management and Control of Pressure.

Nowadays, it is already known that, there is a link between the operating pressure in a system and the real losses, as only a small increase of pressure can lead to important leakages and occurrence of new defects. Also, the pressure sudden changes in pump start – stop, or valve operation, can accelerate the system fatigue, with results in leak increase.

However, the pressure management in the operation of the water systems is still a delicate subject and there are still important steps to be achieved in many utilities. The scope of this paper is to present the benefits of pressure management and not only for NRW reduction, but also for all operational costs reduction, as operating the systems on a lower pressure means less leakage, decreasing the system input volume.

A smaller system input volume attracts the reduction of all operational costs for water supply:

- Raw water procurement;
- Energy consumption for extraction, treatment, distribution of water;
- Chemicals used in water treatment;
- Sludge management.

In Romania, where the Regional Operators are in charge of both water and waste water systems, the reduction of system input volume and leakages is decreasing also the operational costs of waste water collection and treatment systems by decreasing the risk of infiltration in the sewers.

3. CASE STUDY – WATER COMPANY “SOMEȘ” S.A., ROMÂNIA. PRESSURE MANAGEMENT RESULTS IN OPERATIONAL COST REDUCTION

Water Company “Someș” S.A. (CASSA) is one of the largest operators of water and waste water systems in Romania, serving the population of 8 cities and 204 localities in Cluj and Sălaj counties.

The company is supplying water to a population of over half million, having about 107.000 service connections and 3.200 km of distribution pipes.

Investment programs with a total value exceeding 300 mills. Euros were implemented in the last years for rehabilitation and extension of the existing systems of water and waste water. The programs had a high impact for reducing NRW, addressing both physical losses by systems rehabilitation and apparent losses by implementing proper strategies and good practices.

CASSA developed and is implementing short, medium and long term strategy for reducing the water losses, with clear monitoring indicators, terms, responsibilities and budgets.

4. MANAGING BURST FREQUENCIES BY PRESSURE MANAGEMENT

Repair Frequencies in CASSA are reported as a total (mains and services) per km of mains, with around 4100 per year (1.25 per km/year) in 2016, excluding small leaks at customer meters. Assuming a 40%:60% split between mains and services, with 3280 km mains and 107,300 connections:

- average mains burst frequency is $1640/3280 = 0.5$ per km/year, or around 4 times the frequency of 13 per 100 km/year used in the UARL equation;
- average service connection repair frequency is $2460/107300 = 23$ per 1000 services/year, or more than 7 times the frequency of 3 per 1000 services/year used in the UARL equation.

The two sets of figures need to be separated for more detailed analysis, but it's clear that burst and repair frequencies can be classified as 'Very High'.

Average pressure for the whole of the CASSA systems is around 40 meters, varying from 30 to 60 meters in different sub-systems.

The proven benefits of pressure management in distribution systems have now moved beyond basic control of leak flow rates, as initially researched in the UK and Japan thirty five years ago. Pressure management is now seen as having an increasingly wide range of benefits for reducing leakage, reducing operational costs and extending asset life. Table 1 is a format first used by Lambert for WSAA (2011), with an ‘energy’ component recently added (Fantozzi et al, 2013).

Table 1: Benefits of Pressure Management

PRESSURE MANAGEMENT: REDUCTION OF EXCESS AVERAGE AND MAXIMUM PRESSURES								
CONSERVATION BENEFITS			WATER UTILITY BENEFITS				CUSTOMER BENEFITS	
REDUCED FLOW RATES			REDUCED FREQUENCY OF BURSTS AND LEAKS					
REDUCED EXCESS OR UNWANTED CONSUMPTION	REDUCED FLOW RATES OF LEAKS AND BURSTS	REDUCED AND MORE EFFICIENT USE OF ENERGY	REDUCED REPAIR AND REINSTATEMENT COSTS, MAINS & SERVICES	REDUCED LIABILITY COSTS AND REDUCED BAD PUBLICITY	DEFERRED RENEWALS AND EXTENDED ASSET LIFE	REDUCED COST OF ACTIVE LEAKAGE CONTROL	FEWER CUSTOMER COMPLAINTS	FEWER PROBLEMS ON CUSTOMER PLUMBING & APPLIANCES

The following Sections provide a brief overview of practical concepts, now available and used internationally, for predicting the conservation benefits of pressure management for reducing leak flow rates and burst frequency on mains, and service connections. These reductions then produce further water utility benefits and customer benefits.

a) Influence of Pressure on Leak Flow Rates using FAVAD and N1 concepts

The FAVAD concept (May, 1994) states that leak flow arises from both:

- Fixed Area leakage paths, where the leak area is fixed and the velocity varies with the square root of pressure;
- Variable Area leakage paths, where the velocity varies with the square root of pressure, and the area also increases (linearly) pressure).

The N1 Power Law is a widely used practical approximation, which assumes that leak flow rate within a distribution Zone varies with average pressure P_{av}^{N1} ($0.5 \leq N1 \leq 1.5$). Both FAVAD and N1 are widely used internationally in distribution systems and in laboratory tests on pipe samples, as a logical conceptual basis to explain, analyze and predict diverse relationships between average pressure and leak flow rates.

Recent collaborative research by van Zyl and Lambert (van Zyl et al, in press) will soon be available to provide new insights into both theoretical and practical applications of these concepts. A basic outline of the concepts is available at <http://www.leakssuite.com/concepts/favad/>.

b) Influence of Pressure on Burst Frequency

UK studies in DMAs by May (1994) and Welsh Water (Lambert and Morrison, 1995) had suggested that mains burst frequency might vary with P cubed, where P is the average system pressure. However, there were few other studies to support this, until members of the IWA Water Loss Task Force’s Pressure Management team began to identify some international case studies

where mains and service burst frequency had been substantially reduced following pressure management. Several of these case studies produced remarkable results, for example from the Australian Gold Coast (Fig. 1), where maximum pressure was reduced from 72 to 50 metres, causing an immediate 73% reduction in mains bursts and 60% reduction in service leaks.

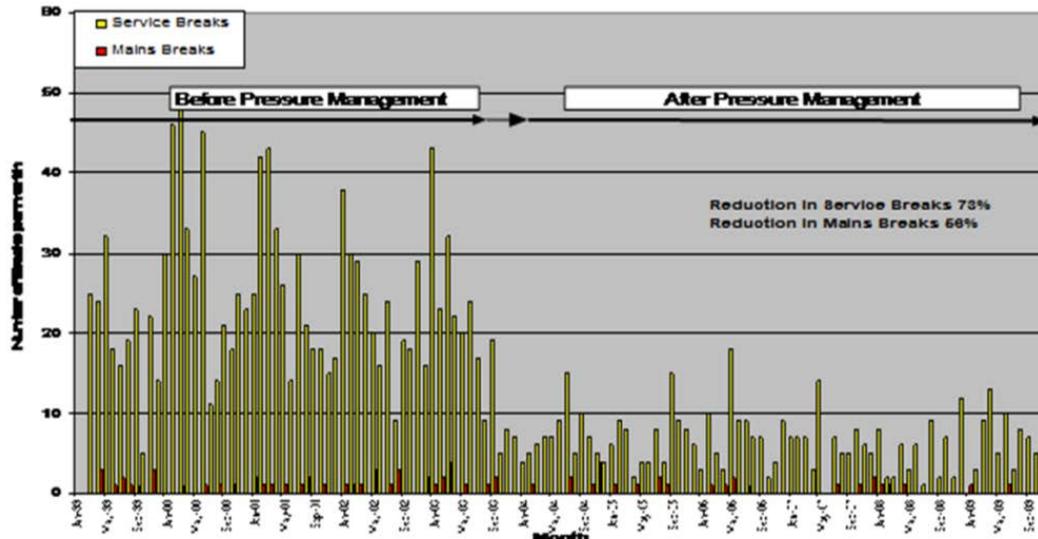


Figure 1. Gold Coast, Burleigh Heads Pilot Scheme: Gravity System, 3300 services

WLTf members Pearson et al (2005) then presented 50 sets of data from Case Studies in Australia, Brazil, Italy, and the UK, which showed that pressure management had produced significant reductions in the mains and service repair frequencies of many DMAs. Thornton and Lambert (2006, 2007) then demonstrated beyond doubt that, reduction of excess pressure could have a substantial influence on reducing bursts, by publishing a summary of data from 112 case studies in 11 countries, in which (on average) the % reduction in burst frequency was 1.4 times the % reduction in average pressure for mains, and also for services (Figures 2a and 2b).

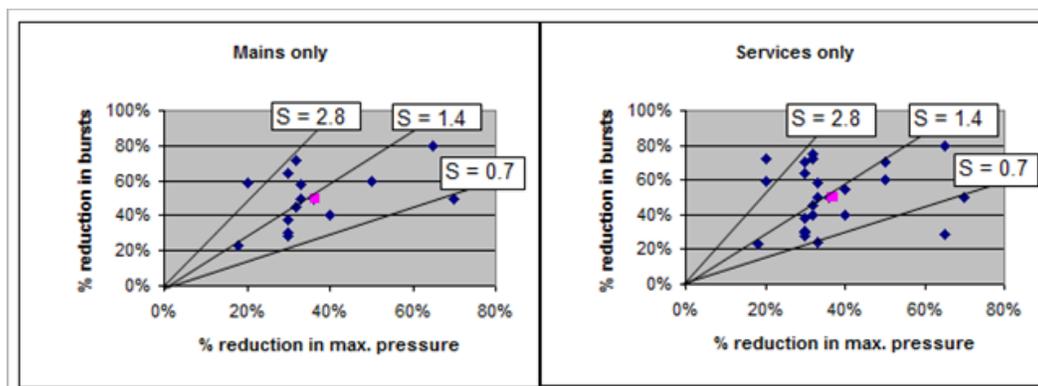


Figure 2a and 2b. % reduction in burst frequency vs % reduction in maximum pressure

A simplified concept (the straw that breaks the camel's back) was used to provide an approximate visual explanation of the variability of results between different Zones, and between reductions in mains and services repairs frequency in the same zone. In Figure 3, suppose that a

zone within a distribution system has a relatively low failure rate, until some particular pressure is exceeded, when failure rate increases rapidly for small increases in pressure. Over a period of years, and also seasonally, the interface can move to the left, due to a combination of influences (age, corrosion, ground movement, low temperatures, traffic movement etc).

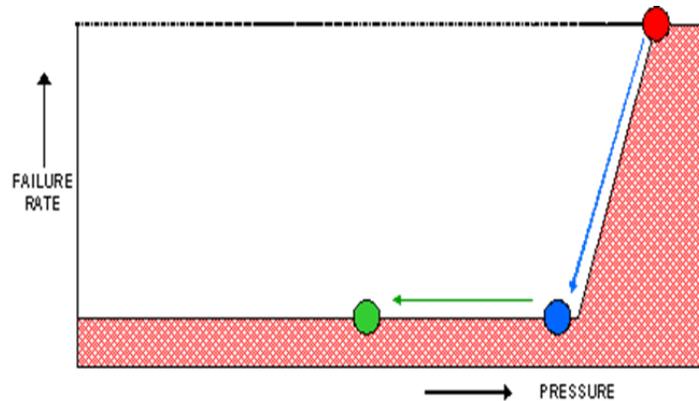


Figure 3. Qualitative identification of burst reduction opportunities

The burst frequencies for mains, and for services, in the IWA formula for Unavoidable Annual Real Losses can be used to represent the low failure rate (horizontal part of the graph). The Burst Frequency Index (BFI) is the ratio of actual burst frequency in the Zone to UARL burst frequencies.

If the BFI, before pressure management, is low (blue circle), the initial failure rate is close to the ‘low’ failure rate, and the % reduction in bursts will be small or zero (blue circle to green circle); however, the residual infrastructure life will be extended. If the BFI and initial failure rate are ‘high’ (red circle), a large % reduction in burst frequency may be achieved for quite a small reduction in maximum pressure (red circle to blue circle).

By calculating a Burst Frequency Index for mains, and a separate Burst Frequency Index for Utility-owned service connections, it is possible to quickly identify qualitatively, if pressure management in any individual Zone would be likely to significantly reduce mains burst frequencies (or not) and to reduce service burst frequencies (or not). Then, by targeting Zones with high initial Burst Frequency Index, the average ‘1.4 multiplier times’ relationship between % reduction in burst frequency and % reduction in pressure can be used to provide an initial quantitative prediction of the average reductions in numbers of mains and service bursts. The financial benefits of these predicted reductions can then be included in the economic evaluation of pressure management payback periods, Net Present Value and Benefit:Cost calculations.

Many hundreds of pressure management schemes have been implemented internationally since 2006, with a strong (and long overdue) focus on monitoring the effect on burst frequency, as well as the more traditional expected reductions in leak flow rates. The benefits have been clearly seen, both in high income countries with generally good infrastructure (e.g. Australia) and also in LAMIC (Low and Middle Income Countries) such as Brazil and Malaysia, with less robust infrastructure.

In Australia, the severe constraints imposed by the multi-year millennium drought from 2000 to 2010 meant that, by 2007 many Utilities had already almost reached the limits of reductions in real losses, that could be achieved by leak detection and rapid repairs, with ILI values close to 1.0. The inclusion of predicted reductions in bursts meant that, many hundreds of new pressure

management schemes could be economically justified, with a focus on asset management rather than leak flow reduction. In a major 3-year project by WSAA (2008 – 2011), the simple IWA pressure-bursts targeting and prediction methods developed in 2006 proved to be relatively robust, and it was complemented by techniques for monitoring achievements, estimates of extension of asset life, predicting reductions in consumption, and other benefits as listed in Table 1.

The simple qualitative and quantitative predictions developed by Thornton and Lambert (2006) proved to be effective for rapidly targeting zones for pressure management using high BFI values, and predicting burst frequency reductions using the 1.4 times approach. However, the excellent quality and quantity of data from some of the Australian pressure reduction schemes, before and after pressure management was implemented, provided an opportunity to undertake further research to try to improve the predictive equations for Zones with low to medium Burst Frequency Index. This improved method is now available for predictions for systems with low, medium or high burst frequencies (Lambert, Fantozzi and Thornton, 2013).

Given the relatively high current Burst Frequency Index values in CASSA (4 for mains, 6.7 for services), the simplified BFI approach should be sufficient to initially identify sub-systems in CASSA, in which pressure management may be expected to reduce burst frequency. More detailed assessments to prioritize options will then require monthly statistics of mains bursts and service bursts repairs, checking for (and reducing) any damaging pressure transients, and pressure measurements including establishment of an ‘average zone point’ (AZP) which will be used in the predictions and ongoing monitoring.

The presentation, which accompanies this paper, will show the simplified ‘Straw that breaks the camel’s back’ concept, and will outline the later approach to more detailed predictions. Figures 4a and 4b show the changes in burst frequency on mains and services respectively from pressure management in Durban Central Business District, together with the predictions by the original and latest methods. It is clearly evident in Figures 4a and 4b, that seasonal variations in burst frequency, can be significantly reduced by reduction of excess pressure, as such failures results, from the interaction of pressure and other causes (ground movement, temperature, traffic loading etc); excess pressure is the straw, that breaks the camel’s back. Other good examples of this are available.

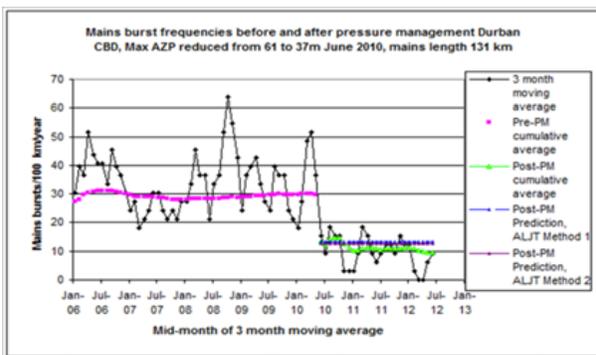


Figure 4a. Mains repair frequencies pre- and post- pressure management

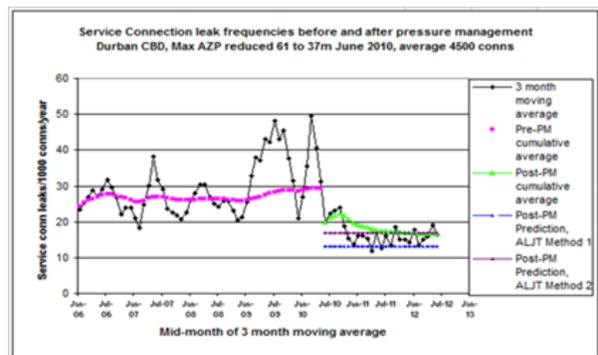


Figure 4b. Service repair frequencies pre- and post- pressure management

5. CONCLUSIONS

The paper has outlined progress made in recent years, in developing better understanding and practical predictions of the benefits of pressure management in public water distribution systems, with particular emphasis on pressure:burst frequency relationships and their beneficial consequences. Practical predictions of changes in burst frequency are being made in an increasingly wide variety of countries and situations, and a systematic practical approach has been developed to target priorities.

The methods should now be tested in Romanian systems, as further operational benefits might be gained, by using these practical approaches to target pressure management in specific parts of distribution systems to reduce leak flow rates and burst frequencies, and also, gain further benefits shown in Table 1. The GIS systems, hydraulic modeling, SCADA for operational data collection from the key points of the system will allow the operator to better understand and manage such schemes, whilst collecting data for operational management.

6. ACKNOWLEDGEMENTS

To WSAA, Ethekwini Water (South Africa) for permission to quote information derived from pressure management schemes. To many members of the IWA Water Loss Specialist Group for their contributions to the work of the Pressure management Team.

7. BIBLIOGRAPHY

- [1] *May, J*, Pressure Dependent Leakage. World Water and Environmental Engineering, Oct 1944, <http://www.leakssuite.com/wp-content/uploads/2016/10/JOHN-MAY-SEMINAL-1994-ARTICLE-4.pdf>;
- [2] *Thornton J., Lambert A.*, Managing pressures to reduce new break frequencies, and improve infrastructure management. IWA Water 21 Journal, December 2006;
- [3] WSAA (2011) Framework for Targeting Leakage and Pressure Management. Report forming part of WSAA Asset Management Project PPS-3, Review of Leakage Reporting and Management Practices, Stage 3;
- [4] *Thornton J., Lambert A.*, The relationships between pressure and bursts – a ‘state of the art’ update. IWA Water 21 Journal, April 2011;
- [5] *Lambert A., Fantozzi M., Kovac J.*, Ongoing Developments in analysing, predicting and validating benefits of Pressure Management. IWA Water Loss Europe Conference, Ferrara, Italy, 2012;
- [6] *Lambert A, Fantozzi M, Thornton J*, Practical approaches to modelling leakage and pressure management in distribution systems – progress since 2005. CCWI 12th International Conference ‘Computing and Control in the Water Industry. Perugia, Italy, 2-4 Sep 2013 http://www.leakssuite.com/wp-content/uploads/2012/11/CCWI_Sep2013paper_Pressure-burstsALMFJT-1-2003-2013K1.pdf;
- [7] *Van Zyl K, Lambert A, Collins R.*, Realistic modelling of leakage and intrusion through leak openings in pipes (in press, 2017) ASCE Journal of Hydraulic Engineering.

REDUCEREA DEFICITULUI DE APĂ SUBTERANĂ PRIN APLICAREA TEHNICILOR DE ALIMENTARE ARTIFICIALĂ A ACVIFERELOR

Ciugulea Oana Ștefania*

* Student doctorand, Universitatea Tehnică de Construcții București, Bulevardul Lacul Tei, nr. 124, E-mail: [oanaciugulea@yahoo.com](mailto: oanaciugulea@yahoo.com)

Abstract

The current paper presents the identification and analysis with the support of mathematical modeling of the effect generated by the blocking of the current of groundwater, in order to increase the volume of available water, taking into account different hypothesis, which can influence the efficiency of the barrier. This analysis started with the concept of operation of the ground storage barriers [1], which represents a category of technics of artificial recharge of aquifers, which blocks or retains natural flow of ground water, increasing also the volume of water reserves from aquifer, upstream of barrier.

Keywords

Groundwater, recharge, resources.

1. INTRODUCERE

Asigurarea rezervelor de apă subterană în cantități suficiente pentru acoperirea necesarului de apă reprezintă un obiectiv cheie în managementul adecvat al resurselor de apă, care în condițiile actuale generate de efectele schimbărilor climatice, precum și de supraexploatarea resurselor de apă subterană, a devenit foarte greu de atins. Prin urmare, de-a lungul timpului, s-a dezvoltat necesitatea implementării unor soluții inginerești, în scopul creșterii volumului de apă înmagazinat în acvifere.

Alimentarea artificială a acviferelor reprezintă o măsură promițătoare pentru reducerea deficitului de apă subterană, ce se află într-o continuă creștere, în special din cauza supraexploatării resurselor de apă subterană, în scopul asigurării necesarului de apă al populației.

În același timp, tehnicile de alimentare artificială a acviferelor pot fi utilizate în următoarele scopuri: (i) înmagazinarea apei, (ii) managementul resurselor de apă, (iii) alimentarea cu apă, (iv) controlul nivelului apei subterane, (v) transportul apei și (vi) îmbunătățirea și/sau omogenizarea calității apei.

Variabilitatea condițiilor specifice locale a zonelor care prezintă un deficit de apă și în care este absolut necesară aplicarea unor astfel de tehnici, pentru asigurarea unui aport suplimentar de apă în acvifere, a condus în timp la dezvoltarea unei game vaste de metode și tehnici de alimentare artificială, adaptate în funcție de scopul aplicării acestor soluții.

Având în vedere faptul că literatura de specialitate (ex.: [1], [2], [3], [4], etc.) prezintă mai multe tipuri de clasificări ale metodelor și tehnicilor de alimentare artificială a acviferelor, în cele ce urmează este prezentată o structură combinată de clasificare a acestor tehnici [5]:

Tabel 1. Clasificarea metodelor și tehnicilor de alimentare artificială a acviferelor [5]

Nr. crt.	Tip tehnică	Metodă/tehnică	Scop principal de alimentare	Tip metodă
1.	Tehnici de alimentare artificială de suprafață	Inundarea indusă	Infiltrarea și înmagazinarea apei în subteran	Metodă directă
		Irigarea excesivă	Infiltrarea și înmagazinarea apei în subteran	Metodă directă
		Canalele de infiltrare	Infiltrarea și înmagazinarea apei în subteran	Metodă directă
		Bazinele de infiltrare	Infiltrarea și înmagazinarea apei în subteran	Metodă directă
		Captarea scurgerilor de la suprafața solului	Interceptarea, captarea, înmagazinarea și infiltrarea ulterioară a apelor în subteran	Metodă directă
2.	Puțuri de alimentare	Puțuri de infiltrare deschise	Infiltrarea și înmagazinarea apei în subteran	Metodă directă
		Puțuri de injecție		
3.	Tehnici de alimentare artificială prin modificarea curgerii	Bariere de acumulare de suprafață	Conservarea și creșterea volumului de apă înmagazinat	Metodă directă
		Bariere de acumulare subterane	Conservarea și creșterea volumului de apă înmagazinat	Metodă directă
		Modificarea traseului de curgere al apelor de suprafață	Interceptarea, captarea, înmagazinarea și infiltrarea ulterioară a apelor în subteran	Metodă indirectă
		Modificarea structurii acviferului	Conservarea și creșterea volumului de apă înmagazinat	Metodă indirectă
4.	Tehnici de alimentare artificială indusă	Alimentarea artificială indusă	Conservarea și creșterea volumului de apă înmagazinat	Metodă indirectă

Printre tehnicile de alimentare artificială a acviferelor, menționate anterior, se regăsesc și barierele de acumulare subterane, fiind construcții ingineresti realizate transversal pe direcția de curgere a apelor subterane, în scopul blocării sau menținerii pentru o perioadă mai îndelungată a debitului de apă subterană, crescând astfel volumul rezervelor de apă din acvifer, în amonte de barieră.

Pornind de la conceptul de funcționare al acestei tehnici, în prezenta lucrare a fost analizat efectul generat de ecranare a curentului de apă subterană, utilizând modelări matematice realizate în cadrul software-ului GMS, modulul MODFLOW, pe baza cărora au fost simulate diverse scenarii, în ipoteze ce ar putea influența eficiența ecranării.

Acest studiu a fost realizat în cadrul Tezei de Doctorat elaborată de autoarea prezentei lucrări [5].

2. MODELAREA EFECTULUI ECRANĂRII CURENTULUI DE APĂ SUBTERANĂ ÎN SCOPUL CREȘTERII VOLUMULUI DE APĂ DISPONIBIL

În scopul modelării efectului ecranării curentului de apă subterană a fost utilizat un model de calcul cu dimensiunile de 1000 x 1000 m, pentru care s-au considerat două variante constructive, respectiv: în prima variantă a fost amplasat doar un ecran de barare, iar în cea de-a doua a fost

adăugat un puț de extracție a apei subterane, amplasat în mijlocul domeniului, la o distanță variabilă față de puțul de extracție din amonte.

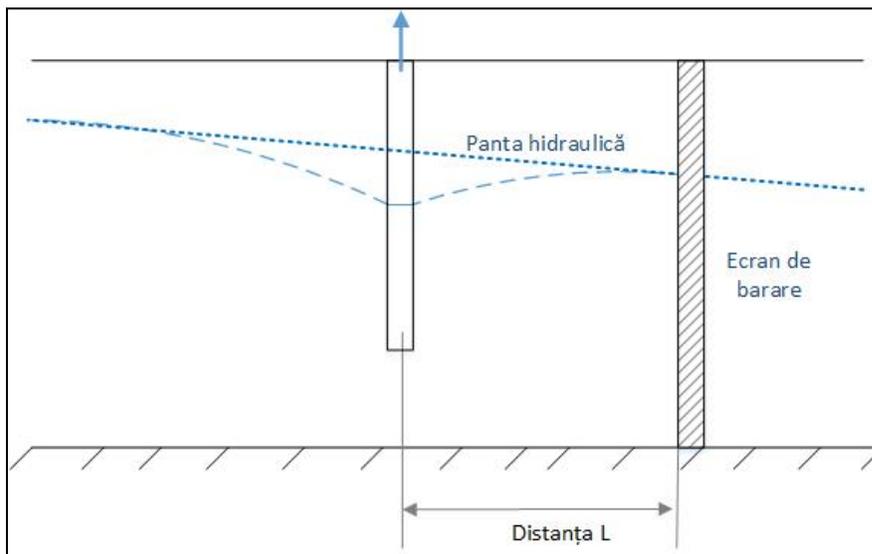


Figura 1. Schema de calcul a studiului

Condițiile la limită impuse pe model au constat în: (i) potențial impus pe limita din dreapta, respectiv stânga a modelului; potențialul impus pe limita din stânga a fost fix, iar potențialul impus pe limita din dreapta a variat funcție de panta hidrolică aleasă și (ii) debit impus pentru puțul de extracție.

În cadrul acestui studiu, au fost considerate două variante constructive ale ecranului de barare: impermeabil și parțial impermeabil, pentru care au fost analizate șapte aspecte care pot influența poziția suprafeței libere a apei subterane, respectiv: (i) influența doar a ecranului de barare; (ii) influența lungimii acestuia; (iii) permeabilitatea/conductivitatea hidrolică a ecranului de barare; (iv) distanța la care este poziționat ecranul de barare față de puțul de extracție prevăzut în amonte, (v) debitul extras de către puț; (vi) lungimea ecranului de barare în situația în care există puț și (vii) permeabilitatea/conductivitatea hidrolică a ecranului de barare în situația în care există puț.

În acest sens, utilizând structura modelului de calcul descrisă anterior, au fost simulate mai multe variante de curgere a apei subterane, luând în considerare următoarele variante, pentru fiecare caz de interes în parte.

I. Bararea curgerii prin implementarea unui ecran de barare:

Influența poziționării ecranului de barare - în această situație au fost luate în considerare următoarele ipoteze pentru analiza variației nivelului piezometric:

Tabel 2. Variante considerate pentru analiza influenței poziționării ecranului de barare [5]

VARIANTĂ	Pantă (‰)
I	1 ‰
III	2 ‰
III	3 ‰

Influența lungimii ecranului de barare - variantele considerate pentru analiza influenței lungimii ecranului de barare asupra variației suprafeței libere a apei sunt:

Tabel 3. Variante considerate pentru analiza influenței lungimii ecranului de barare [5]

Variantă	Pantă (i‰)	Lungimea ecranului de barare (m)		
I	2 ‰	L_1	$2 L_1$	$3 L_1$

* L_1 – pentru realizarea calculelor, lungimea ecranului de barare a fost considerată $L_1 = 100$ m.

Pentru situația *ecranului de barare impermeabil*, în scopul analizei *influenței asupra nivelului piezometric*, s-au considerat următoarele ipoteze:

Tabel 4. Variante considerate pentru analiza influenței conductivității hidraulice a ecranului de barare [5]

Variantă	Pantă (i‰)	Raport conductivitate hidraulică				
I	2 ‰	1/1	1/2	1/5	1/10	1/20

*pentru realizarea calculelor, au fost luate în considerare două variante pentru rapoartele de conductivitate hidraulică, unde $1/1 = 3$ m/zi

II. Bararea curgerii prin implementarea unui ecran de barare și utilizarea unui puț de extracție.

Prima variantă constructivă aleasă a constat în considerarea ecranului de barare complet impermeabil, pentru care s-a dorit evaluarea următoarelor efecte:

Influența asupra suprafeței libere a apei, generată de poziționarea ecranului de barare față de puțul de extracție, a fost analizată luând în considerare următoarele variante:

Tabel 5. Variante considerate pentru analiza influenței poziționării ecranului de barare [5]

Variantă	Pantă (i‰)	Poziționarea ecranului de barare (m)		
I	1 ‰	Fără ecran	l_1	$2 l_1$
II	1,7 ‰	Fără ecran	l_1	$2 l_1$
III	2 ‰	Fără ecran	l_1	$2 l_1$
IV	3 ‰	Fără ecran	l_1	$2 l_1$

* l_1 – pentru realizarea calculelor, distanța poziționării ecranului de barare, aval de puțul de extracție, a fost considerată $l_1 = 100$ m.

Pentru analiza *influenței debitului extras de către puț asupra variației suprafeței libere a apei*, au fost luate în considerare următoarele variante:

Tabel 6. Variante considerate pentru analiza influenței debitului extras de către puț [5]

Variantă	Pantă (i‰)	Poziționare ecran de barare	Debit extras de către puț (mc/zi)				
I	1 ‰	$2 l_1$	Q_1	$3 Q_1$	$5 Q_1$	$7 Q_1$	$9 Q_1$
II	1,7 ‰	l_1	Q_1	$3 Q_1$	$5 Q_1$	$7 Q_1$	$9 Q_1$

* Q_1 – pentru realizarea calculelor, debitul extras de către puțul din amonte de ecranul de barare a fost considerat $Q_1 = 100$ mc/zi.

Variantele luate în considerare pentru *analiza influenței lungimii ecranului de barare asupra variației suprafeței libere a apei* sunt:

Tabel 7. Variante considerate pentru analiza influenței lungimii ecranului de barare [5]

Variantă	Pantă (i‰)	Lungimea ecranului de barare (m)			
		L ₁	2 L ₁	3 L ₁	4 L ₁
I	1 ‰	L ₁	2 L ₁	3 L ₁	4 L ₁
II	1,7 ‰	L ₁	2 L ₁	3 L ₁	4 L ₁

*L₁ – pentru realizarea calculelor, lungimea ecranului de barare a fost considerată L₁ = 100 m.

Cea de-a doua variantă constructivă aleasă a constat în considerarea *ecranului de barare parțial impermeabil, în scopul evaluării influenței conductivității hidraulice a ecranului de barare asupra variației suprafeței libere a apei*, în raport cu panta hidraulică a apei subterane. Astfel, au fost luate în considerare următoarele variante:

Tabel 8. Variante considerate pentru analiza influenței conductivității hidraulice a ecranului de barare [5]

Variantă	Pantă (i‰)	Poziționare ecran de barare	Q	Raport conductivitate hidraulică				
				1/100	1/20	1/10	1/2	1/1
I	1 ‰	l ₁	5Q ₁	1/100	1/20	1/10	1/2	1/1
		2 l ₁						
II	2 ‰	l ₁	5Q ₁	1/100	1/20	1/10	1/2	1/1
		2 l ₁						
III	3 ‰	l ₁	5Q ₁	1/100	1/20	1/10	1/2	1/1
		2 l ₁						

*pentru realizarea calculelor, au fost luate în considerare două variante pentru distanța poziționării ecranului de barare, aval de puțul de extracție, respectiv: 100 m și 200 m, iar debitul de extracție s-a considerat a fi Q = 500 mc/zi.

3. REZULTATE OBTINUTE ȘI INTERPRETAREA LOR

În urma realizării modelărilor matematice și a simulărilor pentru fiecare variantă, în ipotezele specifice, au fost obținute o serie de rezultate, a căror interpretare se regăsește detaliată în cele ce urmează.

a) Influența asupra variației suprafeței libere a apei generată de ecranul de barare

Prima corelare a fost realizată pentru cota piezometrică (H), respectiv nivelul suprafeței libere a apei, în funcție de pantele hidraulice luate în considerare. Graficele rezultate sunt prezentate în figurile următoare:

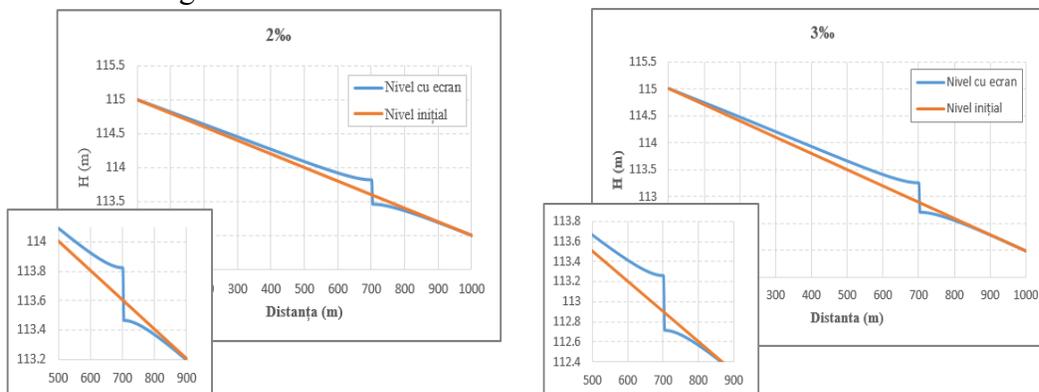


Figura 2. Variația suprafeței libere a apei pentru panta hidraulică de 2‰ și 3‰

În urma analizei graficelor aferente variației nivelului piezometric al apei subterane sub efectul ecranului de barare, pentru cele trei pante hidraulice considerate, s-au constatat următoarele:

- Pentru panta hidraulică $i = 1\%$ s-a produs o supraînălțare a nivelului piezometric cu 10 cm față de nivelul inițial al apei subterane;
- În cazul pantei hidraulice $i = 2\%$, supraînălțarea produsă a nivelului piezometric este de 22 cm comparativ cu nivelul inițial al apei subterane;
- Pentru panta hidraulică $i = 3\%$, supraînălțarea produsă a nivelului piezometric este de 36 cm față de nivelul inițial al apei subterane.

Astfel, concluzia generală a acestei analize este că, panta hidraulică influențează variația suprafeței libere a apei subterane, în situația considerării unui ecran de barare impermeabil, observându-se faptul că, o dată cu creșterea pantei hidraulice, crește și nivelul piezometric, garantând creșterea volumului de apă acumulat în amonte de ecranul de barare.

În scopul asigurării unei eficiențe ridicate a ecranului de barare impermeabil se recomandă implementarea acestuia, în situațiile în care panta hidraulică a apei subterane este egală cu 2‰ sau mai mare.

b) Influența lungimii ecranului de barare asupra variației suprafeței libere a apei

Cea de-a doua corelare pentru ecranul de barare impermeabilă a fost realizată pentru cota piezometrică (H), în funcție de lungimea ecranului de barare, luând în considerare variantele de lungime L, 2L și 3L. Rezultatele obținute sunt prezentate în figurile următoare:

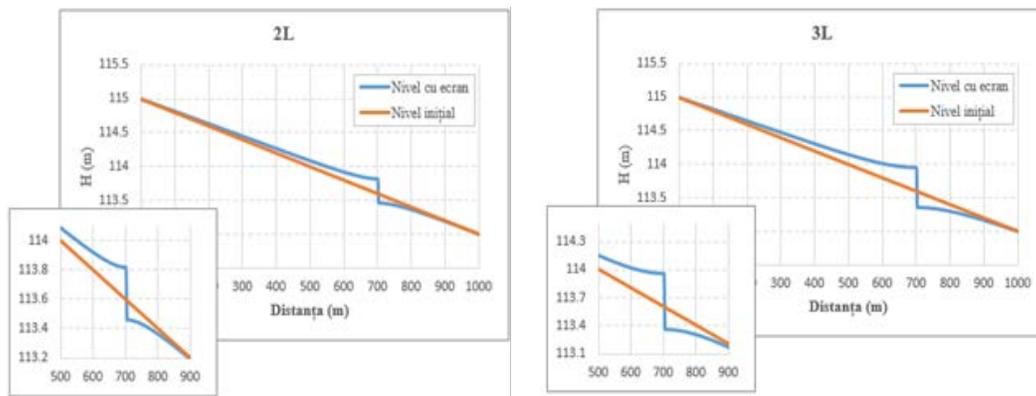


Figura 3. Variația suprafeței libere a apei pentru lungimea 2L și 3L

- Pentru varianta de lungime L (100 m), nu se poate spune că a fost înregistrată o creștere a suprafeței libere a apei, întrucât aceasta este extrem de mică, aproape insesizabilă.
- În ceea ce privește varianta pentru 2L, supraînălțarea este considerabilă față de nivelul inițial al apei, mai exact de aproximativ 22 cm.
- Cea mai mare supraînălțare a fost înregistrată pentru 3L, în valoare de 40 cm.

Se recomandă utilizarea unor ecrane cu lungime egală sau mai mare de 200 m, pentru asigurarea eficienței ecranului de barare, în scopul creșterii volumului de apă acumulat în amonte.

c) Ecran de barare parțial impermeabil

Având în vedere că în varianta anterioară a fost analizată influența unui ecran de barare asupra variației suprafeței libere a apei, s-a considerat un aspect de interes realizarea acestei analize și pentru un ecran de barare parțial impermeabil, pentru panta hidraulică de 2‰, considerând rapoartele de conductivitate hidraulică de 1/1, 1/2, 1/5, 1/10 și 1/20.

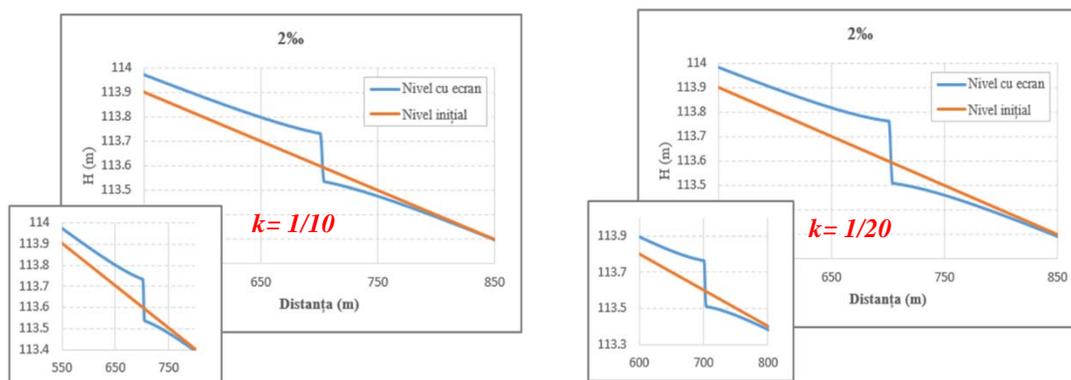


Figura 4. Influența unui ecran de barare asupra variației suprafeței libere a apei

- Pentru $k=1/1$ (3 m/zi) supraînălțarea aproape nu are loc, prezentând o creștere până într-un centimetru, iar pentru raportul de 1/2 a avut loc tot o supraînălțare redusă, de doar 4,75 cm. Abia începând cu raportul de conductivitate hidraulică de 1/5, s-a înregistrat o creștere de 10 cm.
- Pentru $k= 1/10$ și $1/20$ se înregistrează creșteri semnificative ale nivelului piezometric de 13 cm, respectiv 16 cm.

Se recomandă utilizarea unor ecrane de bare cu conductivități hidraulice, de maxim 0,6 m/zi, pentru asigurării creșterii volumului de apă în amonte și a eficienței ecranului de barare.

d) Influența poziționării ecranului de barare față de puț

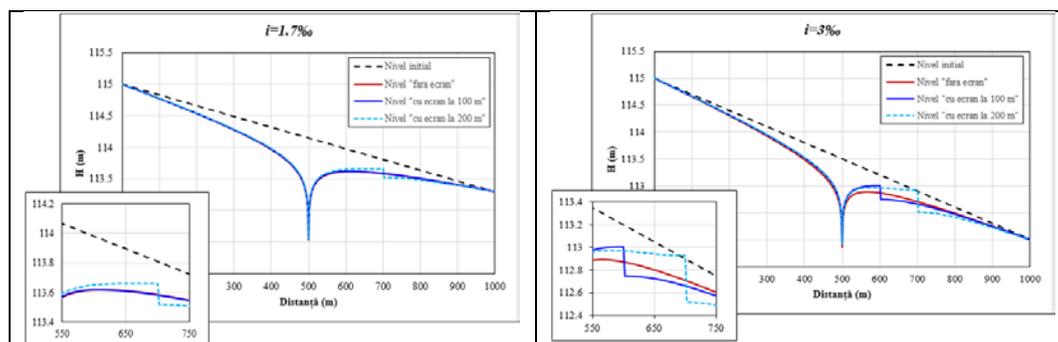


Figura 5. Forma suprafeței libere a apei pentru panta hidraulică de 1,7‰ și 3‰, funcție de poziționarea ecranului de barare, pentru un debit egal cu 5Q1

- Panta $i = 1\%$, pentru 2 l1, reprezintă panta critică sau punctul de inflexiune de la care supraînălțarea începe să se producă;
- Pentru l1 (100 m), $i = 1,7\%$ - panta critică sau punctul de inflexiune de la care supraînălțarea începe să se producă;
- Pentru $i = 1,7\%$, amplasarea ecranului la 2 l1 față de puțul de extracție, este recomandată, deoarece efectul de barare se produce în amonte;
- Pentru $i = 2\%$ și 3% , se recomandă poziționarea ecranului atât la distanța l1, cât și la 2 l1.

e) Influența debitului extras de puț

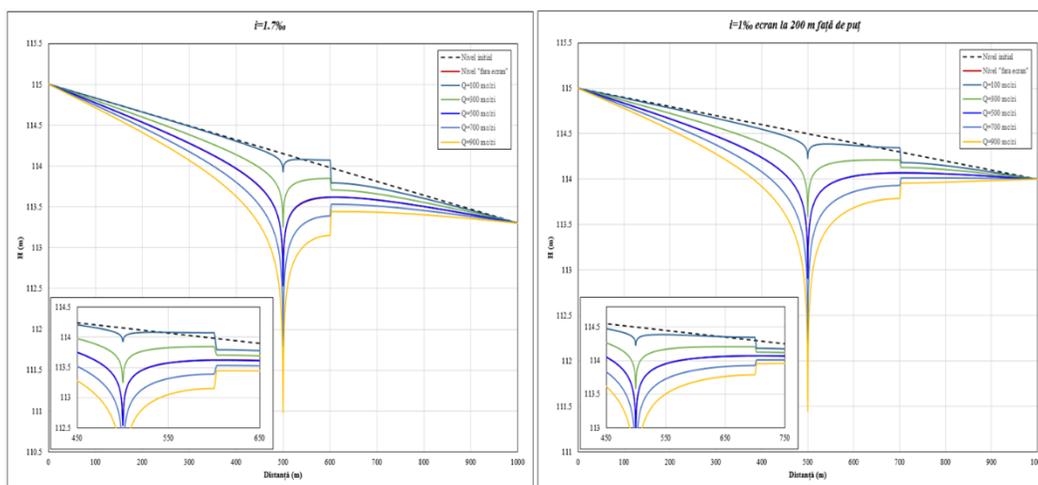


Figura 6. Forma suprafeței libere a apei pentru pante hidraulice de 1% și 1,7%, funcție de debitele de extracție, pentru poziționarea ecranului de barare față de puțul de extracție la l1 și 2l1

Se recomanda extragerea unor debite mai mici de 500 mc/zi, pentru asigurarea eficienței ecranului de barare.

f) Influența lungimii ecranului de barare

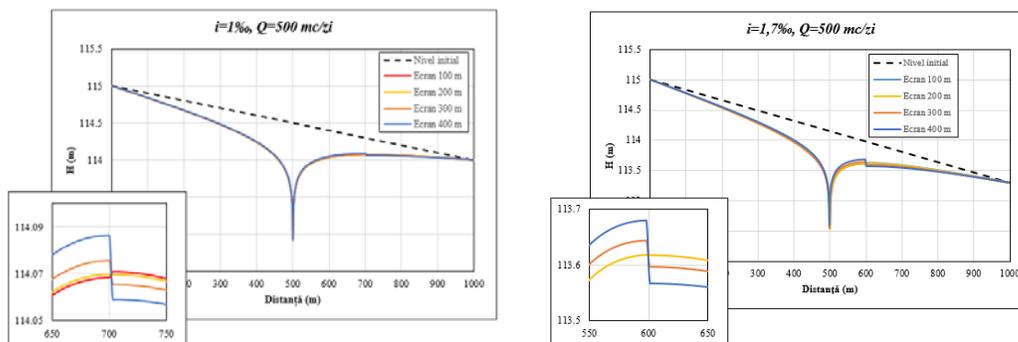


Figura 7. Influența lungimii ecranului de barare

- Efectul dorit, respectiv cel de acumulare a apei în amonte de ecranul de barare, se obține pentru ecrane cu lungimi mai mari, cel puțin egale cu 200 m.
- Nu se recomandă realizarea unui ecran de barare cu o lungime egală cu 100 m, întrucât ecranul nu este eficient în aceste condiții.

g) Influența conductivității hidraulice a ecranului de barare

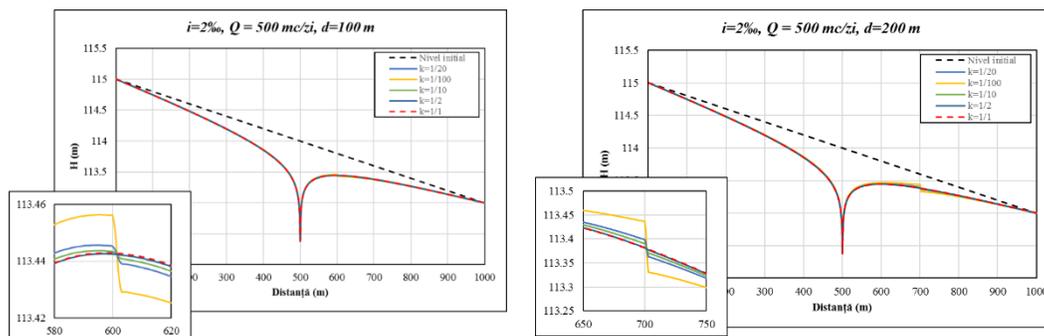


Figura 8. Influența conductivității hidraulice a ecranului de barare

- Atât pentru amplasarea ecranului la distanța de 100 m, cât și la 200 m, pentru permeabilități sub 0,3 m/zi, se obține efectul dorit, respectiv cel de barare a apei în amonte de ecran;
- Pentru permeabilități peste 1,5 m/zi, nu mai are loc o supraînălțarea a suprafeței libere a apei;
- Pentru $i = 1‰$, un ecran poziționat la 100 m față de puț, nu obține efectul dorit, ci dimpotrivă, efectul de barare are loc în aval de ecran;
- Iar pentru distanța de 200 m, nu are loc o supraînălțare a nivelului apei subterane.

6. CONCLUZII

În urma realizării studiului privind modelarea efectului ecranării curentului de apă subterană în scopul creșterii volumului de apă disponibil, a fost evidențiat faptul că, eficiența unui astfel de sistem depinde foarte mult, atât de caracteristicile mediului subteran, cât și de caracteristicile ecranului de barare.

Astfel, rezultatele obținute în cadrul prezentului studiu pot fi utilizate pentru selectarea optimă a unui ecran de barare, adaptat în funcție de condițiile impuse de acvifer, astfel încât să poate fi asigurată o eficiență cât mai ridicată privind creșterea și stocarea rezervelor de apă subterană.

Prin urmare, limitele de variație a caracteristicilor ecranelor de barare, în funcție de condițiile impuse de acvifer, determinate în cadrul acestui studiu, precum și ecuațiile obținute pe baza interpretărilor rezultatelor, contribuie la facilitarea procesului de selectare a tehnicilor implementate în scopul creșterii și stocării rezervelor de apă subterane.

7. BIBLOGRAFIE

- [1] *International Groundwater Resources Assessment Centre (IGRAC)*, “Artificial Recharge of Groundwater in the World”, Report, 2007;
- [2] *Central Ground Water Board, Ministry of Water Resources*, „Guide on Artificial Recharge to Ground Water”, New Delhi, 2000;
- [3] *Central Ground Water Board, Ministry of Water Resources*, „Selected case studies - Rain Water Harvesting and Artificial Recharge”, New Delhi, 2011;
- [4] *Escalante E., F., Gil, R., C., Lago, M., V., Sauto J., S., S.*, „MARSOL - Demonstrating Managed Aquifer Recharge as a Solution to Water Scarcity and Drought. MAR design and construction criteria”, Livrabil nr. D13.3. în cadrul proiectului MARSOL - Managed Aquifer Recharge Solution, proiect FP7 finantat EU, Grant Agreement Number 619120, 2016;
- [5] *Ciugulea (Negoiță), O.S.* – „Studii privind alimentarea artificială a acviferelor ca soluție de adaptare la schimbările climatice” („Studies regarding aquifer artificial recharge as a measure to adapt to climate changes effects”), Teză de doctorat, Universitatea Tehnică de Construcții București, mai 2017 – urmează a fi susținută public.

CHAPTER II

ENVIRONMENTAL ASPECTS



Protectnature



**INEVA**

"Dedicated Expertise For The Environment"

PROTECT NATURE

Wastewater treatment sludges are among the major environmental problems. Sludge amounts are increasing day by day. INEVA, by its **in-house sludge incineration technology which requires no pre-drying process**; provides permanent and sustainable solution for the problem.

RISCURI PRIVIND ADMINISTRAREA SISTEMELOR DE ALIMENTARE CU APĂ ȘI CANALIZARE/EPURARE ÎN LOCALITĂȚI DIN MEDIUL RURAL ÎN JUDEȚUL IAȘI, ROMÂNIA

Mihail Doruș¹, Traian Olinici², Orest Trofin³, Sorin Murariu⁴, Daniela Stoica⁵, Ramona Cenușă⁶ and Petru Vlădeanu⁷

¹ Dr.ing., Director Tehnic al S.C. APAVITAL S.A.*, Strada Mihai Costăchescu nr. 6, Iași, România

E-mail: *mihai.dorus@apavital.ro*; 0232/215410; 0232/212741

² Ing., Șef Serviciu Tehnic*, E-mail: *traian.olinici@apavital.ro*

³ Ing., Șef Serviciu Analiză-Calitate*, E-mail: *oreste.trofin@apavital.ro*

⁴ Ing., Șef Birou Analiză Rețele*, E-mail: *sorin.murariu@apavital.ro*

^{5,6,7} Ing., Angajați în cadrul Serviciului Tehnic*, E-mail: *daniela.stoica@apavital.ro*,

ramona.cenusa@apavital.ro, *vladeanu.petru@apavital.ro*

Abstract

The management of water supply and sewerage systems in rural areas is a challenge for any water/sewer public service operator in Romania, more so in the poor areas of eastern Romania, in Iasi County, located on the border of the European Union.

In the communes of Iasi, the consumption of drinking water and respectively the restitution of wastewater to drains for further treatment, involve a number of risks to service quality, which is dependent on the users' purchasing power of services by direct access to the network, which in turn is a result of the social component associated with culture and education.

In this context, service efficiency must be linked to the performance indicators of installations and to the performance indicators guaranteed by the service provider for executing the water supply and sewerage services, in order to highlight service returns in operating areas. Effectiveness, in this case, is closely linked to the quality component, which has to address all legal, health and water management aspects in relation to the regulatory and supervisory authorities, and especially to the customers.

These results are the sum of specific conditions, resulting from the way public water/sewer systems have been built, but especially from the operators' flexibility to identify risks in managing systems with performant methods of system modeling.

Keywords

Risks, performance indicators, efficiency, quality, modeling, process improvement proposals.

1. SISTEME ADMINISTRATE DE S.C. APAVITAL S.A.

S.C. ApaVital S.A. administrează sisteme de alimentare cu apă și canalizare în județele Iași și Neamț:

- în județul Iași 68 arii operare (236 localități din care 231 localități în mediul rural), și
- în județul Neamț 2 arii operare (5 localități în mediul rural).

În aceste arii de operare societatea deține:

Stații de tratare apă potabilă: 8 unități, cu capacitate totală de tratare de 1.928 l/s

- din care în mediul rural: 6 unități (75%) - 744 l/s (38% din capacitatea totală de tratare)

Conducte apă (aducțiuni și rețele distribuție): 3.249 km

- din care în mediul rural: 2.494 km (76%)

Stații de rechlorinare – 73 unități

- din care în mediul rural: 65 unități (89%)

Rezervoare: 169.143 mc – 179 unități

- din care în mediul rural: 46.162 mc (27,3% din capacitatea de stocare) – 142 unități (79%)

Stații de pompare apă potabilă – 138 unități

- din care în mediul rural: 120 unități (86%)

Rețele de canalizare – 1.103 km

- din care în mediul rural: 452 km (41%)

Stații de pompare ape uzate – 140 unități

- din care în mediul rural: 110 unități (78%)

Stații epurare ape uzate: 30 unități, cu capacitate totală de epurare de 4.946 l/s (din aceste 30 de unități, 15 stații de epurare ape uzate sunt preluate dar nepuse în funcțiune, cu o capacitate de epurare cumulată de 58 l/s)

- din care în mediul rural: 153,13 l/s (3,1% din capacitatea de epurare) - 25 unități (83%)

Lungimea rețelei de distribuție apă și canal administrate în perioada 2013 – 2016

Localitatea	Rețele distribuție apă (km)				Rețele canalizare (km)			
	2013	2014	2015	2016	2013	2014	2015	2016
Total ApaVital	1.838	2.042	2.126	2.378	799	942	955	1.103
Din care în mediul rural:	1.328 (72%)	1.442 (70%)	1.597 (75%)	1.687 (70%)	343 (43%)	358 (38%)	406 (42%)	452 (41%)

Pentru administrarea eficientă a sistemelor de alimentare cu apă/canalizare din mediul rural legislația existentă nu corespunde nevoilor locuitorilor, conform veniturilor realizate, și în consecință sunt necesare o serie de măsuri care să conducă la dezvoltarea, la nivel național, a unei strategii privind sistemele de colectare și epurare a apelor uzate pentru localitățile cu mai puțin de 2000 locuitori echivalenți, ținând cont de **urbanismul tipic** (locuințe construite pe arii extinse, care generează cheltuieli mari de centralizare a sistemelor de apă-canal și de exploatare a acestora) și de **suportabilitatea economică a locuitorilor** pentru costurile de racordare și utilizare a sistemelor centralizate. Concret: modul de construire a bransamentelor și racordurilor de canalizare, finanțări pentru realizarea rețelelor interiorare aferente proprietăților, soțutii moderne de utilizare a serviciilor publice în regim colectiv: băi publice, saune, centre de spălat lenjerii, etc.

În asociere cu sistemele de alimentare cu apă potabilă, epurarea apelor uzate în mediul rural trebuie să capete noi definiții, noi tehnologii de fitoepurare, prin standarde aprobate de către autoritățile de mediu și gospodărire a apelor, asociate termenului actual de ”tratament adecvat” pentru sistemele de epurare ale localităților cu mai puțin de 2000 l.e., în contextul elaborării unei strategii naționale privind tipurile de sisteme/tehnologii fezabile în cazul aglomerărilor mici, disociate urbanistic, iar ulterior atingerii capacităților de debit prin accesul la serviciul public de canalizare, să fie implementate proiecte moderne de epurare complexe. Așa putem dezvolta serviciile publice în România!

2. STRATEGIA RISCURILOR PENTRU SISTEMELE ADMINISTRATE ÎN MEDIUL RURAL

Evaluarea riscurilor

Subiectul abordat este asociat cerințelor standardului internațional ISO 9001:2015 - Sisteme de management al calității, pe care trebuie să-l implementeze și respecte orice operator de servicii publice apă/canal, dar și cerințelor Ordinului nr. 200 din 26 februarie 2016, privind modificarea și completarea Ordinului secretarului general al Guvernului nr. 400/2015, Art.5, pentru aprobarea Codului controlului intern/managerial al entităților publice.

Pentru a realiza acest deziderat este necesară planificarea și implementarea unor acțiuni de tratare a riscurilor. În paralel, standardul recomandă și ordinul impune analiza oportunităților pentru realizarea unui sistem de management al calității eficiente. Tratarea riscurilor cât și a oportunităților stabilește o bază pentru creșterea eficacității sistemului de management al calității, realizarea unor rezultate îmbunătățite și prevenirea efectelor negative pe care le poate înregistra un operator regional în administrarea sistemelor de alimentare cu apă și canalizare în mediul rural.

Pentru realizarea acestei evaluări, riscurile au fost clasificate pe o scară de la 1 la 5, în funcție de impactul asupra categoriei abordate: 1 – Risc minim; 5 – Risc maxim.

Lista cu cele mai frecvente riscuri

Categoria		Riscuri la implementarea proiectelor	Explicatii	Impact
Nr. crt.	Factorul de risc/cauza	Subcategoria		
1	Mediul politic	Schimbări frecvente în structura administrativă națională (la nivelul administrației centrale și locale)	Schimbările pot fi suplinite prin locțiitorul managerului/ primarului. În general Consiliul Local adopta măsuri de schimbare rapidă.	3
		Discontinuități în sistem create de lipsa de implicare/ disponibilitate a entităților/persoanelor care pot promova proiecte în cadrul UAT	În situația în care există o echipă de implementare inactivă proiectul este subiectul eșecului	5
2	Mediul economic	Indisponibilitatea alocării fondurilor de cofinanțare a proiectelor (din bugetele locale sau bugetul de stat)	Rigorile conferite de ghidurile de finanțare conduc la eșecul proiectelor, atunci când nu sunt respectate cerințele de finanțare	5
		Dificultăți în planificarea bugetelor	Dificultățile pot fi depășite cu sprijinul autorității de implementare a proiectului sau a firmei de consultanță	3

SCIENTIFIC AND TECHNICAL CONFERENCE
SUSTAINABLE SOLUTIONS IN WATER MANAGEMENT 2017

Categoria		Riscuri la implementarea proiectelor	Explicatii	Impact
Nr. crt.	Factorul de risc/cauza	Subcategoria		
		Dificultăți pentru beneficiari în asigurarea cheltuielilor neeligibile (prin contribuție proprie) în proiectele susținute. Intârzieri/blocaje temporare privind fluxul de numerar și de alimentare a contului de disponibil al autorității de management	Aceste dificultati nu constituie un procent major pentru blocarea unui proiect	3
3	Mecanismul de accesare fondurilor de investiții și criteriile de selecție a unităților de implementare a proiectelor	Sistem de comunicare sofisticat cu părțile interesate (ordonatori de credite, consultanți, proiectanți, autorități de reglementare, etc)	Aceste constatari sunt limitate in timp, dar nu pot determina esecul unui proiect	2
		Intocmirea defectuoasă a criteriilor de selecție pentru firmele de consultanță, proiectare și execuție a sistemelor de alimentare cu apă și canalizare	Corectiile sunt realizate in cel mai scurt timp de partile interesate, fara a aduce un impact negativ proiectului	2
		Nivelul de pregatire al expertilor evaluator	De cele mai multe ori, nu este compatibil cu domeniul în care face verificarea	3
		Nivelul de pregatire al beneficiarilor si firmelor de proiectare si consultanta in intocmirea corecta a documentatiilor	Foarte multe documentatii nu sunt facute in concordanta cu realitatea	4
		Timpul foarte scurt de depunere a cererilor de finantare in cadrul unor programe de infrastructura precum PNDR, in care este posibila depunerea de proiecte de la aparitia ghidului final in doar 7-8 zile.	Risc maxim de intocmire a unor proiecte de calitate indoielnica. Intarzierea deschiderii sesiunilor de depunere proiecte este un risc foarte mare in implementarea proiectelor.	5
		Lipsa unui context general de dezvoltare a infrastructurii edilitare in Romania.	Sunt 4 programe de finantare in care se pot executa retele de apa/apa uzata care nu sunt compatibile sau complementare.	5

SCIENTIFIC AND TECHNICAL CONFERENCE
SUSTAINABLE SOLUTIONS IN WATER MANAGEMENT 2017

Categoria		Riscuri la implementarea proiectelor	Explicatii	Impact
Nr. crt.	Factorul de risc/cauza	Subcategoria		
4	Tehnologici	Lipsa experienței în proiectarea/construirea unor tehnologii adecvate (materiale omologate, instalații agrementate, etc)	Lipsa expeientei firmei de consultanta poate fi un element de risc major pentru proiect	4
		Dificultăți legale, prin abordarea unor soluții tehnologice care exced Directivei Europene Ape Uzate impuse de Apele Române în avizele eliberate pentru promovarea investițiilor pentru localități sub 10.000 l.e și 2000 l.e.Proiectarea unor soluții tehnice neadecvate în raport cu contextul geografic și cel al sistemelor apă/canal existente în regiune	In aceasta faza solutia tehnica este acceptata de firma de consultanta ca fiind acceptabila si acceptata, fiind emisa de o autoritate de reglementare fara a fi contestata. Ulterior impactul acestei decizii asupra impementarii proiectului poate fi decisiva.	2
5	Legislație și implementare proiecte	Modificări/completări frecvente în legislația UE;	Modificarile au fost aplicate numai la ghidurile de finantare/ accesare a fondurilor	2
		Normative neadecvate pentru dimensionarea sistemelor în mediul rural	Pentru acest aspect exista o problema majora in raport cu consumurile/puterea de cumparare a serviciului	4
		Lipsa unor ghiduri/manuale de utilizare, agreate la nivel național/comunitar;	In cele mai multe cazuri lipsa ghidurilor la timp si agreate pentru perioade de timp lungi conduc la probleme in implementarea proiectelor	3
		Lipsa verificărilor (pe parcursul realizării investițiilor și la finalizarea acestora) de instituțiile avizatoare Interes scăzut, pregătire în domeniu insuficientă și căi complexe în susținerea și aprobarea la timp a modificărilor legislative necesare	Verificarile firmelor de consultanta pe eligibilitatea documentelor nu se suprapun cu verificarile consultantilor tehnici – dirigintii de santier, ceea ce conduce la esecul unor proiecte	3
		Lipsa bransamentelor și a racordurilor la sistemele nou proctate	Bransamentele sunt o componenta a sistemului de alimentare cu apa. In mod similar si racordurile de canalizare, pentru sistemul de canalizare. Inexistenta acestor componente exprima virtual functionarea unui sistem si prin	4

SCIENTIFIC AND TECHNICAL CONFERENCE
SUSTAINABLE SOLUTIONS IN WATER MANAGEMENT 2017

Categoria		Riscuri la implementarea proiectelor	Explicatii	Impact
Nr. crt.	Factorul de risc/cauza	Subcategoria		
			urmare nu poate fi pus in valoare/validat in functionare.	

CATEGORIA:		RISCURI LA PRELUAREA SISTEMELOR		
Nr. crt.	Factorul de risc/cauza	SUBCATEGORIA	Explicatii	Impact
1	Privind resursele umane	Personal insuficient și necalificat, pentru administrarea sistemelor apă/canalizare în mediul rural	În zonele rurale și vecinătăți nu se regăsesc persoane calificate pentru activitățile complexe solicitate de operatori	4
		Fluctuație de personal	Datorita nivelului de salarizare si a sarcinilor de serviciu	5
2	Referitor la modul de realizare a lucrărilor realizate și infrastructură	Neconcordanțe între soluțiile proiectate, construcțiile realizate și avizele eliberate de instituțiile abilitate pentru promovarea investițiilor infrastructură neadecvată pentru accesul la obiective (drumuri din pământ, îndepărtate de zonele locuite, fără sisteme de comunicație, fără soluții alternative de energie, etc) lipsa unor dotări: PSI, SSM, dotări de laborator, senzori și sisteme SCADA calitatea defectuoasă a materialelor utilizate calitatea defectuoasă a manoperei lucrărilor realizate spații de lucru și căi de circulație/acces neadecvate spații de depozitare corespunzătoare	Conditionarile impuse prin studiile de fezabilitate determina probleme in aplicarea unor corecții la faza proiectului tehnic. Corelat cu acestea și limitarea bugetelor de investiții, condiționările din avizele obținute la promovarea lucrărilor nu coincid cu soluțiile tehnice finale adoptate. In final prin analiza raportului cost/beneficiu, sub aspectul administrării în contextul îndeplinirii cerințelor legale, conduce operatorul la cheltuieli suplimentare dedicate sistemului preluat (modificări de proiect, dotări, etc).	4
		Lipsa documentațiilor tehnice postexecuție (planuri de situație, detalii de execuție, manuale de operare, etc) lipsa certificatelor de garanție a lucrărilor.	La finalizarea investițiilor nu sunt realizate planurile post execuție și nu sunt predate către proprietari (UAT) și operatorul de servicii pentru integrarea în aplicațiile informatice	4

3	Privind înregistrarea bunurilor în domeniul public	Neconcordanțe la înregistrarea bunurilor realizate prin proiectele de investiții în raport cu înregistrările legale (anexele cu bunurile înregistrate în domeniul public aferente hotărârilor consiliilor locale)	Lipsa experienței personalului specializat în cadrul UAT conduce la înregistrarea în evidențele contabile a întregii investiții (Ex : Stație de epurare cu valoarea aferentă) fără a detalia componentele aferente.	5
4	De derulare eficientă a activităților	Proceduri și instrucțiuni interne ineficiente și necorelate între ele sau cu cerințele reglementate referitor la garantiile aferente investițiilor referitor la disponibilitatea de reparație/îmbunătățire a sistemelor construite	Majoritatea sistemelor nu dețin regulamente/instrucțiuni sau proceduri de operare. Acestea sunt dispartate, cu manualele aferente echipamentelor, netraduse în limba română și fără a fi integrate într-u regulament pentru operarea sistemului	5

Riscurile identificate în lista generală sunt grupate astfel încât să permită o clasificare sistematică a riscurilor și, în consecință, o aplicare unificată a unei strategii de răspuns. În cadrul fiecărei categorii de riscuri externe sau de control (operaționale) au fost definite subcategoriile aferente pentru a sprijini procesul permanent de identificare, analiză și prioritizare a riscurilor și documentarea asupra modului de administrare corespunzător.

Analiza și tratarea oportunităților pentru realizarea unui sistem de management al calității eficiente

Faza de avizare

Pentru faza de proiectare operatorul de servicii publice ApaVital intervine printr-un pachet de cerințe cadru minimale, pentru a se asigura condițiile de lucru reglementate în România, specifice regiunii.

Aceste cerințe se comunică în avizul tehnic la promovarea investiției (încă din faza realizării studiului de fezabilitate – prin emiterea unui aviz de principiu) și la finalizarea proiectului (avizul definitiv la etapa proiectul tehnic de execuție).

Ulterior cu sprijinul Asociației de Dezvoltare Intercomunitară – ARSACIS (Asociația Regională a Serviciilor Apă Canal Iași), ApaVital verifică înainte de recepția lucrărilor de investiții, modul de respectare a cerințelor avizate.

Faza de verificare a investițiilor

În cadrul ApaVital funcționează Comisia de preluare a sistemelor în baza Deciziei nr. 145/14.07.2017, formată din reprezentanți a secției care va administra sistemul și reprezentanți a unităților ierarhice specializate: calitate, tehnic, securitate în muncă, electro-mecanică, patrimoniu, juridic și contabilitate, care analizează documentele și în teren construcțiile și instalațiile în baza unei proceduri de lucru interne PL-083 Recepția sistemelor în vederea preluării în exploatare.

Procedura prevede emiterea unor rapoarte care sunt centralizate de Serviciul Patrimoniu al operatorului, apoi transmise Unității Administrativ Teritoriale pentru realizarea corecțiilor care se

impun. Decizia preluării unui sistem de alimentare cu apă și/sau canalizare este adoptată de CTE a ApaVital (Comisia Tehnico Economică) care decide modalitatea de preluare.

În cadrul ariilor de operare din județele Iași și Neamț, ApaVital a preluat toate sistemele de alimentare cu apă realizate de Unitățile Administrativ Teritoriale.

Pentru aceste situații au existat deficiențe legate de specificațiile tehnice a conductelor de aducțiune și distribuție a apei potabile, pentru care au fost realizate intervenții la proprietarii bunurilor pentru a utiliza garanțiile de execuție a lucrărilor, pentru remedieri de la constructorii desemnați de aceștia.

Oportunități

Problemele majore se înregistrează în prezent la preluarea sistemelor de canalizare / epurare realizate fără racorduri de canalizare pentru utilizatori. În acest context din punct de vedere legal este posibilă atingerea unei situații de infringement a României. Oportunitățile pentru punerea în funcțiune a acestor investiții poate fi realizată prin :

Oportunități pentru utilizatori

Identificarea oportunităților trebuie să fie asociat cu definirea unui mecanism de bransare/racordare a populației în contextul definit de Legea nr. 241 din 22 iunie 2006 a serviciului de alimentare cu apă și de canalizare (republicare*- la data 30.07.2015 actul a fost promulgat de Decretul 683/2015), unde se menționează la Art. 31 (51) *Utilizatorii, persoane fizice sau juridice, inclusiv cei care au sisteme proprii de alimentare cu apă, au obligația de a se racorda la sistemele publice de canalizare existente sau nou-înființate, dacă aceștia nu dețin stații de epurare avansată care respectă condițiile de descărcare a apelor epurate în mediul natural.* (Art. 31, alin. (5) din capitolul IV, secțiunea 3 completat de Art. I, punctul 19. din Legea 224/2015). Obligația de conectare în mediul rural trebuie să fie asociată cu un plan de finanțare atât pentru realizarea racordurilor de canalizare la rețelele publice, cât și cu modul de realizare a instalațiilor de prepararea apei calde în gospodării și implicit cu realizarea rețelei interioare unei proprietăți.

Pentru urgentarea acestor acțiuni și stimularea consumului de apă pentru canalizare se propun:

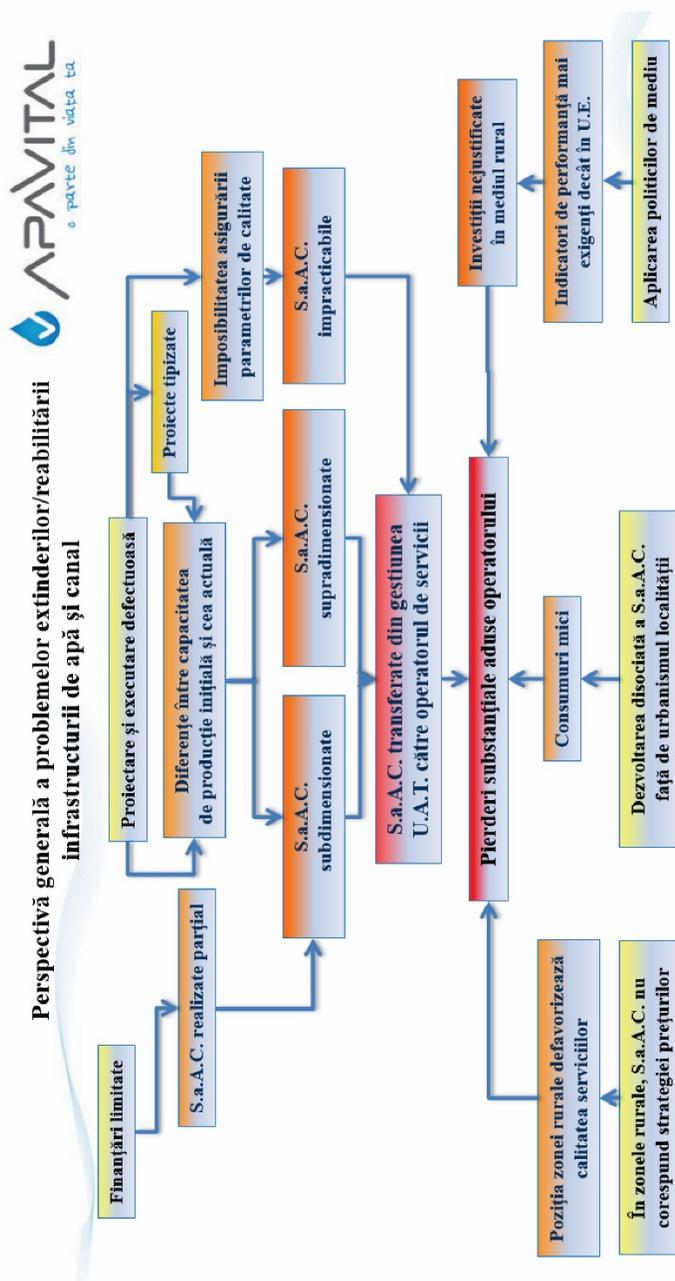
- analiza realizării unor facilități populației din zonele rurale, prin montarea unor contoare de apă pasante pentru înregistrarea volumelor de apă consumate de animale și stropitul legumelor sau realizarea unui consum de apă în paușal, care vor conduce la încurajarea consumului de apă uzată canalizată în mediul rural;
- realizarea unor funcțiuni comunitare centralizate administrate de primăriile locale comunale cum ar fi : băi publice comunale, centre de spălat lenjerie, etc.

Oportunități pentru operatori

Realizarea unor demersuri de reglementare la nivel national pentru aplicarea prevederilor Directivei Europene Ape Uzate pentru localitatile sub 10.000 l.e si sub 2.000 l.e. care au realizat sisteme de canalizare/epurare, pentru a functiona la nivelul reglementat in spatiul European. Avizele de gospodărire a apelor prevăd parametri de calitate foarte stricți pentru stațiile de epurare, incluzând și valori de 0,5 mg/l pentru P total (fosfor total sub limita impusă în cazul stațiilor de epurare ce deserveșc mai mult de 10.000 l.e.) în timp ce, nici în dotările prezentate în proiecte nici în situația din teren, nu se regăsesc dotări pentru îndepărtarea fosforului pe cale chimică

(precipitare) sau biologică (eliminare avansată a fosforului). Astfel, cerințele Directivei 91/271/EEC și HG 352/2005, specifică faptul că pentru aglomerări cu un număr de locuitori mai mic de 10.000 l.e. trebuie îndeplinite limitele admise conform tabelului 1 din directivă, respectiv limitele admise pentru materii în suspensie, consum chimic de oxigen CCOCr și consum biochimic de oxigen CBO5 și numai pentru aglomerări cu un număr mai mare de 10000 l.e. trebuie să se asigure epurarea avansată a apelor uzate urbane.

Punerea în funcțiune a acestor obiective pentru a beneficia de garanția constructorilor în corelare cu un proiect etapizat de racordare la sistemele publice de canalizare care să asigure încărcarea minimă necesară SEAU de 30 % din capacitatea proiectată (Ex. Moța Q zi = 450 mc/zi – 30 % = 135 mc/zi).



MEMBRANES IN WASTEWATER TREATMENT: CHALLENGES AND OPPORTUNITIES

Laura Alexandra Stănescu* and Lăcrămioara Diana Robescu**

* Drd. eng, Power Engineering Faculty, Department of Hydraulics, Hydraulic Machinery and Environmental Engineering, University Politehnica of Bucharest, Splaiul Independenței, nr 313, sector 6, Bucharest Romania, E-mail: *laura_stanescu_1991@yahoo.com*

** Prof. dr. eng., : Power Engineering Faculty, Department of Hydraulics, Hydraulic Machinery and Environmental Engineering, University Politehnica of Bucharest, Splaiul Independenței, nr 313, sector 6, Bucharest Romania, E-mail: *diana.robescu@upb.ro*

Abstract

Membrane bioreactors (MBR) represent a combination of membrane processes with a suspended growth bioreactor. Out of the different membrane technologies available, microfiltration and ultrafiltration membranes, in different construction variants, attract the most interest when considering wastewater treatment. This review aims to summarise the established technologies in this industry, with a focus on AnMBRs (anaerobic membrane reactors). Recent technological developments have also raised new opportunities for implementing membrane processes.

Keywords

MBR, AnMBR, cost-effectiveness.

1. INTRODUCTION

Membrane technologies have been largely used in wastewater treatment as “polishing” processes, with the membrane employed as a discrete tertiary step. MBRs were introduced in the late 1960s, when commercial scale UF (ultrafiltration) and MF (microfiltration) membranes were made available. However, due to the costs they incurred during operation (and the very high costs of the membranes themselves), their applicability was deemed to be specific to a niche (isolated areas). A typical external configuration makes use of the conventional plate and frame or cylindrical hollow fiber membranes; in this case, the liquid crossflow generates the surface shear needed to control membrane fouling. The permeate flow is either obtained through the crossflow generated pressure or through pump suction. In 1989 the idea to submerge the membranes in the bioreactor emerged, thus using the aeration process to scour the surface of the membrane. Nowadays, the internal/submerged configuration is widely used in AeMBRs (aerobic membrane reactors), a shift from the traditional, external/ sidestream configuration to the internal/ submerged having proved as being successful[1]. However, sidestream configurations are still preferred in some applications, due to the degree of control they offer over the process and the ease of maintenance.

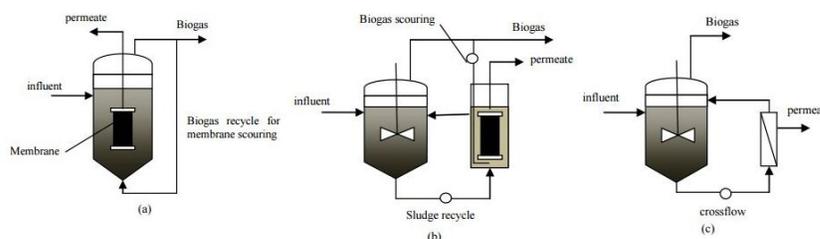


Figure 1. AnMBR configurations. (a) Immersed AnMBR. (b) AnMBR with external immersed hollow fiber membrane. (c) External crossflow AnMBR [2]

One of the main challenges of implementing membranes is the fouling rate. Internal fouling is generally irreversible and is promoted by operating with long solid retention times (SRT), whereas external fouling is generally reversible and controlled via biogas sparging, backflushing, periodic membrane relaxation, the addition of pulverized or granular activated carbon (PAC/GAC) or a combination of these solutions. Around 70% of capital costs are incurred by membranes, and, during operation, 46% of costs are due to the energy needed to scour the membranes [3]. These aspects, together with the fact that the TN and TP removal rates are negligible, act as a deterrent when considering implementing membrane technologies. However, on EU level, the initiative to achieve a sustainable development comes as an aid to AnMBRs. A Communication from the Commission of the European Parliament, ‘Towards a circular economy: A zero waste programme for Europe’, 2014, targeted industrial streams containing phosphorus compounds, and an Environment blueprint from the European Commission considers water as a finite resource and targets the wastewater treatment industry as a powerful candidate for water reuse[4][5].

As this paper’s objective is to identify possible challenges and opportunities posed by the use of membrane reactors, the next chapter will summarise the technologies that have left a mark on the industry by being successfully used, followed by outlining the technical specifications that benchmark different products, exemplifying with some new developments and finally, some elements of supportive legislation.

2. MEMBRANES IN WASTEWATER TREATMENT PLANTS

Globally, there is an ongoing trend of effluent quality parameters regulations becoming increasingly stringent. In order to achieve the target imposed by the local law, operators have to either expand their treatment plants to accommodate new equipment, make use of additives, chemicals or bioaugmentation or turn to innovation. When it comes to delivering high quality effluent, while keeping a small footprint, MBRs distinguish themselves as an interesting solution. This section includes some case studies of membrane technology being successfully implemented.

Ken’s Foods is a food manufacturing company in Marlborough, MA, USA. The wastewater treatment system needed an upgrade in order to treat additional flow and higher loads, but the lack of space was challenging. In order to take advantage of the plant’s already existing anaerobic system, an AnMBR was installed, consisting of a 8300 m³ reactor, four membrane tanks with Kubota submerged membrane units, able to treat 475 m³/d of wastewater with the following characteristics: 39000 mg/l COD, 18000 mg/l BOD, 12000 mg/l TSS. The system also produces around 5000 m³/d of biogas, used mainly to bring the system to mesophilic temperatures (35°C). The effluent meets all the discharge requirements, with COD removals of 99.3% and TSS removal nearing 100%[6].

Another interesting implementation was done for a Kellogg plant, by way of upgrading the existing anaerobic and aerobic wastewater treatment facility to an AnMBR coupled with a MBR for polishing[7].

The examples above showcase of the three established configurations for AnMBRs: the Kubota-ADI flat sheet submerged configuration. Veolia-Pentair come with the multi-tube (sidestream) serial and parallel configurations, with performances of removing up to 99% COD from streams with loads ranging 7000- 63000 kgCOD/d, flows ranging 15-174 m³/h, fluxes of 14-40 l/m²*h, with a total energy requirement for an AnMBR plant of 2-4 kWh/m³[8].

2.1 Membrane parameters

There are four main parameters that are currently used in benchmarking: flux, transmembrane pressure, permeability and recovery[9]. Flux is defined as filtration rate per unit of membrane area, with a higher flux leading to a lower needed surface, and thus a lower cost of installation. Transmembrane pressure (or TMP) represents the driving force needed to push/pull the water through the membrane; the higher the TMP, the higher the costs of operating the membrane module. Permeability refers to the quantity of water per unit of surface that can be treated under a given pressure (flux divided by TMP). Recovery represents the percentage of filter effluent to plant influent. There are, of course, other parameters to be taken into account when assessing the applicability of a membrane process, such as fluctuations in flow, temperature and feed quality. The latter is especially important as, in some cases, it can make the difference between running an anaerobic wastewater treatment plant with a high degree of sensitivity and operating it in more stable conditions (such as the case of very high strength effluent from dairy plants, with high COD and FOG – fats, oils, greases[8]).

2.2 Technical developments

From the inception of membrane technologies, three main manufacturers distinguished themselves, with an ongoing activity: Siemens, GE and Enviroquip. The first two use hollow fiber membranes produced by US Filter and Zenon, while Enviroquip uses the Kubota technology with flat-sheet configuration. It is interesting to note that while Siemens and GE rely on small pore size from the onset, Enviroquip relies on biofilm developing on the membrane surface to reduce the pore size (also, on a similar principle, the self-healing membrane emerged)[9].

From a membrane construction perspective, recent developments such as Pentair's X-Flow technology and GE's ZeeBlock and ZeeWeed MBRs constitute prime examples, with very high effluent quality and energy consumption as low as 0.3 kWh/m³ [10]. Coupling different types of membranes in order to achieve a superior end result has long been proposed [11], however, with the decrease in operation costs, the possibility to actually implement such a solution becomes more and more feasible.

2.3 Legislation

As previously mentioned, on EU level there is an increasing interest in circular economy, with water reuse as a focus point. The potential for treated wastewater to act as an alternative source of water and/or as a resource in itself (especially in agriculture) is now acknowledged and imbedded in European, international and national development strategies. Specifically, the UN Sustainable Development Goal on Water (SDG 6) targets an increase in recycling and safe use by 2030. Furthermore, water reuse and maximisation of water reuse represent a top priority in the Strategic Implementation Plan of the European Innovation Partnership on Water and the Communication 'Blueprint to safeguard Europe's water resources'.

A document published in April 2016, the Inception Impact Assessment on the initiative 'Minimum quality requirements for reused water in the EU' offers more in depth information about the initiative to treat wastewater as a resource[4][5]. New technological developments, especially in the field of wastewater treatment, receive a special focus, the Impact Assessment Process, as a

precursor to initiating the actual legislative demeanours being envisaged to be completed by spring 2017.

3. CONCLUSIONS

This paper aimed at outlining the current possibilities to implement membrane filtration technologies. The benefits of using MBRs are well known, but, up to now, the capital investment and operation costs have deterred large scale implementation. However, with new technological developments and environment/sustainable development policies underway, membrane filtration processes, more specifically, AnMBRs, are becoming more and more widespread. One of the challenges identified with implementing AnMBRs was found in the case of low strength municipal wastewater, where such technology is usually implemented in the situation where space is at a premium. In such situations, water reuse policies are all the more valuable.

4. BIBLIOGRAPHY

- [1] Ken Sutherland, The rise of membrane bioreactors, article on Filtration+Separation filtsep.com, Oct. 2010, retrieved March 2017;
- [2] Sheng Chang, Anaerobic membrane bioreactors (AnMBR) for wastewater treatment, Advances in Chemical Engineering and Science, vol. 4 no.1, 2014;
- [3] Art Umble, Anaerobic MBR: Challenges & Opportunities, Symposium: Hydrogen, hydrocarbons and biproduct precursors from wastewaters, National renewable energy laboratory, 2015;
- [4] Inception Impact Assessment, Indicative Planning
http://ec.europa.eu/atwork/pdf/planned_comission_initiatives_2016.pdf;
- [5] Inception Impact Assessment, Additional Information
<http://ec.europa.eu/environment/water/reuse.htm>;
- [6] <https://www.adisystemsinc.com/en/case-studies/adi-anmbr-reduces-kens-foods-operation-and-maintenance-costs-by-50-percent>;
- [7] <https://www.adisystemsinc.com/en/case-studies/kellogg-company-pikeville-plant-upgrades-wastewater-treatment-facility>;
- [8] IWA Veolia Poster http://technomaps.veoliawatertechnologies.com/processes/lib/pdfs/3521-160193_VWT_NL_Poster_IWA_A0_LR_Draf.pdf;
- [9] JB Neethling, Dave Clark, Marie-Laure Pellegrin, Membrane basics for wastewater treatment, WaterWorld, vol.1, issue 1;
- [10] Pentair Compact 32V product brochures;
- [11] R.Rautenbach, K.Vossenkaul, T.Linn, T.Katz, Wastewater treatment by membrane processes-New development in ultrafiltration, nanofiltration and reverse osmosis, Desalination Vol. 108, Feb. 1997.

ABORDAREA ȘI GESTIONAREA RISCURILOR ÎN EXPLOATAREA REȚELELOR DE ALIMENTARE CU APĂ

Daniela Simona Moldovan*

* PhD. Engineer, Water Company Brașov, Brașov, str. Vlad Tepeș, nr.13, România,
E-mail: *danielamoldovan@apabrasov.ro*

Abstract

The water companies are dealing on a daily basis with risks derived from various areas and fields, such as: operational field, production, financial field, human resources, quality and environment. The way these risks are approached and managed has a major importance for the organisational success.

The management risk policy of the water company is to adopt the best practices for identification, evaluation, treatment and efficient control of risks associated with specific targets, in order to ensure that these are reduced to an acceptable level, that don't affect the functioning of the organisation or quality of water distribution provided.

Risks are identified and defined according to the objectives whose achievement is affected by the risk materialisation. Due to this reason, the existence of a system with clearly defined objective for exploiting water distribution networks constitutes the essential premise for identifying and defining risks.

In order to manage risks it's first necessary to know them, that is to identify them.

This work presents aspects regarding risk analysis, the way to achieve risk management (identification, evaluation, control) in activities regarding water networks exploitation, helping in understanding the risks implied by the process, in order for the risks to be managed correctly.

Keywords

Risk analysis, risk identification, risk evaluation, network exploitation, water distribution.

1. INTRODUCERE

Diverse organizații din aria de operare a serviciilor de apă-canal care se ocupă de abordarea riscului tratează în mod diferit etapele de identificare și implementare a soluțiilor de reduce a probabilității și impactul unui eveniment nedorit.

În realitate, doar denumirea etapelor diferă, identificarea și cuantificarea riscului fiind uneori tratate împreună sub denumirea de evaluarea riscului sau de analiză a riscului. Planul de răspuns la risc este uneori întâlnit și sub denumirea de plan de atenuare a riscului sau plan de implementare a măsurilor de control și de urmărire a riscului.

Identificarea riscurilor constituie primul pas în construirea profilului riscurilor. Un risc identificat poate avea semnificație pentru mai multe obiective, iar probabilitatea/ impactul său poate varia în funcție de fiecare obiectiv în parte.

Obiectivele generale care se regăsesc în strategia operatorului de apă trebuie să fie corelate cu obiectivele specifice și cu activitățile desfășurate în cadrul sectorului de exploatare a rețelelor de apă și trebuie completate cu riscurile asociate acestora.

Evaluarea riscurilor presupune evaluarea probabilității de materializare a riscurilor și a impactului (consecințelor) asupra obiectivelor, în cazul în care riscurile se materializează. Evaluarea probabilității manifestării riscului sau a frecvenței cu care s-ar putea manifesta riscul ar trebui să fie bazată pe cunoștințele, pe experiența și pe capacitatea de judecată a personalului.

Scopul evaluării riscurilor este de a stabili o ierarhie a acestora la nivelul sectorului de exploatare a rețelelor care, în funcție de tolerabilitatea la risc acceptată, permite stabilirea celor mai adecvate modalități de tratare a riscurilor și de delegare a responsabilității de gestionare a acestora.

Problemele care privesc minimizarea riscului sunt în corelație cu cele de minimizare a pierderilor de apă. Riscul, de fapt, se poate defini ca fiind posibilitatea de a pierde. Aceste pierderi pot fi de natură financiară, tehnico-operațională, întârzieri sau reducerea calității sau a performanței.

2. PROCESUL DE MANAGEMENT AL RISCULUI

Indiferent de modul de abordare ales sau de numele pe care îl are o etapă de management al riscului, toate modelele trec prin aceiași pași: identificarea riscurilor, evaluarea acestora, ierarhizarea, realizarea planului de implementare a măsurilor de control și de urmărire a riscului, monitorizarea și controlul riscului.

Conform noilor standarde internaționale ISO 9001:2015 și ISO 14001:2015 implementate de operatorii de apă din România, din etapa de planificare organizația trebuie să implementeze acțiuni de tratare a riscurilor și oportunităților. Descrierea metodologiei de abordare a riscului și implementarea acesteia trebuie să conducă la scopul general de înțelegere a riscurilor la care este expusă organizația, astfel încât acestea să poată fi administrate.

Procesul de management al riscurilor reprezintă un ciclu continuu de:

- clarificare a obiectivelor în domeniul calitate-mediu – stabilirea obiectivelor legate de domeniul de activitate, cerințele legale în domeniul calitate-mediu, regulamentele și politicile interne;

- identificare a riscurilor – examinarea amenințărilor cu care se confruntă organizația și a vulnerabilității acesteia;

- evaluare a riscurilor – riscurile la care este supusă organizația sunt evaluate din perspectiva probabilității producerii unui eveniment nedorit, împreună cu consecințele anticipate;

- abordare a riscurilor – se identifică și se implementează măsuri/soluții pentru a reduce probabilitatea și impactul unui eveniment nedorit (risc);

- revizuire și raportarea riscurilor – se face o evaluare a eficacității măsurilor/soluțiilor și se identifică și prioritizează acțiuni de corecție necesare.

În managementul riscului trebuie să înțelegem mai întâi care este potențialul de risc. Se pot alege pentru analiză, în funcție de prioritate, activitățile care dovedesc expunere mai pronunțată la risc. Următorul element al etapei inițiale, este cunoașterea rolurilor, responsabilităților și autorităților care sunt deja definite în organizație și care pot influența planificarea managementului riscului. Un alt element important este toleranța la risc. Există organizații care au reguli și limite definite pentru toleranța la risc. Este deosebit de important să luăm decizii care sunt în consens cu politicile organizației.

2.1 Clarificarea obiectivelor

Operatorii de apă se confruntă zilnic cu riscuri provenite din zone variate și din diferite domenii, cum ar fi: domeniul operațional, financiar, al resurselor umane, al calității și de mediu. Modul în care aceste riscuri sunt abordate și gestionate are o importanță majoră pentru succesul organizațional.

Politica de management al riscului la nivelul operatorului de apă este de a adopta cele mai bune practici de identificare, evaluare, tratare și control eficient al riscurilor, asociate obiectivelor specifice, pentru a se asigura că acestea sunt reduse la un nivel acceptabil, care nu afectează modul de funcționare al organizației sau calitatea apei/ serviciilor de alimentare cu apă și canalizare.

Riscurile sunt identificate și definite în raport cu obiectivele ale căror realizare este afectată

de materializarea riscurilor. Din această cauză, existența unui sistem de obiective clar definite în organizație, de către toate compartimentele de specialitate, constituie premiza esențială pentru identificarea și definirea riscurilor.

2.2 Identificarea riscurilor

Pentru a gestiona riscurile este necesar, mai întâi, ca acestea să fie cunoscute, adică identificate. Identificarea riscurilor constituie primul pas în construirea profilului riscurilor.

Pentru obiectivele în domeniul calitate-mediu stabilite se documentează activități/ acțiuni de realizare a acestora și riscuri care pot să apară în derularea lor.

Un risc identificat poate avea semnificație pentru mai multe obiective, iar probabilitatea/ impactul său poate varia în funcție de fiecare obiectiv în parte.

Obiectivele în domeniul calitate-mediu care se regăsesc în strategia organizației trebuie să fie corelate cu activitățile desfășurate în cadrul fiecărui compartiment de specialitate și trebuie completate cu riscurile asociate acestora.

2.3 Evaluarea riscurilor

Această etapă presupune evaluarea probabilității de materializare a riscurilor și a impactului (consecințelor) asupra obiectivelor, în cazul în care riscurile se materializează.

Scopul evaluării riscurilor este de a stabili o ierarhie a acestora la nivelul compartimentelor de specialitate care, în funcție de tolerabilitatea la risc acceptată, permite stabilirea celor mai adecvate modalități de tratare a riscurilor și de delegare a responsabilității de gestionare a acestora.

Evaluarea riscurilor presupune parcurgerea următoarelor etape:

- evaluarea probabilității de materializare a riscului identificat;
- evaluarea impactului asupra obiectivelor în cazul în care riscul s-ar materializa;
- evaluarea expunerii la risc, ca o combinație între probabilitate și impact;
- stabilirea toleranței la risc.

Evaluarea probabilității manifestării riscului sau a frecvenței cu care s-ar putea manifesta riscul ar trebui să fie bazată pe cunoștințele, pe experiența și pe capacitatea de judecată a personalului, folosindu-se de tabelul 1.

Tabel 1. Evaluarea probabilității de manifestare a riscului

PROBABILITATE RISC	DESCRIERE
Ridicat	Este foarte probabil ca riscul să se manifeste de mai multe ori în timpul desfășurării activității.
Mediu	Există posibilitatea ca riscul să se manifeste ocazional în timpul desfășurării activității.
Scăzut	Pare improbabil ca riscul să se manifeste în timpul desfășurării activității.

Parametrului „Probabilitate de manifestare a riscului” îi poate fi atribuită una dintre valorile „scăzută –medie - ridicată”.

Parametrului „Impact” îi poate fi atribuită una dintre valorile „scăzut–moderat -ridicat”.

Impactul sau gravitatea riscului prezentat în tabelu 2, este nivelul prin care manifestarea

riscului poate influența îndeplinirea obiectivelor specifice.

Poate exista, de exemplu, o pierdere de fonduri provocată de anumite evenimente, precum nerespectarea legislației de referință, fraudele, sistemele și serviciile neadecvate, etc.

Tabel 2. Evaluarea impactului riscului

IMPACT	DESCRIERE
Ridicat	Impact semnificativ asupra îndeplinirii obiectivelor strategice și specifice (ex. iregularități sistematice, probleme cu caracter juridic, costuri ridicate de funcționare, calitatea serviciilor sau produselor furnizate este afectată semnificativ, întreruperi semnificative în activitate, etc.)
Moderat	Ineficiența operațiunilor normale, cu efect limitat asupra îndeplinirii obiectivelor strategice și specifice (ex :întreruperi sau ineficiențe moderate ale proceselor, probleme temporare privind calitatea/ serviciul), pierderi moderate de resurse materiale și/sau financiare, creșterea costurilor de funcționare este moderată, calitatea serviciilor furnizate este afectată moderat, întreruperi mici în activitate, etc.)
Scăzut	Nici un impact concret asupra obiectivelor strategice și specifice (ex. nu există pierderi financiare, de angajați, pierderi materiale, costurile de funcționare nu sunt afectate, calitatea serviciilor sau produselor furnizate nu este afectată, nu există întreruperi în activitate etc.)

Impactul trebuie să fie analizat din perspectiva valorii bunurilor afectate, precum și a consecințelor mai ample.

Îmbinarea acestor evaluări prin intermediul matricei prezentate mai jos permite obținerea unei evaluări a riscului, care poate fi clasificat după cum urmează:

- ridicat (R);
- mediu (M);
- scăzut (S).

Evaluarea riscurilor se face de către fiecare compartiment de specialitate, iar rezultatele se înregistrează în „Fișa de identificare și evaluare a riscului”. Toleranța la risc se aprobă de către conducerea organizației.

În general, limita maximă a expunerii la riscuri reziduale, respectiv până la care este permisă asumarea riscurilor, sunt valorile unui risc scăzut.

Evaluarea riscului este efectuată folosind matricea din tabelul 3 funcție de impactul riscului și probabilitatea de apariție:

Tabel 3. Matrice de evaluarea riscului

PROBABILITATE DE APARIȚIE

	1 scăzută	2 moderată	3 ridică
3 grav	M	R	R
2 moderat	S	M	R
1 scăzut	S	S	M

În tabelul 4 este definit rezultatul evaluării riscului/expunerea:

Tabel 4. Interpretarea evaluării riscului

Evaluarea riscului (Nivelul riscului/ Expunerea)	Rezultat
Ridicat	Nivelul de risc impune prevederea unei acțiuni imediate pentru reducerea riscului la un nivel tolerabil
Mediu	Este un risc care trebuie gestionat cu ajutorul unei proceduri specifice și eficiente și care trebuie monitorizat în permanență
Scăzut	Riscul trebuie gestionat cu ajutorul unei proceduri specifice. În unele cazuri, dacă riscul este foarte scăzut, poate fi oportun chiar a nu se interveni deloc

2.4. Tratarea riscurilor

Este o etapă crucială în managementul riscurilor și presupune efectuarea de pași concreți, practici pentru a gestiona și controla riscul. Decizia legată de abordarea unui risc reprezintă un efort comun; ea trebuie discutată și adoptată de o manieră transparentă.

Tratarea riscurilor înseamnă a acționa, prin măsuri de atenuare a probabilității, a impactului sau a ambelor.

Dupa finalizarea etapei privind evaluarea riscurilor, pentru riscurile cu nivel de risc (expunere) Mediu și/sau Ridicat trebuie stabilite acțiuni (măsuri/ strategii) de minimizare a acestora, responsabili cu implementarea acțiunii (măsurii/strategiei) și data limită de implementare a acțiunii (măsurii/strategiei).

Formularul “Fisa de identificare și evaluare a riscului” completat cu informațiile specifice la nivelul compartimentelor de specialitate (descrierea riscului, evaluarea riscului, tratarea riscului) și semnat de persoanele responsabile se transmite Echipei de gestionare a riscurilor (EGR) la nivelul institutiei.

2.5. Implementarea măsurilor de control și de urmărire a riscului

Orice risc care este identificat, evaluat și tratat, trebuie însoțit de un plan care să descrie acțiunile ce trebuie întreprinse pentru minimizarea și ținerea sub control a acestuia.

Un plan de acțiune pentru atenuarea riscurilor este necesar atât pentru institutie cât și la nivelul fiecărui compartiment de specialitate.

Dupa întocmirea Planului pentru implementarea măsurilor de control și de urmărire a riscului, acesta, împreună cu “Fisa de identificare și evaluare a riscului” ce sta la baza lui, se va transmite pentru aprobare conducătorului institutiei.

Problemele care privesc minimizarea riscului sunt în corelație cu cele de minimizare a pierderilor de apa. Riscul, de fapt, se poate defini ca fiind posibilitatea de a pierde. Aceste pierderi pot fi de natură financiară, tehnico-operațională, întârzieri sau reducerea calității sau a performanței.

2.6. Revizuirea și raportarea riscurilor

Este faza care încheie procesul de gestionare a riscurilor. Riscurile, precum și strategiile de management al riscurilor, trebuie revizuite periodic.

De asemenea, pentru fiecare risc, se revizuiesc acțiunile întreprinse de minimizare a acestuia, precum și realizarea unei analize mai ample, atunci când apare un eveniment relevant pentru risc.

Revizuirea trebuie:

- să dea asigurări că toate aspectele procesului de gestionare a riscurilor sunt analizate cel puțin o dată pe an;
- să ofere asigurări că riscurile sunt supuse revizuirii cu o frecvență corespunzătoare, stabilită în raport cu mobilitatea circumstanțelor și a naturii instrumentelor ce urmează a fi implementate;
- să stabilească mecanisme de alertare ale nivelelor superioare manageriale în privința noilor riscuri sau a schimbărilor suferite de riscurile deja identificate, astfel încât aceste schimbări să fie abordate corespunzător.

Rezultatele revizuirilor se raportează pentru a se asigura monitorizarea continuă a situației riscurilor și pentru a sesiza schimbările majore care impun modificarea priorităților

Principala acțiune necesară în această fază este completarea „Registrului de riscuri”, prin preluarea din Planul pentru implementarea măsurilor de control și de urmărire a riscului, a tuturor riscurilor și datelor necesare.

Registrele de riscuri aferente compartimentelor de specialitate, se transmit la EGR pentru centralizare în Registrul de riscuri al instituției, cel puțin o dată pe an, la solicitarea acesteia.

3. GESTIONAREA RISCULUI IN EXPLOATAREA RETELELOR DE ALIMENTARE CU APA

Procesul de transport și distribuție apă potabilă este gestionat și condus în conformitate cu deciziile conducerii operaționale pentru unitățile administrativ teritoriale din aria de deservire a acestora.

Tabel 5. Evaluarea riscului pentru procesul de exploatare rețele de alimentare cu apă

Obiective/ activități	Riscul	Cauzele care favorizează apariția riscului	Evaluare risc			Denumirea acțiunii de minimizare a riscurilor inerente
			P	P	Nr expunere	
1	2	3	4	5	6	7
Obiectiv 1: Reducerea timpului de repunere în funcțiune a sistemului de alimentare cu apă cu X% în urma intervențiilor în rețea						
Activitate 1.1 Planificare intervenții și asigurare resurse	Lipsa resurselor (umane, materiale)	Lipsa stocurilor, nu sunt incluse în Planul de achiziții	M	R	R	Crearea stocurilor tampon; Suplimentarea Planului de achiziții sectoriale
	Materiale necorespunzătoare	Recepție defectuoasă,	M	M	M	Returnare; reevaluarea furnizorilor; verificarea criteriilor de evaluare
Activitate 1.2 Deplasare în zona de lucru și asigurarea zonei de protecție	Întârzierea accesului în zona de intervenție	Trafic îngreunat	R	M	R	Solicitari la instituții specializate

SCIENTIFIC AND TECHNICAL CONFERENCE
SUSTAINABLE SOLUTIONS IN WATER MANAGEMENT 2017

Activitate 1.3 Manevre în rețea pentru izolarea avariei	Închiderea unei zone de furnizare mai mare decât cea necesară	Defecțiuni hidraulice	S	M	M	Actualizare GIS
Activitate 1.4 Remediarea defecțiunii	Timp de intervenție mărit	Noi defecțiuni în zona de lucru	M	M	M	Implementarea Programului de înlocuire rețele; Înlocuirea tronsonului afectat; Identificarea unor tehnologii performante
		Afectarea altor utilități	M	M	M	Colaborare cu deținătorii de utilități
Activitate 1.5 Probe tehnologice și verificarea calității apei	Timp de intervenție mărit, nerespectarea indicatorilor de performanță, mărirea costurilor	Materiale necorespunzătoare recepție defectuoasă	S	M	M	Asigurarea rezervei de materiale la fața locului; Reevaluarea furnizorului de materiale; Returnarea materialelor; Evaluarea comisiei de recepție
		Execuție defectuoasă				Instruirea personalului
	Parametrii neconformi	Uzura rețelei, spălare insuficientă	S	S	S	Implementarea/ respectarea Programului de spălări rețele

Etapele care compun procesul de întreținere și reparații rețele de transport și distribuție apă constau din următoarele activități:

- Planificarea anuală a procesului de întreținere rețele;
- Planificarea zilnică a intervenției:
 - planificare execuție
 - planificare utilaje
 - planificare materiale
 - planificare formație de lucru
 - obținerea autorizației de intervenție în domeniul public
- Deplasare în zona de lucru și pregătirea pentru executarea intervenției:
 - efectuarea manevrelor de închidere/ golire rețea;
 - completarea cu materiale și utilaje funcție de necesitățile lucrării.
- Executare intervenție:
 - execuția săpăturilor,
 - execuția reparațiilor.
- Recepția intervenției de către șeful de echipă, maistru;
- Execuția manevrelor de deschidere și proba rețelei după intervenții/reparații;
- Spălarea și dezinfectia rețelei;
- Aducere la starea inițială a locului intervenției.

Funcționarea rețelei de transport și distribuție apă potabilă, inclusiv pomparea și înmagazinarea apei, este monitorizată din punct de vedere al parametrilor tehnici.

Înregistrarea și transmiterea intervențiilor accidentale se face prin Dispeceratul operatorului de apă.

Secția responsabilă de exploatarea/ întreținerea rețelei de alimentare cu apă preia informațiile

din Dispecerat și planifică, în funcție de priorități, efectuarea intervenției, în vederea restabilirii parametrilor normali de funcționare ai rețelei.

Dovezile de efectuare a intervențiilor și modul de rezolvare se înregistrează la Dispecerat și în detaliu, în ordinele de lucru/ fișele de intervenție în rețea (după caz). Centralizarea datelor privind costurile de intervenție, se centralizează lunar în vederea monitorizării și raportării indicatorilor de performanță specifici procesului.

În tabelul 5 este prezentată evaluarea riscului pentru procesul de exploatare rețele de alimentare cu apă pentru obiectivul specific de reducere a timpului de repunere în funcțiune a sistemului de alimentare cu apa cu X%, în urma intervențiilor în rețea.

4. CONCLUZII

Managementul eficient al riscurilor îmbunătățește performanța proceselor și activităților, contribuind la:

- mai mare siguranța și mai puține incertitudini;
- furnizarea apei/serviciilor de alimentare cu apă și canalizare mai bune;
- management mai eficient în domeniul mediului;
- reducerea evacuărilor poluante în mediu;
- utilizarea mai eficientă a resurselor;
- management mai bun la toate nivelele operatorului de apă printr-un proces decizional îmbunătățit, datorat unei mai bune informări;
- reducerea pierderilor de apă;
- cheltuire mai eficientă a resurselor financiare.

Gestionarea riscurilor trebuie subordonată obiectivelor specifice care formează un sistem integrat, coerent și convergent către obiectivele generale, astfel încât nivelele de activitate să se susțină reciproc.

Atingerea obiectivelor stabilite sau obținerea rezultatelor așteptate este grevată de incertitudine, acele situații sau evenimente, acțiuni sau inacțiuni care au drept consecință neatingerea obiectivelor.

Managementul riscurilor urmărește gestiunea amenințărilor ce ar putea avea impact negativ asupra obiectivelor. Necesitatea implementării managementului riscurilor în sectorul de apa-canal derivă din următoarele observații :

- dacă incertitudinea este o realitate cotidiană, atunci și reacția la incertitudine trebuie să devină o preocupare permanentă a managementului;
- tratarea consecințelor nu ameliorează cauzele și prin urmare, riscurile materializate deja se vor produce și în viitor, de regulă cu o frecvență mai mare;
- este esențial ca sectorul de apă-canal să-și concentreze eforturile spre ceea ce este cu adevărat important și nu să-și disperseze resursele în zone nerelevante pentru scopurile sale, iar acest lucru se poate realiza prin revizuirea periodică a riscurilor.

5. BIBLIOGRAFIE

- [1] SR EN ISO 9001:2015 - Sisteme de management al calității. Cerințe, ASRO, sept.2015;
- [2] SR EN ISO 14001:2015 - Sisteme de management de mediu. Cerințe cu ghid de utilizare, ASRO, nov.2015;
- [3] ISO 31000:2009, Managementul riscului, Principii și linii directoare;
- [4] Daniela Moldovan, Procedura de Managementul riscului, Compania Apa Brașov, 2016.

PORTAL WEB, APLICAȚIE WEBGIS PENTRU EVALUAREA RISCURILOR ÎN CAZUL DEFEȚIUNILOR LA SISTEMUL DE CANALIZARE

Radu Alexandru Marian*, Mircea Ioan Mecea** and Văduva Bugdan***

* Phd.Eng., S.C. VITAL S.A, Gh. Șincai 21, Baia Mare, Maramureș, România,
E-mail: radu.marian@vitalmm.ro, office@vitalmm.ro

** Phd.Eng., S.C. VITAL S.A, Gh. Șincai 21, Baia Mare, Maramureș, România,
E-mail: mircea.mecea@vitalmm.ro, office@vitalmm.ro

*** Phd.Eng., S.C. VITAL S.A, Gh. Șincai 21, Baia Mare, Maramureș, România,
E-mail: bogdan.vaduva@vitalmm.ro, office@vitalmm.ro

Abstract

Present paper presents a special approach of current information in different data bases of the company and how it will be used, in order to have a quick reaction in case of unfortunate event, which would conduct to accidental pollution.

The access and analysis of information is realized with WebGIS, using models and OPEN SOURCE technologies.

Keywords

WebGIS, network of utilities, GIS tool.

1. INTRODUCERE

Societatea S.C. VITAL S.A. este operatorul regional care furnizează/prestează servicii de alimentare cu apă și de canalizare în județul Maramureș.

Preocupările pentru implementarea tehnologiei WebGIS ^[1] datează din anul 2006, când s-a pus problema afișării informațiilor primite de la senzorii de presiune instalați în orașul Baia Mare într-o pagina WEB. Pentru aceasta, s-au făcut măsuratori cu sisteme GPS ^[2], iar după realizarea paginii, informațiile au fost puse în valoare prin afișarea presiunilor pe o hartă, în timp real. Datele obținute în urma măsurărilor pot fi folosite și la determinarea zonelor din oraș care ar putea fi afectate de inundații^[3], în cazul în care ar apărea avarii ale rețelelor. În continuare, s-a studiat impactul hidrologic al avariilor^[4] rețelelor asupra zonei rurale. În următoarea etapă a studiului^[5] s-au luat în calcul și datele de la radarul meteorologic și s-au analizat diverse scenarii determinând în final, simularea scurgerii apei din rețeaua avariata. Rezultatele obținute au fost:

- determinarea zonelor și posibililor clienți afectați de avarie;
- crearea unui model GIS pentru zonele rurale;
- dezvoltarea unor metodologii de calcul a volumului de apă evacuat, în cazul unei spărturi în conducta de apă;
- harta zonelor inundabile în cazul apariției unei avarii majore;
- determinarea impactului hidric al rețelelor de apă avariate, în funcție de mai mulți parametri.

Preocuparea pentru GIS s-a concretizat prin realizarea unui portal, cu ajutorul căruia să se poată realiza un management^[6] performant al rețelelor.

Regionalizarea a reprezentat o provocare pentru companie, aceasta trebuind să facă față diverselor probleme apărute în cadrul acestui proces. O problemă majoră a fost găsirea unei modalități de a gestiona multiplele informații și de a comunica EFICIENT și în TIMP REAL cu

toate compartimentele (tehnic, economic, operativ, suport), care împreună asigură serviciul de alimentare cu apă și canal.

Pentru a putea avea o colaborare între compartimentele societății, a fost implementat un portal WEB în care personalul, pe bază de utilizator, parolă și drepturi de acces, poate vedea și consulta diferitele baze de date ale societății. Portalul a fost gândit și creat ca un instrument de management cu ajutorul căruia să se poată monitoriza întreaga activitate, iar în urma analizelor realizate pe datele obținute, să se poată lua deciziile corecte, atât din punct de vedere tehnic, cât și economic. Cu ajutorul portalului pot fi integrate datele rezultate de la diversele compartimente ale societății: relații cu clienții, dispecerat, GIS, comercial - abonați, contabilitate, managementul activelor, proiectare, exploatarea rețelelor și SCADA, obținându-se analize spațiale foarte complexe.

2. CONȚINUTUL LUCRĂRII

Managementul rețelei de canalizare reprezintă o componentă importantă a activității pe care o desfășoară societatea, iar evaluarea riscurilor care pot să apară în cazul unor defecțiuni ale elementelor sistemului constituie o preocupare majoră.

Pentru a putea face analize, a trebuit ca rețeaua de canalizare să fie digitalizată, iar pentru aceasta s-au parcurs următoarele etape:

- consultarea documentelor existente în cadrul societății;
- scanarea planurilor;
- georeferențierea planurilor;
- culegerea de informații de la departamentul care se ocupă cu exploatarea rețelei;
- desenarea într-un strat temporar a traseului rețelei în sistemul național de coordonate Stereo70;
- măsurarea poziției căminelor de canal;
- măsurarea și fișarea conductelor care intră și ies din căminul de canal;
- realizarea de poze;
- prelucrarea pozelor pentru reducerea dimensiunii;
- scanarea fișelor;
- introducerea elementelor fișelor într-o bază de date;
- redesenarea în alt strat/model în poziția corectă a traseului rețelei în sistemul național de coordonate;
- actualizarea permanentă a informației.

Digitalizarea rețelei s-a realizat cu AutoCAD Map / Raster Design, dar din cauza costurilor mari de licențiere pentru lucrul colaborativ, s-a încercat trecerea către produse și tehnologii OPEN SOURCE/WEBPORTAL.

În perioada 2011-2015, prin derularea proiectului de investiții “Extinderea și reabilitarea infrastructurii de apă și apă uzată în județul Maramureș”, proiect cofinanțat din Fondul de Coeziune POS Mediu, a fost implementat un model matematic al rețelelor de canal existente la acea dată în baza de date a societății. Acest model este de tip OPEN SOURCE și poate fi descărcat de pe internet de la următoarea adresă:

<https://github.com/QGEP/datamodel>

și folosește pentru rețelele de canal standardele elvețiene SIA 405 și VSA-DSS:

<http://www.sia.ch/de/dienstleistungen/sia-norm/geodaten/>

<https://www.vsa.ch/fachbereiche-cc/siedlungsentwaesserung/vsa-dss/>

Datele existente au fost migrate într-o bază de date PostgreSQL cu extensia spațială PostGIS instalată. În aplicația WebGIS au fost implementate formularele necesare descrierii elementelor de rețea, datele putând fi editate și actualizate.

Pentru editarea și crearea datelor spațiale, s-a folosit pe calculatoarele din dotarea biroului GIS, un program care nu necesită licență, fiind de tip OPEN SOURCE – QGIS și care poate fi

descărcat de la următoarea adresă:

<http://www.qgis.org/en/site/forusers/download.html>

Programul este o alternativă gratuită pentru softurile GIS comerciale proprietare și beneficiază de suportul comunității internaționale.

Valorificarea datelor introduse în sistem prin implicarea altor compartimente din cadrul societății a fost îngreunată de anumite probleme:

- distribuirea geografică regională a utilizatorilor;
- cunoștințelor limitate în utilizarea programelor GIS;
- necesitatea reinstalării repetate a programelor;
- refacerea unitară a structurii proiectului în cazul apariției unor modificări;
- etc.

Soluția identificată a fost implementarea unei platforme bazată pe tehnologie WEB.

Avantajele sunt multiple:

- în cazul modificării proiectului, setările se fac într-un singur loc, reducând semnificativ timpul de administrare;
- utilizatorul are acces la resursele disponibile în funcție de drepturile setate de administrator;
- utilizatorul nu mai poate modifica interfața proiectului, nemaifiind nevoie de intervenția administratorului;
- utilizatorul nu mai poate adăuga alte seturi de date salvate în alte diferite locații, păstrând astfel unitar proiectul;
- toți utilizatorii au acces la același set de date, îmbunătățind continuu precizia proiectului;
- există salvat un istoric al modificărilor, existând posibilitatea de a reveni în cazul unor erori.

Acuratețea cu care pot fi desenate în portal datele spațiale este dată de precizia aparatelor cu care se fac măsurătorile. În cazul nostru, am folosit GPS-uri cu dublă frecvență și corecții diferențiale, obținând o precizie centimetrică. Coordonatele punctelor măsurate în sistemul ETRS89 au fost transformate în sistemul național Stereo70 cu ajutorul parametrilor de transformare furnizați de ANCPI, folosind aplicația TRANSDAT. Pentru locațiile în care nu s-au putut efectua măsurători GPS, s-a folosit o stație totală și un soft de prelucrare a măsurătorilor. În final, s-a obținut un fișier cu coordonatele punctelor în sistemul național, care poate fi încărcat în portal (Figura 1.) și folosit ca bază pentru desenarea elementelor rețelei de canal.

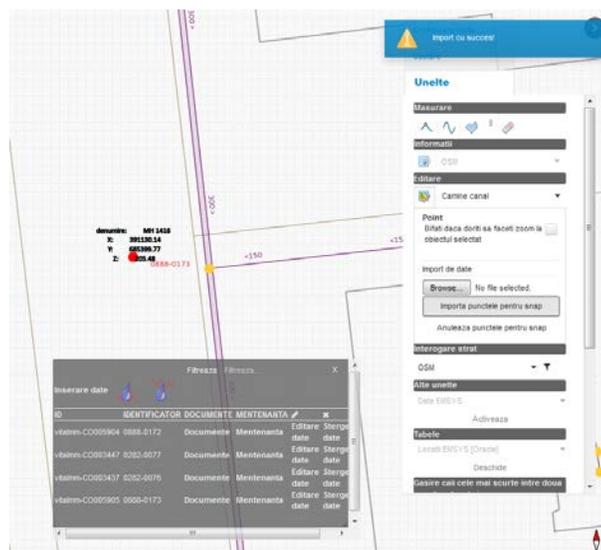


Figura 1. Importarea fișierelor de coordonate necesare spațializării informației

Din portal se pot crea sau modifica (Figura 2.) toate elementele componente ale rețelei de canal.



Figura 2. Editarea datelor în timp real

Acestea sunt descrise cu ajutorul atributelor (Figura 3.) care pot fi alese din liste derulante, eliminând astfel erorile de introducere a datelor.

HomeERP

Ecranul de introducere/editare date

General Conducta Element canal Legatura Structura canalizare Puncte legate

General

Diametru conducta 200

Material plastic_PVC

Proprietar date

De la 201.805

Pozitionare orizontala accurate

Functie ierarhica swwf.other

Utilizare curenta combined_was

Stare operational.ope

An constructie

Observatii

Identificator

Strat interior

La

Functie hidraulica

Utilizare propusa

clean_wastewater

discharged_combined_wastewater

creek_water

rain_wastewater

combined_wastewater

industrial_wastewater

wastewater

unknown

other

clean_wastew

Salvare Renunta

Figura 3. Formulare pentru introducerea corectă a datelor

ERP-ul companiei conține o bază de date cu clienții, dar în acesta nu este înregistrată locația geografică și nici căminul în care este realizat racordul la rețeaua de canal. Pentru a putea rezolva aceasta problemă în portal s-a creat o modalitate de atașare de geometrie unei locații de client (Figura 4.). Din meniul “Unelte” pot fi selectate codurile de locații client din ERP, la care li se atașează geometria căminului de racord.

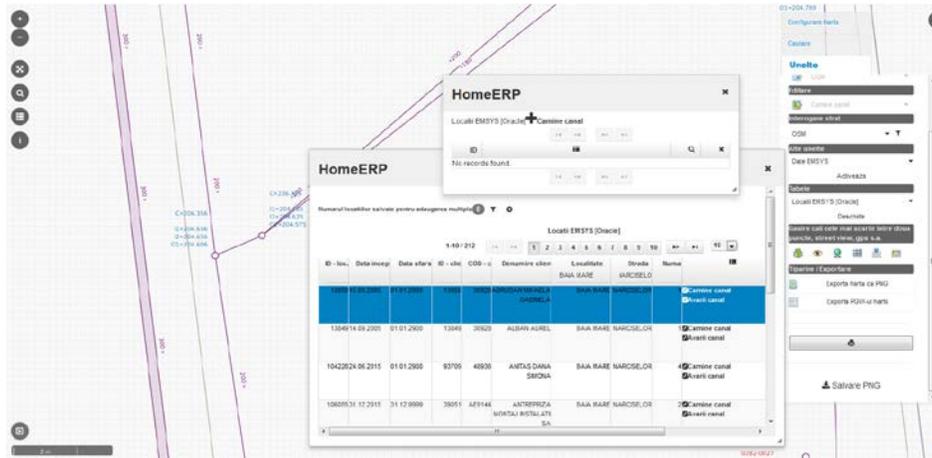


Figura 4. „Unealta” pentru realizarea interconexiunii între baza de date GIS și baza de date a sistemului ERP

Tot cu ajutorul portalului web pot fi atașate, pe lângă poze, fișa căminului de canal, documente din istoricul managementului activelor, date comerciale, date tehnice și alte documente relevante pentru descrierea și exploatarea rețelilor de canal. (Figurile 5,6,7.)

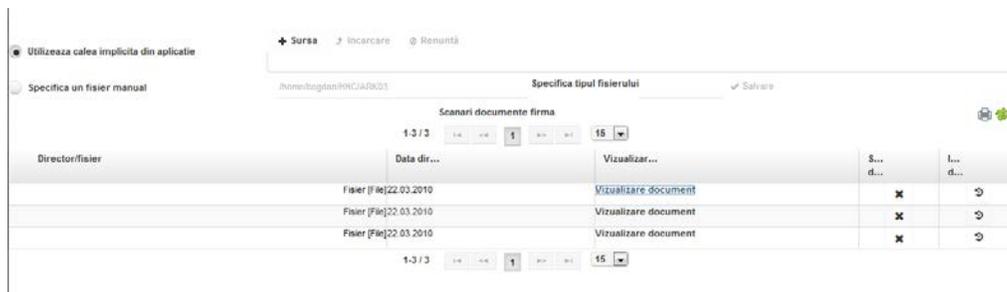


Figura 5. „Unealta” pentru atașarea de documente

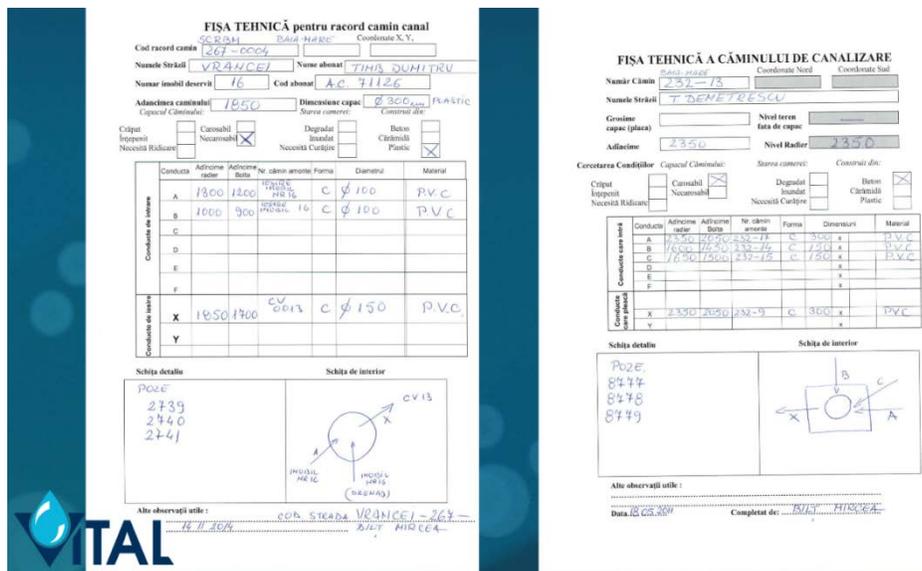


Figura 6. Tipuri de documente atașate



Figura 7. Imagini atașate elementelor componente ale rețelei

Dacă există introdusă informația, aceasta poate fi vizualizată ulterior foarte ușor prin interogarea stratului care conține elementul respectiv (Figura 8.).

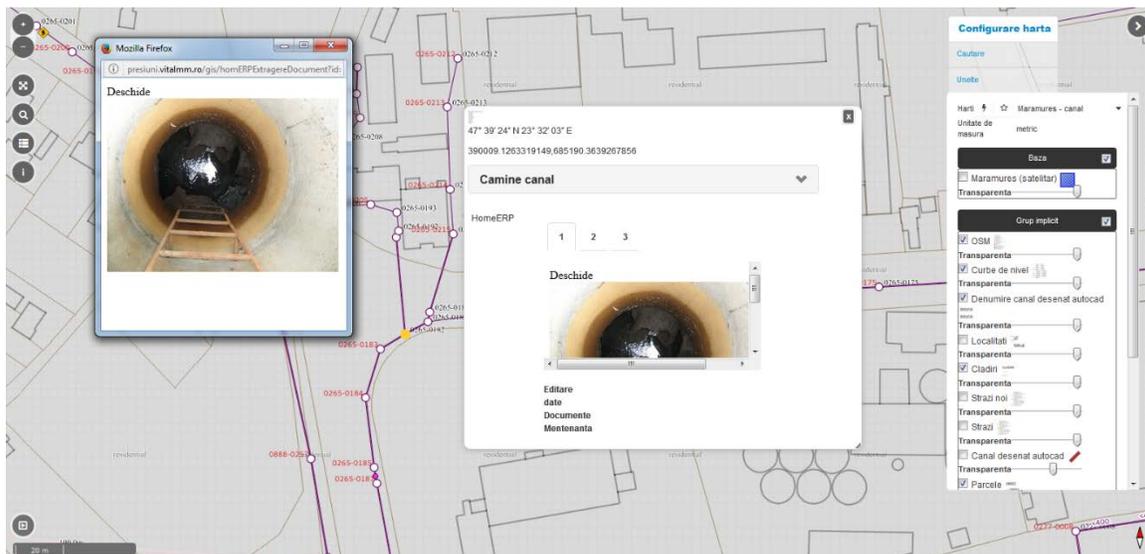


Figura 8. Afișarea informației atașate

După introducerea datelor, se poate vizualiza profilul rețelei (Figura 9.) de canalizare, putându-se verifica ușor, dacă acestea au fost introduse corect sau, dacă există erori de proiectare sau execuție.

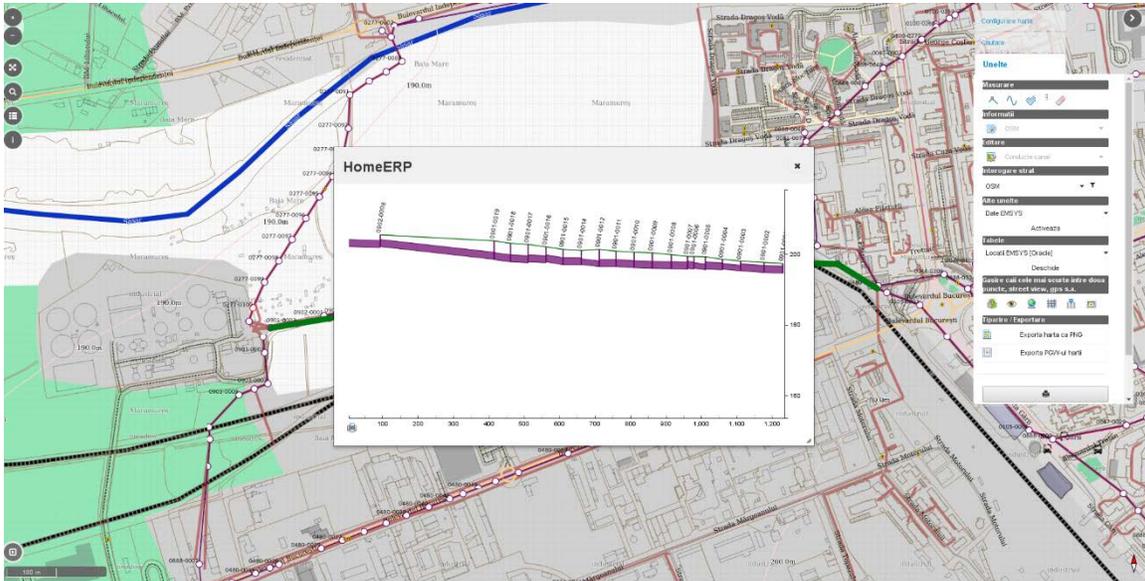


Figura 9. Vizualizarea profilului rețelei de canalizare

Lucrarea de față, în cadrul temei ”Aspecte de mediu - Riscuri în exploatarea rețelelor“, își propune să arate modul în care societatea noastră acționează în cazul producerii unei avarii, pentru diminuarea riscurilor de producere a unor prejudicii asupra mediului.

În cazul în care a fost înregistrată o avarie, în portal se introduce locația ei (Figura 10.).

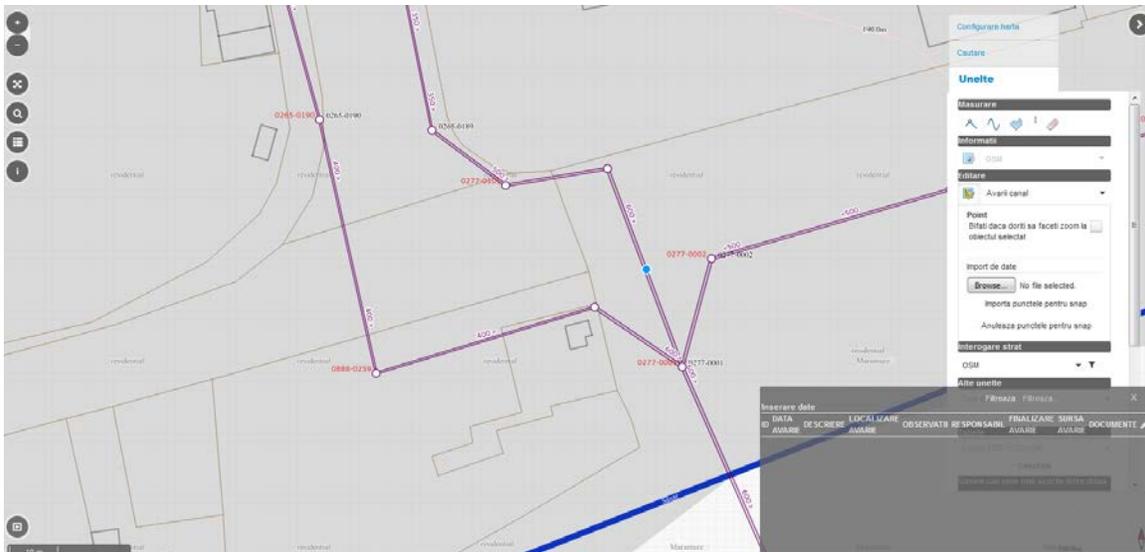


Figura 10. Poziționarea pe hartă a avariei

După introducerea locației, se completează un formular în care se completează detalii despre avarie. (Figura 11.)

HomeERP

Reseteaza valorile implicite

Ecranul de introducere/editare date

Data avarie: 28.03.2017

Localizare avarie: carosabil

Observatii: zona verde nu este afectata

Responsabil: Avram

Finalizare avarie: 28.03.2017

Cost: March 2017

Su	Mo	Tu	We	Th	Fr	Sa
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30	31	

Salvare Salvare (si seteaza valorile completate ca valori implicite) Renuntă

Figura 11. Descrierea avariei

Aplicația WebGIS poate face analiza zonei afectate de poluarea accidentală sau avaria unui element al rețelei de canalizare. (Figurile 12,13.)

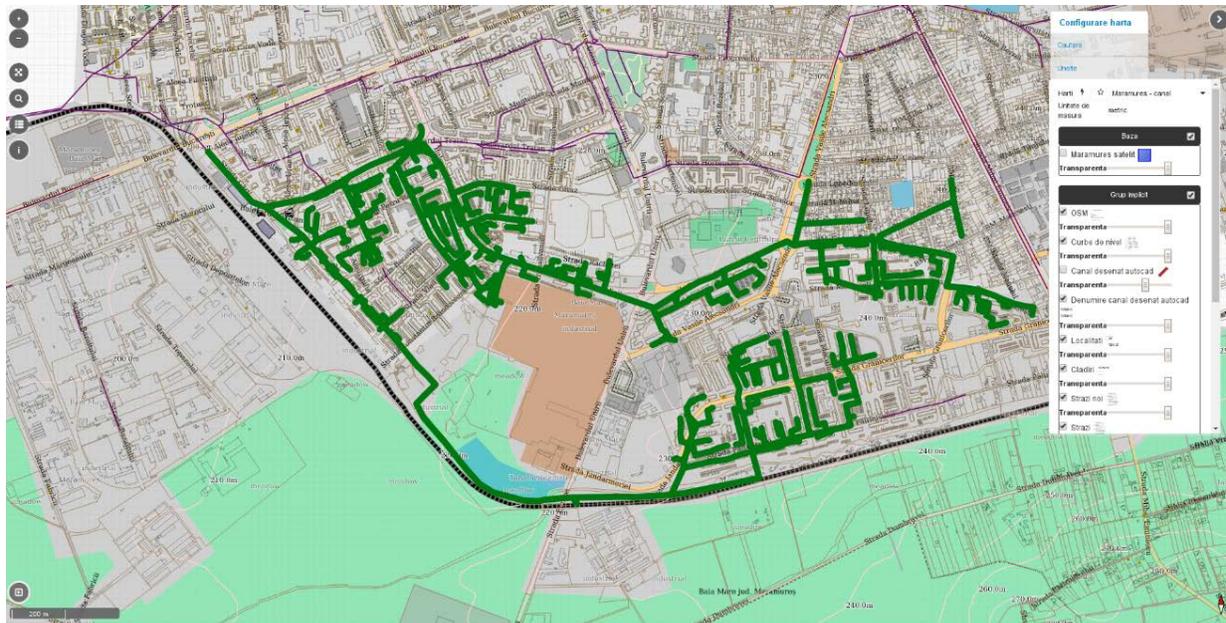


Figura 12. Rezultatele analizei spațiale

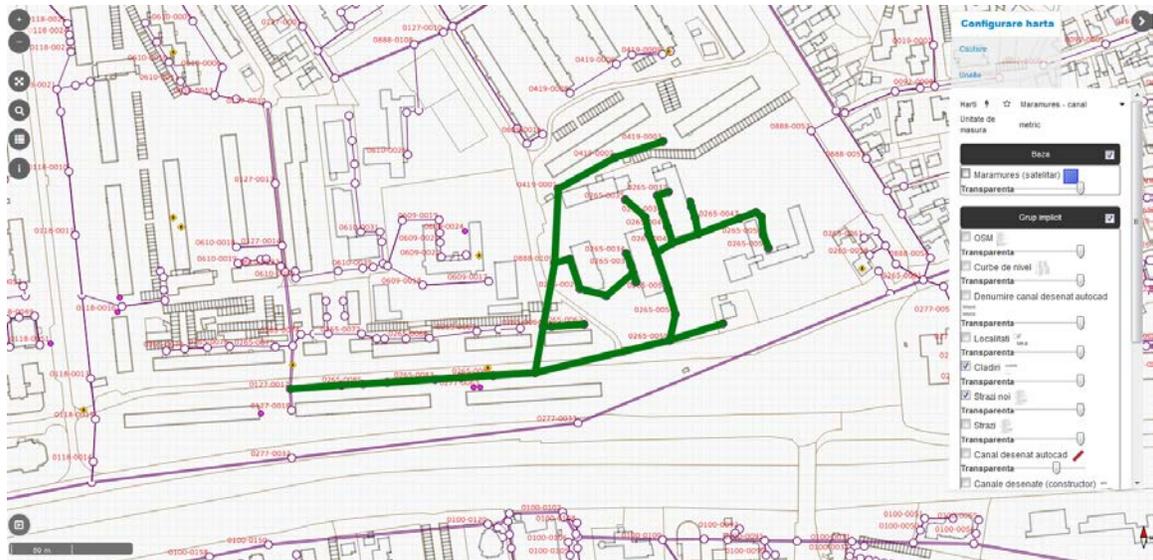


Figura 13. Stabilirea zonei afectate

După identificarea zonei din care se colectează apele uzate, se pot determina zonele care ar putea fi afectate în cazul în care rețeaua de canalizare nu funcționează. (Figura 14.)

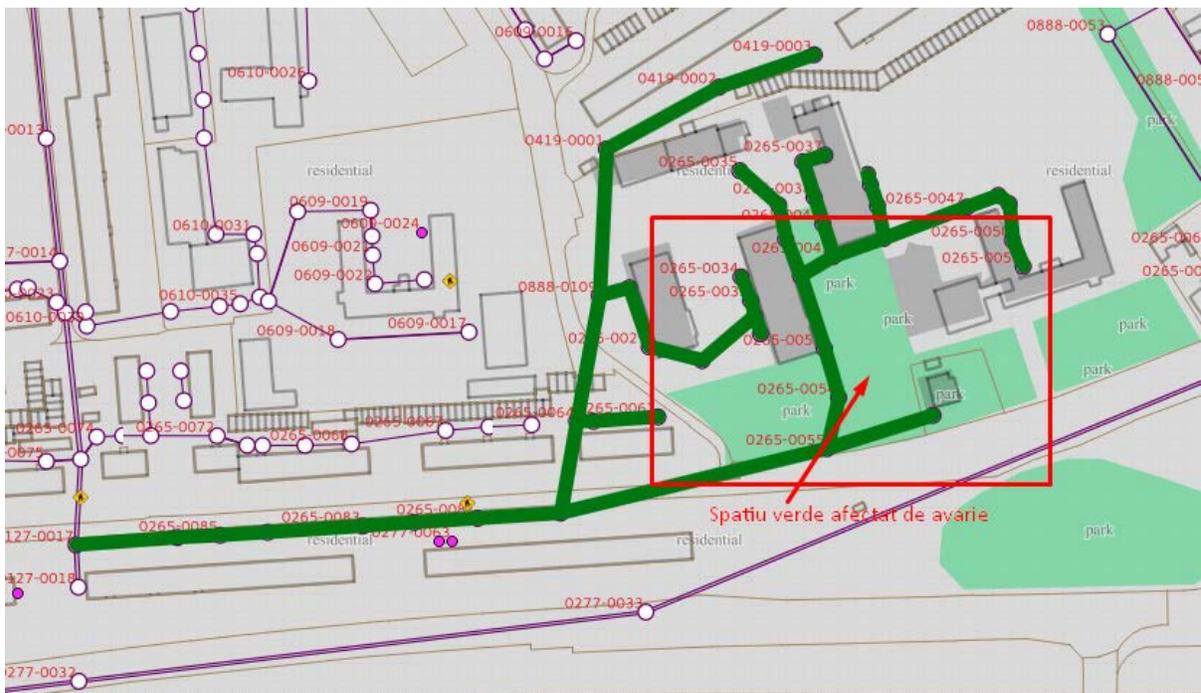


Figura 14. Determinarea suprafeței spațiului verde afectat

Ordonanța de Urgență a Guvernului numărul 68/2007, privind răspunderea de mediu cu referire la prevenirea și repararea prejudiciului asupra mediului, impune operatorului regional să ia măsuri în vederea diminuării riscurilor de producere a unor prejudicii asupra mediului.

Conform art. 14. – (1) „Operatorul este obligat să:

- a) acționeze imediat pentru a controla, izola, elimina sau, în caz contrar, pentru a gestiona poluanții respectivi și/sau orice alți factori contaminanți, în scopul limitării sau prevenirii extinderii prejudiciului asupra mediului și a efectelor negative asupra sănătății umane sau agravării deteriorării serviciilor;
- b) ia măsurile reparatorii necesare, conform art. 17–19. Dacă a fost creat un astfel de prejudiciu, operatorul trebuie să identifice poluatorul, să îl facă să răspundă financiar și să urmărească ca un astfel de eveniment să nu se mai producă.”

În cazul în care se constată că o avarie majoră la sistemul de canalizare ar putea bloca funcționarea rețelei de canalizare, dispecerul poate să:

- anunțe abonații să utilizeze minimal sistemul, astfel încât să nu se producă o poluare accidentală;
- coordoneze intervenția cu autospeciale pentru vidanjarea și transportul apelor uzate în alte puncte de descărcare autorizate din rețea;
- furnizeze informații tehnice clare pentru intervenția rapidă în vederea eliminării blocajului;
- restrângă zona de proveniență a poluării și să identifice potențialul poluator (Figura 15.).

Cod abonat	Nume abonat	Fisa client	Citiri
AE			
AE31845	ABLE SRL	Fisa client	Citiri
AE139	BETULLA SRL	Fisa client	Citiri
AE522	BIBLIOTECA JUD.PETRE DULFU BAIA MARE	Fisa client	Citiri
AE1709	C.N. POSTA ROMANA S.A.	Fisa client	Citiri
AE662	CAB.MED.ASOciate DR.BALC	Fisa client	Citiri

Figura 15. Identificarea posibilului poluator

Cu ajutorul aplicației WebGIS, se poate obține ușor un raport al clienților, care trebuie verificați (din informațiile deja existente în contractul de furnizare întocmit cu agenții economici), în cazul apariției unei poluări accidentale, reducând semnificativ timpul de reacție al echipei care se ocupă cu prelevarea probelor necesare documentării incidentului respectiv.

3. CONCLUZII

În urma implementării soluției prezentate s-au obținut următoarele beneficii:

- un management performant;
- o viteză de reacție crescută a echipelor de intervenție în cazul apariției unui incident;

- o planificare mai exactă a activității;
- o reducere a costurilor generate de avarie a rețelei de canalizare;
- eficientizarea managementului activelor;
- costuri reduse cu instruirea personalului;
- reducerea semnificativă a costurilor;
- posibilitatea utilizării instrumentelor portalului în teren cu ajutorul dispozitivelor mobile;
- o îmbunătățire a imaginii companiei.

Prin multitudinea datelor integrate, portalul implementat are funcții complexe, de analiză și prognoză a întregului sistem, oferind informații pertinente și în timp real, atât pentru top-management, managementul de linie, cât și pentru operatori. Platforma poate fi folosită de toate compartimentele societății, pentru a lua cele mai bune decizii, adaptate situației și momentului.

4. BIBLOGRAFIE

- [1] *Văduva B., Marian R. A., Haidu I.*, The use of geotools library în developing WEB GIS dashboards for pressure sensors, *Geographia Technica*, no. 2, p. 77-84, 2007;
- [2] *Văduva B., Marian R. A., Keller I. E.*, Integrate GPS surveys and PDA to gather the necessary data for a hydraulic model of water management systems, *Buletinul Institutului Politehnic din Iași, Secția Hidrotehnică*, tomul LV (LIX), Fasc. 1, pp. 47-54., 2009;
- [3] *Keller I. E., Bilașco Ș., Haidu I., Văduva B.*, Using GIS to determine the flooded areas and risk assessment in the water supply system, *RevCAD – Journal of Geodesy and Cadastre*, Alba Iulia nr. 10, pp. 239-248, 2010;
- [4] *Marian R. A., Haidu I., Crăciun I. A., Văduva B.*, GIS utility for hydrological impact evaluation caused by damages of water supply network in rural areas. Applications in Baia Mare Depression, *Geographia Napocensis*, anul VI, nr. 2, pp. 103 – 109, 2012;
- [5] *Marian R. A.*, Geoinformatics Study Regarding the Hydrological Impact of the Damage to Water Supply Networks in Rural Areas. Application to Baia Mare Depression, PhD Thesis, Babeș Bolyai University Cluj-Napoca, 2013;
- [6] *Matuz B. T., Marian R. A., Văduva B.*, New methods in the management of water networks, *Revista de Management și Inginerie Economică*, Vol. 15, Nr. 4, pp. 726 – 745, 2016.

ASPECTE LEGATE DE MEDIU PRIVIND STAȚIA DE EPURARE CĂLĂRAȘI

Vintilă Daniela Andreea* and Andrei Ștefan Mihai**

* Ecoaqua S.A., Sucursala Călărași, Str. Progresul, Bl. BBB, Călărași,
E-mail: epurare.magureni@yahoo.com

** Ecoaqua S.A., Sucursala Călărași, Str. Progresul, Bl. BBB, Călărași,
E-mail: epurare.magureni@yahoo.com

Abstract

Water is vital and crucial for life. In the absence of water, it is inconceivable the existence of all human life, and thus the balance of biodiversity on the planet. Although the existence of life is determined by water that allows and provides all human activity, it is also a collector of waste from human activities. Because of the importance of water, now the major concern of human society account in avoiding and even reduce water pollution, in order to maintain natural water resources to benefit them in the future.

Keywords

Waste water treatment plant, waste water, sludge.

1. INTRODUCERE



Figura 1. Prezentare generală - Călărași

Călărași, municipiul reședință de județ atestat documentar în anul 1791 se află amplasat pe malul stâng al brațului Borcea, fiind dependent în bună măsură de calitatea și debitul fluviului Dunărea, ținând cont de faptul că alimentarea cu apă potabilă a orașului este din sursă de suprafață respectiv din Dunăre, în amonte de desprinderea brațului Borcea din fluviu. Fluviul Dunărea delimitează județul în partea de sud și sud-est, pe o lungime de 150 km.

ECOQUA SA Călărași a fost înființată în anul 2004, fiind o societate pe acțiuni având ca acționari autoritățile locale. Ca operator al serviciilor de alimentare cu apă și de canalizare al județului Călărași ECOQUA SA și-a început activitatea în luna decembrie 2004 în orașele Călărași, Oltenița și Lehliu-Gară, în anul 2005 în orașul Budești, în anul 2006 s-a realizat extinderea în județul Ialomița, prin preluarea municipiului Urziceni, iar în mai 2007 a urmat și orașul Fundulea.

Pentru atingerea obiectivelor de mediu, până în prezent, ECOQUA SA Călărași a accesat fonduri externe rambursabile, în valoare totală de 95.660.825 Euro, prin demararea a 2 proiecte:

1. Programul de dezvoltare a infrastructurii în orașe mici și mijlocii SAMTID (2002-2006)
2. Proiectul major CCI 2007 RO 161 PR 003 - Extinderea și reabilitarea sistemelor de alimentare cu apă și de canalizare în județul Călărași

Componentele proiectului, materializate în 11 contracte de lucrări și 2 contracte de servicii, implică extinderea și reabilitarea sistemelor de alimentare cu apă și de canalizare în cele 6 aglomerări (Călărași, Urziceni, Oltenița, Lehliu-Gară, Fundulea și Budești) implicate în proiect, precum și servicii de asistență tehnică pentru managementul proiectului și supervizarea lucrărilor.

Unul din aceste contracte de lucrări îl reprezintă Stația de Epurare Călărași, denumit "CL-5 Extinderea și reabilitarea stației de epurare a apelor uzate Călărași".

Stația de Epurare Călărași a fost pusă în funcțiune în septembrie 2012 linia apei, iar linia nămolului în martie 2013.

Deși nu este un oraș foarte mare, preocuparea pentru epurarea apelor uzate urbane a existat încă din anul 1966 când, la Călărași a fost executată o stație de epurare, amplasată în partea de est a orașului în extravilan, în apropierea brațului Borcea. Începând cu anul 1985, când orașul a fost extins pe verticală, a fost începută execuția unei noi stații de epurare printr-o investiție comună a municipalității și a CSC (Combinatul Siderurgic Călărași), dimensionarea acesteia a fost făcută în perspectiva dezvoltării industriale a orașului. În 1990, investiția a fost oprită, partea de fermentare anaerobă a nămolului nu a mai fost executată, rămânând în exploatare treapta de epurare mecano-chimică.

Deoarece România a declarat întregul său teritoriu ca zonă sensibilă la eutrofizare, datorită așezării sale geografice în cadrul bazinului Dunării și al Mării Negre este imperios necesară luarea de măsuri pentru protejarea mediului acvatic. Astfel, operatorul împreună cu factorii decizionali din cadrul administrației publice au demarat în anul 2007 procedurile pentru implementarea proiectului „Extinderea și reabilitarea sistemelor de alimentare cu apă și de canalizare în județul Călărași” prin POS MEDIU 2007-2013, respective proiectul CCI 2007 RO 161 PR 003 „Reabilitarea și extinderea stației de epurare a apelor uzate Călărași”.

Conformându-se termenului 31.12.2015, operatorul a pus în funcțiune la paramentrii proiectați noua stație de epurare terțiară, cu nitrificare/denitrificare pentru eliminarea azotului și eliminarea avansată a fosforului, răspunzând astfel cerințelor UE, dar în același timp demonstrând că are grijă de sursa de apă din care se alimentează orașul.



Figura 2. Stația de Epurare Călărași

2. PREZENTAREA STAȚIEI DE EPURARE

Tabel 1. Date generale de proiectare a Stației de Epurare Călărași pe linia apei

Parametrul	Unitate de măsură	Valoare
Debit $Q_{h, \min}$	m^3/h	324
Debit mediu zilnic $Q_{zi, \text{med}}$	m^3/zi	18.300
	m^3/h	800
Debit maxim zilnic $Q_{zi, \text{max}}$	m^3/zi	21.800
	m^3/h	1260

Sistemul Scada

Pentru gestionarea și monitorizarea procesului tehnologic de epurare a apelor uzate este instalat un sistem de comandă a proceselor, care respectă cerințele speciale ale unei stații de epurare a apelor uzate.

Pentru sectoarele parțiale sunt create scheme de proces pentru o deservire eficientă, precum și pentru monitorizarea întregii stații de epurare a apelor uzate.

2.1. Linia apei

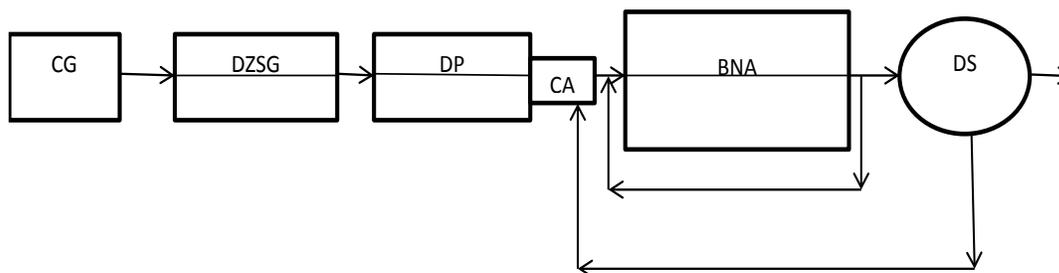


Figura 3. Schema convențională - linia apei SEAU Călărași

CG – clădirea grătarelor
DZSG – deznisipator și separator de grăsimi
DP – decantor primar
CA – cameră amestec apă uzată-nămol activ
BNA – bazin de nămol activ
DS – decantor secundar

Stația de Epurare Călărași a apelor uzate include:

Treapta de filtrare mecanică

- Cameră de admisie;
- Clădirea grătarelor cu sistem de filtrare fină și grosieră, sortator de nisip;
- Deznisipator cu două circuite, aerat, cu colector pentru grăsimi;
- Stație de suflante pentru deznisipator;

- Decantor primar cu două circuite, sub formă de bazin dreptunghiular;
- Bazin de retenție/avarie cu stație de pompare inclus;
- Stație de pompare pentru apele uzate interne.

Încărcarea apei conform NTPA 002

ECOQUA SA CALARASI
Sucursala Calarasi
Laborator analize fizico-chimice- Statia de Epurare

Buletin de analiza nr. 1 Din data de 17.03.2017. Nr exemplar 1 privind
determinarea parametrilor fizico-chimici din apa uzata

Localitatea: Calarasi
Punct de recolta: Intrare Statie
Recoltat de: Manea Ecaterina
Data recoltarii: 1.03.2017
Proba de apa: uzata
Scopul determinarii: **Monitorizare de control**, Sesiizare,

Nr. Crt	Parametrul fizico-chimic	Unitatea de masura	Valoarea determinata	Norme conform N.T.P.A 002/2002	Metoda de analiza
1	pH	Unit pH	7,68	6,5-8,5	SR ISO 10523:2012
2	Materii totale in suspensie	mg/l	146	350	SR EN 872/2009
3	Reziduu filtrat la 105° C	mg/l	556	-	STAS 9187/1984
4	Amoniu	mg/l	27,8	30	SR ISO 7150-1/2001
5	Nitriti	mg/l	0,366	-	SR EN ISO 26777:2002
6	Nitrati	mg/l	1,32	-	SR ISO 7890-3:2000
7	Cloruri	mg/l	86,88	-	SR ISO 9297/2001
8	CCO-Cr	mg O ₂ /l	227,76	500	SR ISO 6060:1996
9	CBO ₅	mg O ₂ /l	188,17	300	SR EN 1899-1/2003
10	Azot total	mg/l	36,99	-	SR EN ISO 11905-1/2003
11	Fosfor total	mg/l	4,39	-	SR EN ISO 6878-2008

Rezultatul se refera la proba analizata. Buletinul de analiza nu poate fi reprodus decat cu acordul scris al laboratorului.

Concluzii: Proba corespunde din punct de vedere chimic N.T.P.A 002/2002.

Lucrat de : Manea Ecaterina

Sef laborator,
Biolog: Untescu Bobelea

Aprobat/Validat,
R.A.C. Ing: Ghenghea Lucretia





Figura 4. Treapta de filtrare mecanică

Treapta biologică

- Bazin pentru nămolul activat cu două circuite, bazin combinat în cascadă;
- Decantor secundar cu două linii, bazin circular;
- Instalație de pompare de retur cu recirculația nămolului;
- Pompe pentru recircularea nămolului activat;
- Stație de suflante.



a)

b)

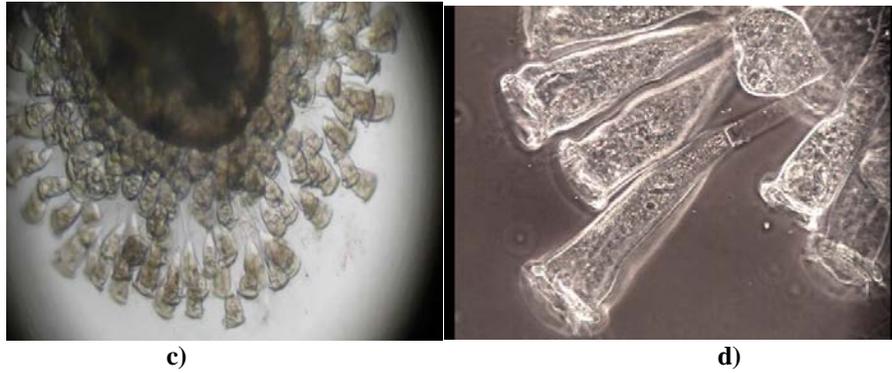


Figura 5. Bacteriile din namolul activ (a-vorticella; b-arcella; c-carchesium; d-opercularia)



Figura 6. Treapta biologică

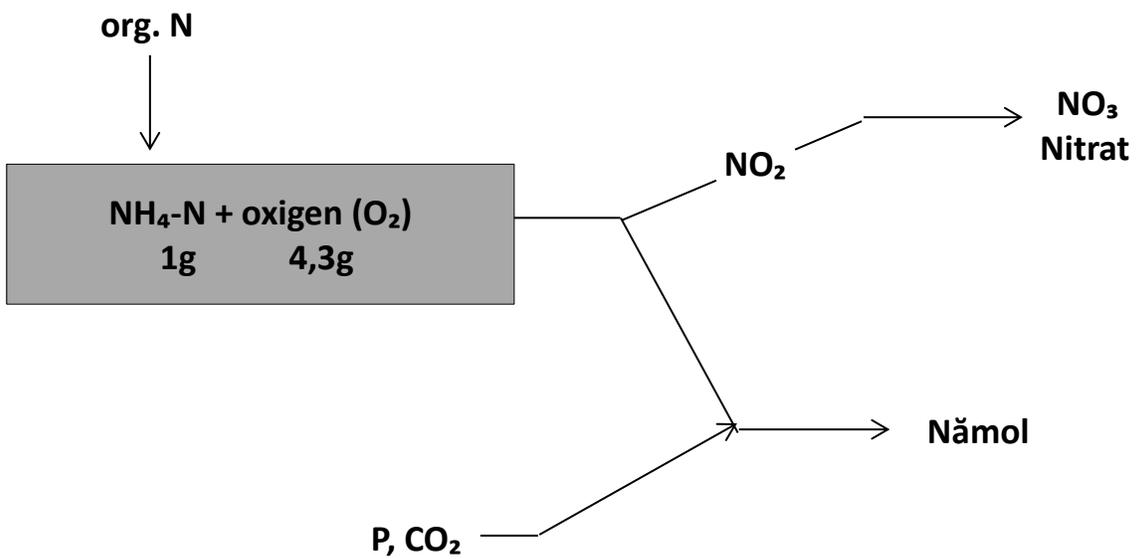


Figura 7. Bacterii nitrificatoare autotrofe

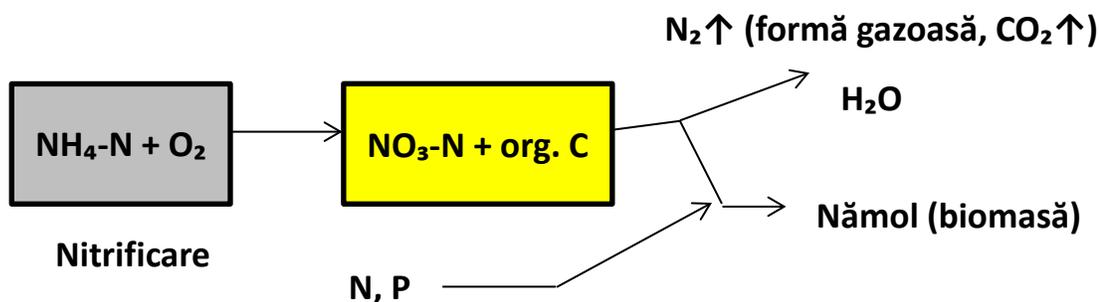


Figura 8. Denitrificare - Proces anaerob

Încărcarea apei conform NTPA 001

ECOQUA SA CALARASI
Sucursala Calarasi
Laborator analize fizico-chimice- Statia de Epurare

Buletin de analiza nr. 2 Din data de 17.03.2017. Nr exemplar 1 privind
determinarea parametrilor fizico-chimici din apa epurata

Localitatea: Calarasi
Punct de recolta: Iesire Statie
Recoltat de: Manea Ecaterina
Data recoltarii: 19.08.2016
Proba de apa: epurata
Scopul determinarii: Monitorizare de control, Sesizare,

Nr. Crt	Parametrul fizico-chimic	Unitatea de masura	Valoarea determinata	Norme conform N.T.P.A 001/2002	Metoda de analiza
1	pH	Unit pH	7,11	6,5-8,5	SR ISO 10523:2012
2	Materii totale in suspensie	mg/l	30	60	SR EN 872/2009
3	Reziduu filtrat la 105° C	mg/l	408	2000	STAS 9187/1984
4	Amoniu	mg/l	0,265	3	SR ISO 7150-1/2001
5	Nitriti	mg/l	0,276	2	SR EN ISO 26777:2002
6	Nitrati	mg/l	30,99	37	SR ISO 7890-3:2000
7	Cloruri	mg/l	81,55	500	SR ISO 9297/2001
8	CCO-Cr	mg O ₂ /l	29,85	125	SR ISO 6060:1996
9	CBO ₅	mg O ₂ /l	4,22	25	SR EN 1899-1/2003
10	Azot total	mg/l	8,70	15	SR EN ISO 11905-1/2003
11	Fosfor total	mg/l	0,78	2	SR EN ISO 6878-2008

Rezultatul se refera la proba analizata. Buletinul de analiza nu poate fi reprodus decat cu acordul scris al laboratorului.

Concluzii: Proba corespunde din punct de vedere chimic N.T.P.A 001/2002.

Lucrat de : Manea Ecaterina

Sef laborator,
Biolog: Untescu Bobeica Irina

Aprobat/Validat,
R.A.C. Ing: Ghenghea Lucretia

Director,
Ing: Marin Valentinia



Tabel 2. PARAMETRII DE FUNCȚIONARE, ÎNCĂRCARE ȘI EPURARE A STAȚIEI DE EPURARE PE ANUL 2016

Luna	Media lunară CBO ₅ [mg/l]		Media lunară CCOCr [mg/l]		Media lunară N _t [mg/l]		Media lunară P _t [mg/l]		Media lunara SS [mg/l]	
	Influent	Efluent	Influent	Efluent	Influent	Efluent	Influent	Efluent	Influent	Efluent
Parametrii de monitorizare	275	25	410	125	46	15	7	2	320	35
Januarie	168,671	5,731	236,393	37,311	39,17	7,755	2,99	1,0416	174,416	28
Februarie	209,747	6,888	338,829	31,313	45,06	6,968	4,045	0,8024	200,379	27,551
Martie	229,11	4,288	361,94	30,58	49,94	5,217	4,444	0,933	193,80	30,322
Aprilie	223,64	5,969	340,81	33,40	47,708	4,556	5,768	1,985	199,2	34,633
Mai	201,65	5,28	328,796	39,576	47,52	5,0848	5,082	1,37	204,161	28,161
Iunie	219,68	5,97	356,074	57,017	47,725	5,54	4,553	1,551	208,866	31,5
Iulie	212,041	5,309	313,867	33,441	47,88	5,1647	4,752	1,6058	194,677	26,9032
August	188,173	4,8641	272,161	30,413	47,877	4,3175	4,037	1,181	207,774	28,2580
Septembrie	224,03	7,7996	280,906	35,474	44,518	3,938	4,2223	0,577	200,533	22,866
Octombrie	234,471	6,9426	307,038	36,489	44,00	3,7122	4,58387	0,713	199,419	27
Noiembrie	197,525	5,20	252,20	38,60	39,1923	5,30	4,23533	0,5903	193,30	25,40
Decembrie	223,532	5,6483	306,748	41,265	45,040	6,373	4,5741	0,5893	193,967	31,5806
Media anuală	211,022	5,8241	307,980	37,0732	45,4691	5,32718	4,44055	1,0782	197,541	28,51457
Eficiență SE	97.24		87.96		88.28		75.72		85.57	

2.2.1. Propunere

Stațiile de epurare a apelor uzate apelează la tehnologii sofisticate capabile să elimine din apă corpurile dispersate și dizolvate de natură minerală sau organică.

Tehnologia de epurare este o succesiune de procese unitare de natură fizică, chimică și biochimică, care în ansamblul lor reușesc să rețină și neutralizeze corpurile din apă.

Aceste operații unitare se desfășoară în obiecte construite în stația de epurare. Fiecare obiect are în dotare echipamente hidromecanice care sunt antrenate cu energie electrică.

Asadar, în fiecare obiect din SEAU apar consumuri energetice care global, la nivelul stației de epurare, ajung la valori foarte mari.

O cale de eficientizare energetică ar fi amplasarea unei microhidrocentrale pe efluentul stației.

Conversia energiei hidraulice în energie electrică nu este poluantă, presupune cheltuieli relativ mici de întreținere, nu există probleme legate de combustibil și constituie o soluție de lungă durată.

Centralele hidroelectrice au cele mai reduse costuri de exploatare și cea mai mare durată de viață în comparație cu alte tipuri de centrale electrice.

Există o experiență de peste un secol în realizarea și exploatarea CHE, ceea ce face ca ele să atingă niveluri de performanță tehnică și economică foarte ridicate.

Puterea pe care o hidrocentrală o poate produce depinde de cădere, înălțimea H [m] de la care vine apa și de debitul de apă turbinat Q [m³/s].

Căderea determină energia potențială disponibilă al unui amplasament.

O limitare a acestui obiectiv ar fi debitul care nu este constant și căderea.

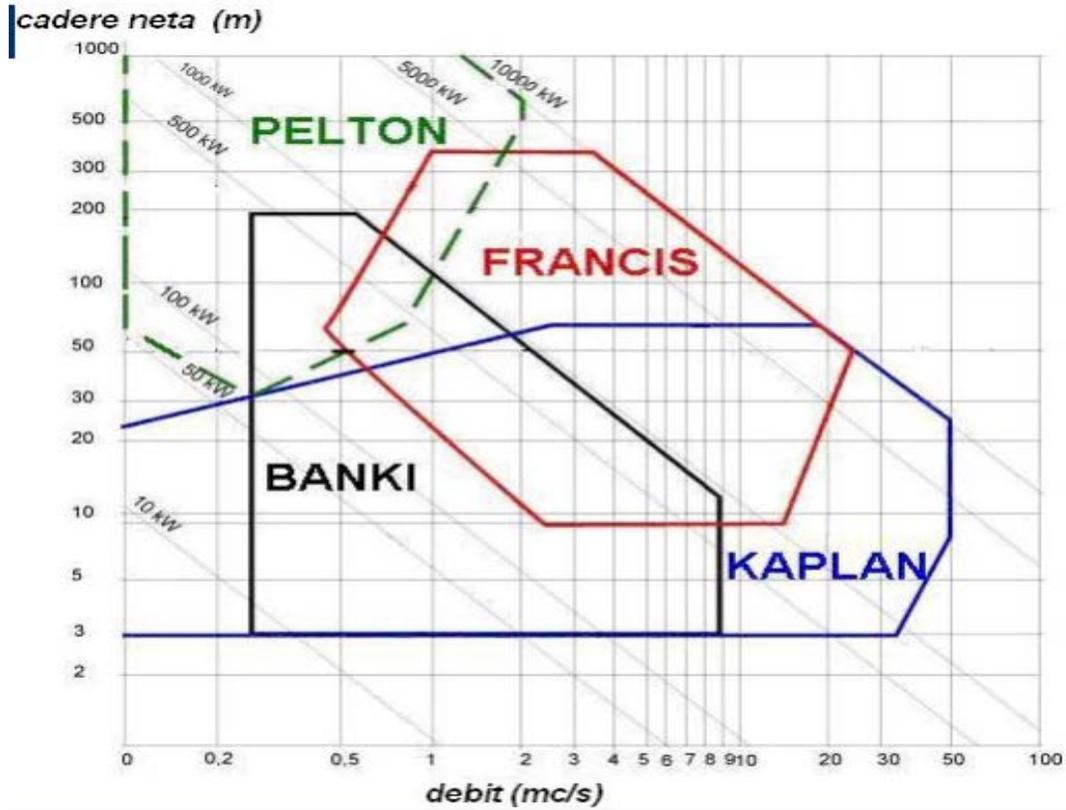


Figura 9. Gama de acțiune a diferitelor tipuri de turbine ca o funcție de cădere și debitul instalat

2.2. Linia nămolului

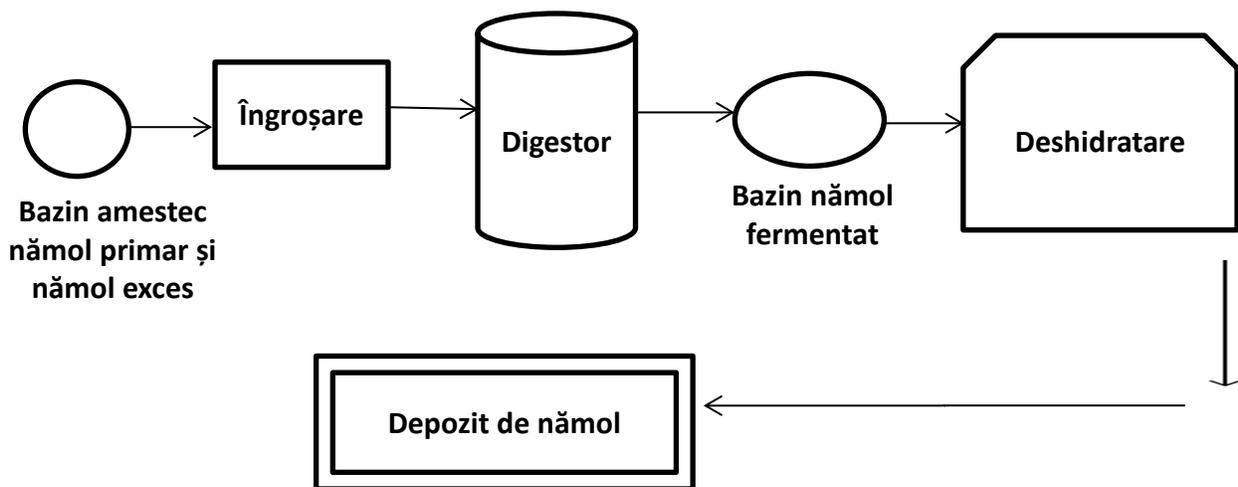


Figura 10. Schemă convențională - Linia nămolului SEAU Călărași

Stația de Epurare Călărași a apelor uzate include:

Tratare chimică a apelor uzate

- Stația dozare agent de precipitare pentru eliminarea fosforului (P)

Tratarea nămolului

- Îngroșător gravitațional/bazin omogenizare nămol primar și în exces;
- Sala mașinilor cu îngroșare mecanică și deshidratarea nămolului;
- Bazine de fermentare a nămolului, 2 bucăți;
- Îngroșător gravitațional/bazin de omogenizare nămol fermentat în exces.

Instalații pentru gazul produs în stația de epurare:

- Filtrarea gazului (filtru piatră și filtru ceramic);
- Rezervoarele de gaz;
- Facla.



Figura 11. Linia nămolului

În urma tratării chimice se urmăresc două aspecte de mediu: formare de biogaz și nămolul deshidratat.

2.2.1. Gazul produs în Stația de Epurare

Pentru valorificarea gazului provenit de la instalațiile de epurare a apelor uzate produs în bazinele de fermentare și stocat intermediar în rezervoarele de gaz, în clădirea mașinilor este instalată o unitate de cogenerare (CHP) cu o capacitate electrică de 150 kW. Energia electrică generată poate fi valorificată direct în stația de epurare a apelor uzate.

Pe fondul creșterii cantităților de nămol de epurare, dar și a limitării căilor de eliminare a acestuia, tratarea termică oferă o alternativă ecologică pentru managementul nămolului. Conceptul reprezintă un pas esențial spre realizarea unei substanțe reciclabile energetic în cicuit închis și oferă operatorilor un mod practic și durabil de gestionare a deșeurilor.

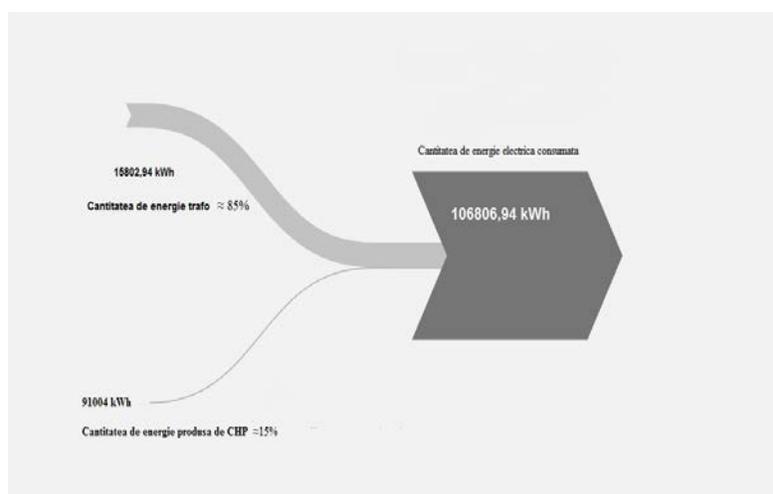


Figura 12. Consumul de energie electrică pe o lună al Stație de Epurare din Calarași

2.2.2. Nămolul deshidratat

Cantitățile de nămol care rezultă din stațiile de epurare sunt tot mai mari de la an la an, necesitând găsirea unor soluții viabile pentru neutralizarea lor. În ultimii ani, pe plan mondial, s-a atins un nivel critic în privința acumulării unor cantități uriașe de reziduuri urbane, care în principal au trei surse majore: industria, canalizarea și igienizarea, acestea fiind colectate de la stațiile de epurare, activitatea gospodărească și stradală, reziduurile fiind colectate din puncte speciale de predepozitare. În urma unor calcule făcute, s-a estimat ca fiecare locuitor produce 800 kg nămol orășenesc (95% apă), sau 25-40 kg materie uscată pe an, cu unele mici variații între țări. Legislația în domeniul gestiunii deșeurilor prevede reducerea cantităților de deșeuri biodegradabile eliminate prin depozitare. Astfel, nu va mai fi permisă eliminarea nămolurilor de epurare pe depozitele de deșeuri periculoase. Aceste nămoluri rezultate de la epurarea apelor uzate vor fi folosite în agricultură (având în vedere compoziția lor preponderent organică), dacă nu pun în pericol calitatea solurilor și a produselor agricole rezultate. Pentru a se putea utiliza drept fertilizant în agricultură, nămolul generat din stațiile de epurare trebuie să îndeplinească condițiile prevăzute în *Directiva 86/278/CEE pentru protecția mediului și în special a solului, când nămolul de epurare este utilizat în agricultură*, transpusă în legislația națională prin Ordinul comun al MMGA și al

MADR nr. 344/708/2004, care este în procedură de modificare și actualizare. De asemenea este necesar să se obțină permisul de utilizare în agricultură.

În urma exploatării stației de epurare pe o perioadă de trei ani s-a ajuns în situația umplerii efective a spațiilor pentru depozitare. Societatea a găsit o utilizare a cantităților de nămol obținute în acest timp, livrand o cantitate totală de 3.500 de tone companiei care a avut ca obiectiv ecologizarea depozitului municipal de deseuri.

Totodată, nămolul deshidratat se poate utiliza în agricultură deoarece:

- Este valoros datorită substanțelor nutritive (N, P);
- Este un producător de humus cu conținut organic ridicat.

Acest lucru poate fi realizabil în condițiile în care s-ar efectua un studiu pedologic asupra solului pe care se dorește utilizarea nămolului.

Pag.2/2

Nr. crt.	Încercare executată	U.M.	Simbol proba/ Valori determinate	Conc. maxima admisibila conf.Ordin 344/2004*	Metoda de încercare
			3397	344/2004*	
1	Cadmiu	mg/kg	1,39	10	SR EN ISO 11885:2009 SR ISO 16174:2013
2	Cupru	mg/kg	142	500	
3	Nichel	mg/kg	76,0	100	
4	Plumb	mg/kg	70,8	300	
5	Zinc	mg/kg	905	2000	
6	Mercur	mg/kg	<0,05	5	EPA 7471B-2007
7	Cobalt	mg/kg	5,95	50	SR EN ISO 11885:2009
8	Crom total	mg/kg	176	500	
9	Arsen	mg/kg	2,77	10	
10	Aluminiu	mg/kg	16855	-	SR ISO 16174:2013
11	Fier	mg/kg	37135	-	
12	pH măsurat la temperatura de 21,4°C	Unitati pH	8,3	-	SR EN 15933:2013
13	Substanța organică	%	47,6	-	SR EN 15935:2013
14	Umiditate	%	78,25	-	SR EN 12880:2002
15	AOX	mg/kg	148	500	SR EN 16166:2003
16	PCB suma compusi 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180	mg/kg	0,09	0,8	SR EN 16167:2013
17	HAP -total	mg/kg	0,55	5	ISO 13859:2014(E)
	- antracen	mg/kg	0,01		
	- benzo(a)antracen	mg/kg	<0,01		
	- benzo fluoranten	mg/kg	0,04		
	- benzo(ghi)perilen	mg/kg	0,03		
	- benzo(a)piren	mg/kg	0,03		
	- crisen	mg/kg	0,03		
	- fluoranten	mg/kg	0,13		
	- indeno(1,2,3-cd)piren	mg/kg	<0,01		
	- naftalina	mg/kg	0,01		
- fenantren	mg/kg	0,18			
- piren	mg/kg	0,09			

*Ordin 344/2004 Norme tehnice privind protecția mediului și în special a solurilor când se utilizează nămolurile de epurare în agricultură.

Observatii:

- rezultatele notate cu "<" reprezintă valorile situate sub limita de determinare a metodei;
- interpretările conținute de prezentul Raport de încercare nu sunt acoperite de acreditarea RENAR.

Interpretarea rezultatelor

Valorile obținute pentru indicatorii analizați se încadrează în concentrațiile maxim admise de Ordinul 344/2004.

DIRECTOR GENERAL,
Dr. chim. Luoana Florentina-Pascu



Sef laborator,
Chim. Liliana Cruceru
Cod PSL-5.10-F2/Ed5-R1

Figura 13. Raport de încercare, Nr. 1364/AI, din 26.04.2016

Pag. 2/2

Nr. crt.	Inercare executata	U.M.	Simbol proba/ Valori determinate 76	Conc. maxima admisibila conf. Ordin 344/2004*	Metoda de analiza
1	pH	unit.pH	7,83	-	SR EN 12176/2000
2	Substanta uscata	%	19,5	-	SR EN 12880/2002
3	Densitate aparenta	g/cm ³	0,35	-	SR ISO 11272/2000
4	Materii organice	% su	40,9	-	SR EN 12879/2002
5	Azot total	mg/kg s.u	3,18	-	ASTM D 5373/2008
6	Azot amoniacal	mg/kg s.u	1001	-	SR EN 14671/2006
7	Fosfor total	mg/kg s.u	8312	-	SR EN 14672/2006
8	Potasiu	mg/kg s.u	1325	-	STAS 12678/1988
9	Zinc	mg/kg s.u	730	2000	SR 13181/1994
10	Cupru	mg/kg s.u	172	500	SR ISO 11047-99
11	Nichel	mg/kg s.u	23,7	100	STAS 13094/1992
12	Cadmium	mg/kg s.u	1,33	10	STAS 12876/1990
13	Plumb	mg/kg s.u	62,1	300	SR 13225/1995
14	Crom total	mg/kg s.u	32,7	500	STAS 13117/1992
15	Mercur	mg/kg s.u	0,63	5	SR ISO 11466 -1999 SR EN1483-03
16	AOX	mg/kg s.u	302	-	SR EN 13370/2004 SR EN ISO 9562/08
17	Hidrocarburi aromatice policiclice	mg/kg s.u	15,02	5	SR ISO 13877-99
18	PCB suma compusi 28,52,101,118,138,153,180	mg/kg s.u	0,56	0,8	SR EN ISO 6468-00 SR EN 15308/2008
19	PCDD, PCDF	µg/kg su	<1	-	EPA 8280B

*Ordin 344/2004 Norme tehnice privind protectia mediului si in special a solutiilor cand se utilizeaza namolurile de epurare in agricultura.

DIRECTOR,
Margareta Nicolau

Sef laborator,
Liliana Cruceru

Cod PSL-21-Ed3-R1

Figura 14. Raport de încercare - proba de nămol - Nr. 76SE/AI, din 7.01.2011

3. CONCLUZII

1. Procesele biotehnologice pentru epurare a apelor uzate orășenești elimină în principal azotul, fosforul și compuși ai acestora pentru evitarea procesului de eutrofizare a emisarului.

2. Am urmărit încadrarea în Normele Tehnice privind colectarea, epurarea și evacuarea apelor uzate orășenești (NTPA- 001):

- CBO5 se situează în limitele legale, atât din punct de vedere al cantității de suspensii din efluent (aproximativ 6 mg/l O₂ față de maxim 25 mg/l O₂ prevăzut), cât și din punct de vedere al eficienței eliminării acestora din influent (97.24 %);
- CCO-Cr se încadrează în limitele legale, atât din punct de vedere al cantității de suspensii din efluent (aproximativ 38 mg/l O₂ față de maxim 125 mg/l O₂ prevăzut), cât și din punct de vedere al eficienței eliminării acestora din influent (87.96 %);
- Materiile în suspensie se încadrează în limitele legale, atât din punct de vedere al cantității de suspensii din efluent (aproximativ 29 mg/l față de maxim 35 mg/dm³ prevăzut), cât și din punct de vedere al eficienței eliminării acestora din influent (85.57%).

În concluzie, pentru menținerea sustenabilității activității SEAU Călărași se impune o respectare întocmai a procesului de epurare, o gestionare corectă a nămolurilor rezultate și urmărirea îndeaproape a tuturor activităților și impactului acestora asupra mediului.

CIRCULAR ECONOMY: RECYCLING GLASS FIBRE REINFORCED COMPOSITES (GRP) ACCORDING TO EN 15804 MODULE D (END-OF-LIFE) THROUGH APPLIED LCA SCENARIOS

Victor Vladimirov*

* PhD. Student, Doctoral School, Technical University of Civil Engineering, Bucharest, Romania,
E-mail: *victor.vladimirov@hobas.com*

Abstract

Glass reinforced plastic composites (GRP) are used by a wide range of major industrial sectors and have become an area of sustained growth. With increased use of GRP material, the amount of generated waste has also been on a rise. Additionally, environmental legislation in Europe is becoming increasingly restrictive. Due to the GRP long life-span, the end-of-life disposal has not been a major issue to-date. Landfilling and incineration remain the most used disposal methods while there are limited resources to provide comparative insight into environmental impacts among available waste management methods. This study starts from a GRP product and analyzes the environmental impacts per EN15804 by applying various scenarios: landfilling, incineration (including energy recovery), co-processing, mechanical and thermal reclaiming. The results provide valuable understanding of recycling GRP.

Keywords

Glass reinforced plastic composites (GRP), recycling, LCA.

1. INTRODUCTION

Glass reinforced plastic composites (GRP) are used by a wide range of major industrial sectors (i.e. construction, automotive, electronic, renewable energy, etc.) [1]. Even if composites represent a fraction of the total plastics market, they have become an area of sustained growth. The global market for composite products is expected to expand rapidly as material benefits are increasingly recognized in both established and new market segments [2]. Advantages include high strength and stiffness, good flexibility, high elastic module, good structural stability, competitive price, good fatigue behaviour and low heat conductivity [3]. Global production of composite materials was estimated above the 10-million-ton threshold in 2015. About 60% of this volume employs GRP due to acceptable cost and strength of the material [4], [5], [6], [7]. GRP production in Europe was estimated at 1-million-ton annually in 2015 [8].

With the increased use of GRP material across the industries, the amount of generated waste (a mixture of glass fibre, polymer and fillers) has also been on a rise. A relevant example is the global wind industry: modern turbines today have grown 100 times the size of those in 1980. In another example, it has been estimated that there are more than six million composite recreational boats in Europe alone [9], [3]. Because composite materials have a high life span, end-of-life disposal has not been a major issue to-date. However, the number of the vessels that are approaching the end of their service or functional lives is increasing rapidly resulting in a growing rate of waste accumulation [3]. Over one million tons of end-of-life GRP products were estimated to have been recycled globally in 2014 and this amount may grow to 6 million tons by 2034 [7]. The volume of end of life and production waste generated by the glass thermoset companies in Europe was estimated above the 300 000-ton threshold in 2015 [10], [11], [12].

Environmental legislation in Europe is becoming increasingly restrictive, accelerating demand for industrial scale solutions in GRP recycling. Landfills are currently the primary disposal route due to availability and relatively low cost, but is also the least preferred waste management

option under the European Union's (EU) Waste Framework Directive (2008/98/EC) [13]. For instance, Denmark has a ban on the landfilling of waste suitable for incineration, while Germany banned landfilling of GRP waste due to the high total organic carbon content [14], [15]. In addition, the Circular Economy Package of the European Commission (EC) adopted at the end of 2015 comprises of an action plan covering the entire cycle from creation, utilization to waste management and secondary raw materials. The main objectives include setting targets to significantly reduce landfill and to encourage development of greener products through reutilization and recycling. For example, the adopted package includes a binding target to reduce landfill to maximum of 10% of municipal waste by 2030, as well as a ban on landfilling of separately collected waste [16]. Identifying alternatives to landfill is therefore expected to increase over the coming years [17], [13].

Recycling of GRP has specific challenges, as once cured the composite cannot be reshaped again by heating [18], [1]. In addition, the type and proportion of resin, reinforcement and filler are often custom-tailored to the applications [19]. Another issue is the partial unknown ageing of polymer materials, as the estimated decommissioning time may be difficult to predict and should be connected to the product failure criteria (polymer matrix cracking, leakage, weeping, delamination, etc.) [5], [20]. In addition, the perceived lack of recyclability and of recycling infrastructure may act as a barrier [21], [12], [22], [10]. Despite all challenges, the common misconception that thermoset composites "cannot" be recycled due to the presence of crosslinks, remains a myth [11]. Current solutions include incineration (with / without energy recovery), co-processing (mix of material and energy recovery for cement production), thermal recuperation (separation of glass fiber, fillers and resin, with a focus on chemical recuperation in the case of GRP) and mechanical processing (i.e. as filler in different products). Landfill and incineration are currently by far the most used methods for the disposal of thermoset polymer composites [23], [1].

There are few resources available that provide comparative insight to environmental impacts of GRP waste management methods. Much of the available research on GRP recycling focuses on the technical processing methods and uses the environmental approach as a supporting argument (legislative changes, air emissions, soil and water contamination, limited raw material resources through re-utilization, etc.). Global warming potential indicators tend to be researched and mentioned more often, due to a larger public interest on this topic [6], [24], [22]. However, there are few resources that take existing recycling methods through a LCA analysis, providing input on a variety of additional indicators such as "non-hazardous waste", "acidification potential", "eutrophication potential", "photochemical ozone creation", "depletion of abiotic resources" or "stratospheric ozone depletion". For instance, values for "non-hazardous waste" and "depletion of abiotic resources" could be equally interesting for policy makers and the larger public, as LCA analysis can more accurately pinpoint the benefits and consequences of various recycling methods. For instance, if the public policies support reduction of landfill, then performance of LCA related waste indicators could be a useful insight. Increase or decrease of the indicator "depletion of abiotic resources" among recycling methods may be of interest, as abiotic resources include crude oil, metals ores (i.e. gold, iron, copper, silver, etc.) as well as mineral compounds. For example, oil and gas are a backbone to production of composite materials. Air pollution indicators (other than CO₂) can also bring more depth to environmental impact interpretation. "Ozone depletion" and "acidification" are often connected with volatile organic compounds (VOCs) emitted from solvents currently needed in the production process of composites (resins, additives and ancillary chemicals).

The present study starts from a GRP product (GRP pipe) and analyzes the environmental impacts through application of Module D per EN15804, by application of different scenarios: landfilling, incineration (including energy recovery), co-processing, mechanical and thermal processing. The results of this research provide valuable comparative insights of recycling GRP through a variety of available technical solutions. In addition, comparing design choices (i.e. using recycled content or recycled raw materials) brings further understanding to the findings.

2. CURRENT METHODS OF GRP WASTE PROCESSING

Current practices include landfilling, incineration (as well as incineration with energy recovery), co-processing, material and thermal recycling.

2.1 Landfilling

Landfilling currently remains the most used method to manage fiber reinforced waste [25], [26], [27] and at the same time it is the least preferred waste management option under the EU waste regulation [13]. Depending on the way they are built, landfills may contaminate air, soil and water with chemicals contained in waste. Littering can have additional consequences for wild animals, especially through ingestion of microplastics [28], [29].

More generally, landfilling is just a way of disposal and not of recycling. For instance, there are references that indicate that the reuse of fiber composite recyclates could bring a significant environmental impact reduction for the composites industry. It was estimated that replacement of 50% of current glass fiber products, by recuperated products, would equate to a global reduction in CO₂ production of two million tons per annum from reduced melting energy requirements alone. Such a development would also vastly reduce the landfill requirements of the composite industry, which would be in line with the growing societal and environmental concerns [6].

2.2 Incineration (including energy recovery)

Next to landfilling, the incineration process is one of the most used solutions for GRP waste disposal [11], [23], [1]. This process contributes to the emissions of toxic substances into the atmosphere, as well as involving higher operating cost, compared with landfilling [30]. Incineration facilities typically charge more for incinerating composite waste because of the calorific content and the associated emissions that have the tendency to overload the system (i.e. filters), meaning they can only process a limited amount of waste [31], [26]. Composites generally need to be dismantled and crushed before treatment in incineration plants. There are also concerns in relation to the health and safety of workers involved in the incineration process [30]. Additionally, about 50%–70% of the residue material is left as ash, which still needs to be landfilled [26]. Due to the presence of inorganic loads in composites, this ash may be pollutant [19]. There are opinions that the apparent environmental benefits of energy recovery by burning plastics, such as GRP, in a waste incinerator are likely to be outweighed by the drawbacks; unless waste is burnt as a direct replacement for coal, oil or gas, the environmental effects may be negative [11]. However, incineration processes have the advantage of tolerating contaminated scrap which cannot be used for alternative recycling methods [19].

Considering the increasing costs, environmental issues, and the legislative limitations associated with landfilling and incinerating of composite waste, incineration with energy recovery constitutes an improved alternative. Incineration allows energy recovery from the heat produced during the combustion process due to the calorific value of thermosetting composites [32], [26].

There are various values referenced for the calorific value of glass reinforced thermosets, ranging from 12 to 30 MJ /kg [22], [25], [33], [34]. A conservative value of 12 MJ/kg was retained for the calculations.

2.3 Co-processing

The cement kiln route was developed as a better alternative to landfilling and incineration. Co-processing is the simultaneous use of composite regrind as raw material (substitution of clinker in cement) and as a source of energy (resin, the organic part of the composites) in cement manufacturing. This replaces mineral resources (2/3 material recycling) and fossil fuels such as coal, petroleum and gas (1/3 energy recovery). Being performed under controlled and monitored conditions, co-processing is considered a safer alternative, with reduced effect on the health and safety of workers and neighbourhoods [22], [35], [10]. However, limitations to co-processing include scarce infrastructure to reduce GRP waste to small particles and the determination of proper formulations (market approval) for the cement [10]. Further issues are connected to a possible reduction in cement strength [19]. Environmental impact research indicated that by using composite regrind in co-processing, a reduction of up to 16% of CO₂ emission of the clinker manufacturing process could be obtained in comparison to a process without alternative fuels (based on coal as fuel) [22].

2.4 Mechanical recycling

Mechanical recycling is an established GRP recycling method, with its commercial start dating back to the 1970s [36], [26]. A study analysing 56 research projects in composite recycling technologies (pyrolysis, solvolysis and mechanical grinding) concluded that mechanical grinding was the most mature solution for glass fibre applications while pyrolysis was the best choice for carbon fibre [27]. Advantages of mechanical recycling include relatively no atmospheric pollution by gas emission, simpler equipment required, when compared with the ovens necessary for thermal processing and no use of chemical solvents with subsequent environmental impacts [1]. Also, mechanical recyclate has lower density and may contribute to lighter end-products [19]. Important drawbacks of mechanical recycling refer to the possibly low economic value of the recyclates [1] and to the lack of consistency of the grind material, due to the variety of GRP compound formulations. The addition of recyclate to new products tends to negatively affect the final mechanical properties (i.e. consistency, strength, stiffness, etc.) [37], [38], [26]. Due to lower mechanical properties, powder recyclates have limited potential for reuse back into the thermoset compounds from which they originated (closed loop recycling). In addition, mechanical recycling processes are mainly suitable for scrap which is relatively clean, uncontaminated and from known origin [19]. Another disadvantage is that the energy content is not recovered [30].

Mechanical recycling is performed for a variety of applications such as concrete [39], artificial wood [40], rubber blocks [41], reinforcement in asphalt [19], dense bitumen macadam [66], bulk/sheet moulding compounds [37], [38] textile sandwich structures [42], sanitary ceramic objects [43] and plastic applications [44], [45], [46], [47].

2.5 Thermal reclamation

Thermal reclamation consists of recovering the fibers from the composite. This is typically done by employing an aggressive thermal or chemical process to break-down the thermoset matrix, so that the fibers can be released and collected. Fiber reclamation constitutes an interesting option,

especially for recycling of carbon fiber reinforced polymer (CFRP), due to preservation of fiber mechanical properties and to its higher economic value [25], [26]. The main methods include pyrolysis, oxidation, chemical recycling (solvolysis), fluidised bed and microwave heating [27]. Pyrolysis is the thermal decomposition of organic molecules in an inert atmosphere (i.e. nitrogen, in the absence of oxygen). This is one of the most widespread recycling processes for CFRP [48], [26]. The more appropriate method for glass composites is chemical recycling (also known as solvolysis). GRP waste is exposed to a reactive material, such as an acid, under low temperature (typically less than 350 °C). This results in the decomposition and separation of the polymeric matrix material [49], [50], [26]. With this method, most of the tensile strength of the glass fiber is retained and the plastic material can partly be used as recuperated raw material [30]. However, the glass fibers would not meet the quality requirements of the virgin product. Poor quality fiber can destroy the content of the furnace, therefore costs for glass manufacturers may be significantly higher than the benefits.

Environmental research indicates that the lowest energy demand is associated with mechanical recycling and highest with chemical recycling [26]. Furthermore, a LCA study performed with support of the European Commission revealed that solvolysis was not competitive with mechanical recycling or incineration with energy recovery, but could possibly be comparable with pyrolysis in terms of environmental impacts [e]. Comparative analysis for carbon fiber composites (CFRP) recovery between landfill, incineration and thermal recycling indicated that recycling clearly brings most advantages, while differences between impacts of landfilling and incineration were not that obvious [17], [52]. Mechanical grinding seems to be a preferable solution for glass fiber applications, while thermal processing would be most fitted for carbon fiber composites [53].

3. METHOD

3.1 Reference scenario

The reference scenario in this study is a GRP pipe (nominal diameter DN of 1,000 mm, pressure class one PN 1 and a nominal stiffness SN of 10,000 N/m) produced with unsaturated polyester resin made with centrifugal casting technology. This product is typically used for water supply, drainage and sewerage [54]. System boundaries are “cradle to gate” based on modules A1 to A3 per EN 15804 and cover raw material supply, transport, manufacturing and associated processes [26]. The environmental indicators are presented in Table 1 below.

Table 1. LCA Results GRP Pipe

Indicator	Per kg	Unit
total renewable energy	1,07E+00	MJ eq.
total non-renewable energy	2,34E+01	MJ eq.
non-hazardous waste	9,13E-02	kg
acidification potential	3,33E-03	kg SO ₂ -Eq
GWP 100a	1,08E+00	kg CO ₂ -Eq
eutrophication potential	9,30E-04	kg PO ₄ -Eq
photochemical ozone creation (high NO _x POCP urban areas)	2,06E-04	kg ethylene
depletion of abiotic resources	1,01E-02	kg antimony

Source: courtesy of HOBAS [54]

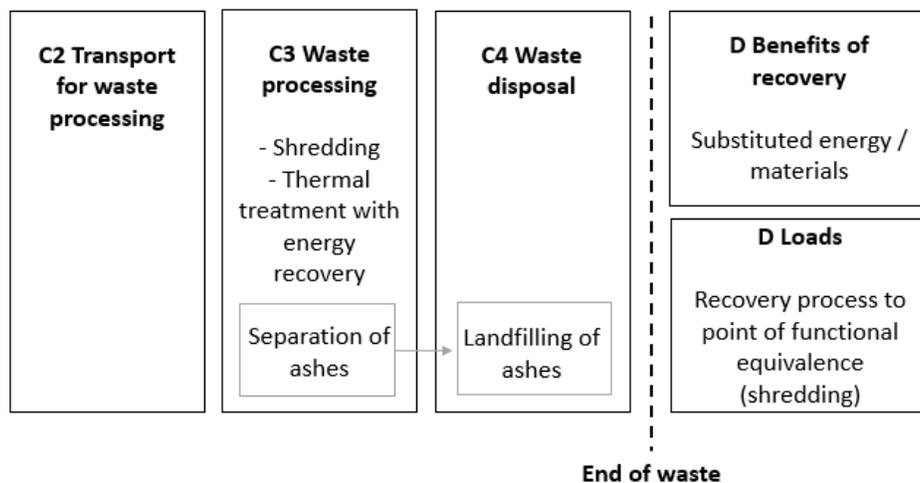
For this study, the original LCA model was imported into a subsequent version of the LCA software and slight differences were obtained when aggregating the results, due to differences of impact assessment valuation methods from one version of the software to the next. These differences have a minor influence on the comparative results of the scenarios and do not change the correlations between the evaluated methods. The reference values are listed within the results overview (see Section 4).

3.2 End-of-Life considerations

Modelling the end-of-life (EoL) of products represents one of the most dynamic and widely disputed topics in LCA today [55]. Currently existing guidelines, technical specifications, and methods for environmental assessment of products including carbon footprinting and category rules for Environmental Product Declarations (EPD) (EN 15804) adopted heterogeneous approaches [56], [57], [58]. However, due to recent efforts to bring clarification to this field (i.e. Product Environmental Footprint PEF methodology developed by the EC), most of the existing methodologies can now be unified by using the “integrated formula”, employed as backbone by the PEF pilots [58], [59]. The EN 15804 with Module D approach is mathematically identical and the sum of the results of the modules is identical to that of the “integrated formula” [59].

Calculations in this study have been performed in accordance to EN 15804 with Module D. The following EN 15804 system stages are included: product stage (A1 raw material supply, A2 transport, A3 manufacturing, including treatment of factory waste), end of life (C2 transport, C3 waste processing, C4 disposal) and benefits and loads beyond the system boundary (module D). Waste processing (collection and transport before the end-of-waste) is part of the product system under study (“polluter pays” principle); it was also considered that the incineration of GRP results in production of ashes, which need to be landfilled. After having reached the “end-of-waste” state, further processing (shredding) enabling replacement of primary material input in another product system was assigned to Module D (point of functional equivalence).

These considerations are integrated in the Figure 1 below, thus differentiating between waste activities (C1-C4) and recycling activities (D).



Source: EPD Norge [60], adapted

Figure 1. End-of-life and Module D (benefits and loads) stages included in the study

This research focuses on end-of-life (EoL) / module D scenarios. It would have been beneficial to include further stages in the model, but this inclusion would have required set-up of an additional base scenario for transport and laying (A4-5), use (B1-7) and dismantling of pipe (C1). If included, these processes would add an equal weight in terms of environmental impact for all scenarios. Therefore, the obtained results indicate valid differences between the recycling methods. It was considered that recycling processes of GRP produce secondary materials that are different to some degree from the original material (i.e. lower tensile strength). As the substitution of primary material by the secondary material is not 1 to 1, a yield of functional equivalence of 0.85 was defined [61], [58] (refer to Table 2). Within system boundary 100:0 allocation is used. For Module D (beyond system boundary), the recycling rate (RR) (output flow that can be recycled at the EoL stage) multiplied by impacts of substituted virgin material production (EoL stage) multiplied by the yield are credited to the system. The recycled content (RC) (secondary materials used on input side) multiplied by impacts connected to the recycling processes from beyond the system boundary multiplied by the yield are also credited to the system. Debits are given to the RR multiplied by impacts connected to the recycling processes from beyond the system boundary (after the end-of waste state up to the point of functional equivalence) multiplied by the yield and to RC multiplied by impacts of the replaced virgin material production (product stage) multiplied by the yield [61]. A 95% recycling rate was considered for most scenarios to highlight the potential environmental benefits of the recycling methods. A 5% RR was also calculated for the co-processing and plastic foil scenarios in order to clarify the influence of the recycling rate to the results. Co-processing is both 2/3 material recycling and 1/3 energy recovery with good environmental performance (at higher recycling rate), while plastic foil is the most positive scenario among mechanical recycling options (at higher recycling rate). The remaining waste (difference to recycling rate) was treated as 55% to landfill and 45% to incineration [62]. Based on literature research, a low recycled content rate of 5% was assigned. A 90% efficiency rate for the incineration process as well as a 300-km distance to the incineration plant / landfill / recycling plant were included in the calculations (see Table 2).

Taking the entire system into consideration, the environmental impacts can be calculated as the sum of the following components (the “integrated formula”): (i) primary material input, (ii) secondary material input, (iii) material recycling, (iv) energy recovery and (v) disposal. Disposal includes material that is not recovered as secondary material as well as processing waste from energy recovery such as ashes [58].

Table 2. Assumptions for scenario calculation

Parameter	Unit	Remarks
Recycling rate (RR)	95%	A relatively high rate is allocated; it is considered that losses through processing or transport activities at EoL are limited to 5% (this is the indicative, potential rate).
	5%	As alternative, a low 5% rate is calculated for selected scenarios (co-processing and plastic foil).
Rest of waste to RR	55%	Landfill share.
	45%	Incineration share.

SCIENTIFIC AND TECHNICAL CONFERENCE
SUSTAINABLE SOLUTIONS IN WATER MANAGEMENT 2017

Recycled content (RC)	5%	A low level is allocated due to literature research indicating difficulties to re-integrate GRP recycle to the original product. The percent may be considered ambitious for pipes, but 5% was preferred to be able to determine an impact in the calculation.
Efficiency of the incineration process	90%	Typical rate for process efficiency.
Yield of functional equivalence	85%	Estimated, the substitution of primary material by the secondary material is not 1 to 1.
Calorific value GRP waste	12 MJ/kg	As per literature research.
Distance to the incineration plant / landfill / recycling plant	300 km	Estimated distance to the incineration plant / landfill / recycling plant.

Source: author

The life cycle impact assessment (LCIA) methods used in the calculation are CML 2001 (global warming potential [kg CO₂ equiv.], acidification for soil and water [kg SO₂ equiv.], eutrophication [kg PO₄ equiv.], photochemical ozone creation in urban areas - high NO_x POCP [kg Ethene equiv.], depletion of abiotic resources [kg Sb equiv./antimony]), cumulative energy demand (total use of renewable primary energy resources and use of non-renewable primary energy resources [MJ net calorific value] and EDIP 2003 - Environmental Design of Industrial Products - non-hazardous waste [kg]).

The models for the different scenarios are presented in the table below.

Table 3. Models for the scenarios

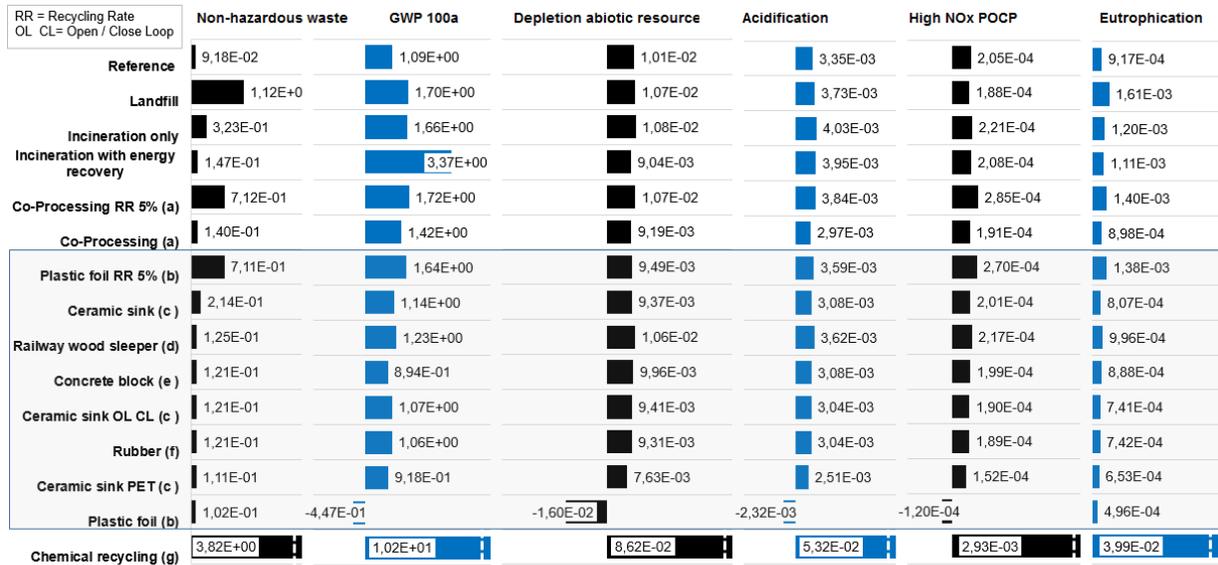
A1	A2	A3	C2	C3	C4	D Loads	D Benefits	Beyond D
Raw Materials: Resin Glass Reinforcements	Trans-port	Production: Energy Water Ancillary Facilities	Trans-port	Shredding	Landfill	Shredding (point of functional equivalence) (a, b, c, d, e, f, h)	Energy from incineration with energy recovery	Production of: Cement (a) Plastic foil (b) Ceramic sink (c) Wood railway sleeper (d) Concrete block (e) Rubber (f) Pavement stone (h)
Additives Packaging raw materials and product		Waste to incineration: Transport Incineration Separation of ashes Landfill of ashes		Shredding Incineration (with energy recovery Separation of ashes		Landfill of ashes		

	Reclaimable waste:		Load for replacing virgin material input (closed loop) (c)	Benefits for shredding (closed loop) (c)
	Transport Shredder Incineration with energy recovery Separation of ashes Landfill of ashes			Gravel and cement (e) Caoutchouc (f) Glass fiber and resin (g) Granite (h)

Source: author

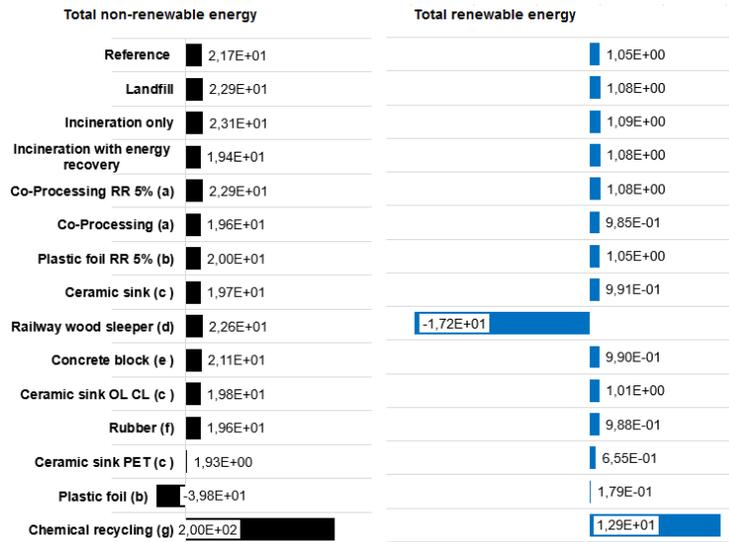
4. RESULTS AND DISCUSSION

Results are presented comparatively in the figures below (Figure 2). Energy indicators are presented separately (Figure 3).



Source: author

Figure 2. Comparative scenario results [kg/kg product]



Source: author

Figure 3. Comparative scenario results [MJ-equivalent/kg product]

In the landfill scenario, it can be observed that the indicator with the highest increase is non-hazardous waste, followed by climate change and eutrophication, findings which are in accord with concerns generated by landfilling.

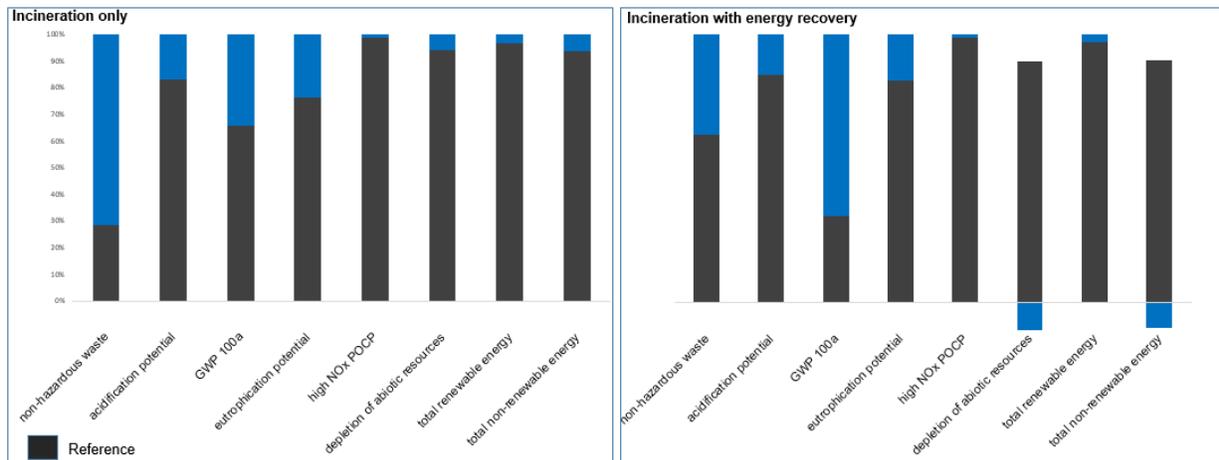


Figure 4. Reference compared with incineration and incineration w. energy recovery

In case of incineration, the amount of waste is reduced when compared to landfilling. Incineration with energy recovery performs much better on all indicators as compared with incineration, except for additional CO₂ emissions (see Figure below). Incineration with energy recovery emerges as a better option as compared to landfill as well (less waste / eutrophication / ozone depletion), with additional positive variation of the abiotic resources and non-renewable energy indicators (as waste is burnt as a direct replacement for coal, oil or gas). Even if results confirm the literature research regarding drawbacks of landfilling, reduction of non-hazardous waste through incineration is achieved at the price of partially increasing atmospheric emissions.

Incineration brings significant environmental burdens, which should be weighed against the remainder of the recycling methods. Policy requirements to reduce landfill could easily lead to incineration as a readily available solution, but this development may have its trade-offs. Therefore, mechanisms to support additional recycling initiatives by waste operators seem to be a necessary companion of the policy drafting and implementation process.

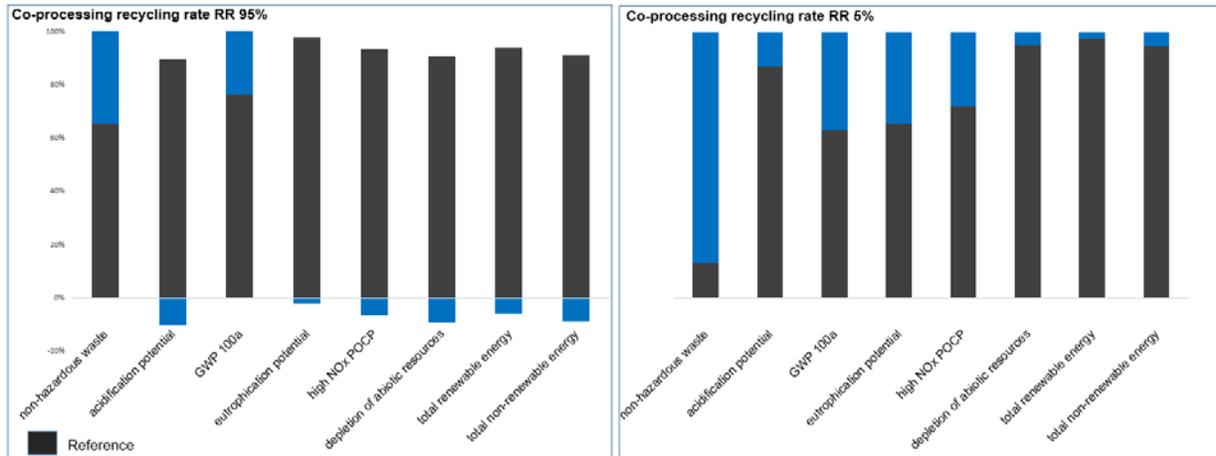


Figure 5. Reference compared with co-processing at 95%, respectively 5% RR

In case of co-processing there are further environmental benefits, as compared with incineration with energy recovery (net benefits for acidification, abiotic resources, non-renewable energy, ozone POCP, renewable energy and eutrophication). The global warming and waste indicators also remain below the incineration with energy recovery levels. However, these positive results are calculated within an optimistic scenario, with a recycling rate (RR) of 95%. In case of a 5% RR, environmental impact is better than landfilling, but comparable with incineration with energy recovery. As a result, co-processing may be a good method to process GRP waste but harvesting the benefits is dependent on the recycling rate and incentives for the industry may be needed in order to achieve relevant increases of the recycling rate.

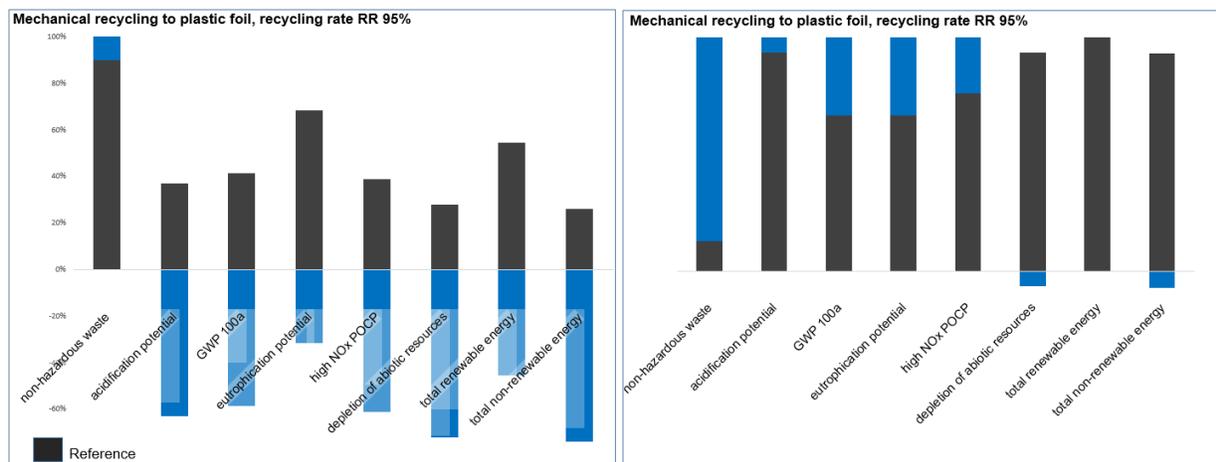


Figure 6. Reference compared with mechanical recycling to plastic foil at 95%, 5% RR

Results for mechanical recycling of GRP waste indicate further improvements, as compared to co-processing, as long as the recycling rate remains high at 95%. For instance, results for

mechanical recycling of GRP to plastic foil tend to be very favorable, as most indicators indicate positive net variation (best scenario among mechanical processes, due to heavier environmental load of PE/PP production comparatively). Most benefit is obtained for depletion of abiotic resources, climate change and acidification. In case of 5% RR however, benefits are not significant and values are similar to co-processing at a similar recycling rate. There is nevertheless a definite potential for mechanical recycling and efforts to increase the recycling rate throughout the industry would likely determine positive environmental results.

In the ceramic sink scenario, variation of indicators is positive. Most benefit is obtained for eutrophication potential, depletion of abiotic resources, acidification potential and non-renewable energy. In addition, if recycled material is used at the input side of the model (PET resin for the pipe production), results improve even further. Most benefit is obtained for non-renewable energy (resin being produced from oil derivatives, refer to Figure 2). Another variation of the ceramic sink scenario additionally considers that 5% of the recyclate is used back to pipe production (closed loop and open loop). In this case, through application of Module D, credits were allocated for replacing kaolin and debits for shredding the pipe at EoL (open loop), as well as credits for shredding the pipe at EoL and debits for replacing virgin materials at pipe production input (closed loop). By including closed loop in the calculation, impact indicators variate slightly, with a more notable reduction of waste. A higher recycling rate may bring limited benefits, depending on the environmental impacts of the process of recycling to functional equivalence. GRP recyclate shredding to the point of material equivalence brings moderate credits as compared with debits in the closed loop approach. Mechanical recycling to concrete blocks indicate overall indicator improvement and reinforce previous research that recycling GRP to concrete elements is providing environmental benefits. Best variation is registered by CO₂, acidification and eutrophication potential. The mechanical recycling of GRP waste to rubber is another positive scenario. Most benefit is obtained for eutrophication, depletion of abiotic resources, acidification potential and non-renewable energy.

Benefits for mechanical recycling of GRP waste to pavement stone (granite) were not credited in the model. According to LCA methodology, credit is given for the substitute material only and not for further processing of that material after the point of functional equivalence. Granite is a natural resource in ground, without associated environmental impacts. The effect of avoided primary production is exclusively caused by the provision of secondary material and not by using secondary material, which in contrast has no effect on primary material production. It is nevertheless an interesting finding, that not all recycling scenarios may bring direct benefits per current methodological approach. Mechanical recycling of GRP waste to stone and wood (railway wood sleeper) should be similar, as primary natural resources are replaced. However, wood can also be considered both a primary resource in nature (no credits) and a natural process (wood growth).

The latter includes CO₂ absorption from air, energy of the bio-mass and land use. Thus, a slight variation of all indicators is obtained as well as a significant benefit in case of renewable energy (bio-mass, see Figure 3). Based on these two examples, advantages of recycling in relation to primary resources can be more clearly depicted.

Finally, chemical recycling seems to be the least attractive option for GRP recycling. The burdens of adding diethylene glycol and of the glycolysis largely outweigh benefits, even if glass fiber and resin may be recuperated. Furthermore, in case of renewable energy both chemical recycling (compelling additional load) and mechanical recycling to wood (significant benefit) stand out.

5. CONCLUSIONS

The results demonstrate that mechanical recycling may be the best choice for recycling GRP, especially at higher recycling rates. All analysed scenarios (plastic foil, ceramic sink, railway wood sleeper, concrete block and rubber) show excellent potential in terms of environmental impacts. Further improvements can be achieved by using recycled materials on the product input side. Closed loop may bring environmental advantages, depending on the environmental impacts of the recycling process to functional equivalence. In addition, the yield of substitution of primary material by the recyclate is a relevant factor, affecting both mechanical and environmental performance. Interesting findings were noted in the case of substituting primary natural resources. As per methodological approach, there were no credits for replacing granit stone. Mechanical recycling of wood as a natural process (wood growth) achieves waste reduction and significant benefits for renewable energy (bio-mass).

The second-best choice is co-processing, which is also dependent on the recycling rate, followed by incineration with energy recovery. Less favourable solutions are incineration without energy recovery and landfilling. Incineration will likely remain an option due to availability and ability to tolerate contaminated scrap materials, which cannot be used for alternative recycling methods. Landfilling will gradually reduce, in line with legislative enforcements and societal's expectations. Finally, the chemical approach seems to be the worst option for GRP recycling.

Employing LCA to increase understanding of environmental impacts for GRP recycling methods emerges as a useful tool for the public and business agenda alike. In order to achieve full potential, regulatory targets to reduce landfilling should be accompanied by measures and incentives to support the increase of the recycling rate, as well as development of recycling based initiatives (co-processing and mechanical methods) across the industry.

6. BIBLIOGRAPHY

- [1] *M.C.S. Ribeiro, A. Fiúza, A.C.M. Castro, F.G. Silva, M.L. Dinis, J.P. Meixedo, M.R. Alvim*, Mix design process of polyester polymer mortars modified with recycled GFRP waste materials, *Composite Structures*, December 2014, DOI:10.1016/j.compstruct.2013.05.023;
- [2] *Stella Job et al.*, *Composites UK*, Composites Recycling: Where are we now?, 7th July 2016;
- [3] *Scharr G., Pospischil L.*, *Verbundwerkstoffe Werkstoffe im Flugzeugbau*, auch *Werkstoffe der Zukunft für schnelle Schiffe*, *Schiffbauforschung*, 2/2002;
- [4] ***European Composites Industry Association EuCIA, [<http://www.eucia.eu/about-composites/intro/>], accessed 01.02.2017;
- [5] *J. Broekel, G. Scharr*, The specialties of fiber-reinforced plastics in terms of product lifecycle management, *Journal of Materials Processing Technology*, May 2005;
- [6] *James Thomason, Peter Jenkins and Liu Yang*, Glass Fiber Strength—A Review with Relation to Composite Recycling, *Fibers* 2016, 4, 18; doi:10.3390/fib4020018;
- [7] ***University of Strathclyde, Recycled glass fiber for cost-effective composites, [<http://www.strath.ac.uk/rkes/fly/recycledglassfiberforcost-effectiveco...>], accessed 05.01.2017;
- [8] ***The Statistics Portal, Glass fiber reinforced plastic production in Europe 2015, [<https://www.statista.com/statistics/325677/...>], accessed 05.01.2017;
- [9] ***Reinforced Plastics, Where Do GRP Boats Go at the End of Their Service Life? [<http://www.reinforcedplastics.com/view/34805/where-do-grp-boats-go-at-the-end-of-their-service-life/>], accessed on 5 June 2014;

- [10] *Amanda Jacob*, Reinforced Plastics, Composites can be recycled, 31.05.2011 [<http://www.reinforcedplastics.com/view/17943/composites-can-be-rec...>], accessed 30.11.2011;
- [11] *Sue Halliwell*, NetComposites, End of Life Options for Composite Waste Recycle, Reuse or Dispose?, National Composites Network Best Practice Guide, 2016;
- [12] ***EuCIA, Presentation during conference: Update on Recycling, 1st European FRP-Recycling-Day, September 15, 2016;
- [13] ***Directive 2008/98/ec Of The European Parliament And Of The Council on waste and repealing certain Directives, 19 November 2008;
- [14] *J.D.K Bishop, G.A. J. Amaratunga*, “Evaluation of small wind turbines in distributed arrangement as sustainable wind energy option for Barbados”, *Energy Conversion and Management*, Vol. 49, pp 1652-1661, 2008;
- [15] *Eleanor Dawkins, Peter Allan*, Hyder Consulting Pty Ltd, Report on landfill ban investigation for the Australian Government, Department of Sustainability, Environment, Water, Population and Communities, 16 November 2010;
- [16] ***EC, [http://ec.europa.eu/environment/circular-economy/index_en.htm], accessed 26.01.2017;
- [17] *Géraldine Oliveux, Luke O. Dandy, Gary A. Leeke*, Current status of recycling of fibre reinforced polymers: Review of technologies, reuse and resulting properties, *Progress in Materials Science* 72 (2015), pp. 61–99, <http://dx.doi.org/10.1016/j.pmatsci.2015.01.004>;
- [18] *Jonathan Kennerley*, Recycling Fibers Recovered from Composite Materials using a Fluidised Bed Process, Thesis submitted to the University of Nottingham for the degree of Doctor of Philosophy, May 1998;
- [19] *S.J. Pickering*, Recycling technologies for thermoset composite materials—current status, *Composites: Part A* 37 (2006) 1206–1215, doi:10.1016/j.compositesa.2005.05.030;
- [20] *Kienert M.*, Rechnerische Lebensdauervorhersage für mehrschichtige Faser-Kunststoff-Verbunde, Neunkirchen, 2000;
- [21] *Sims G, Bishop G.* UK Polymer composites sector – foresight study and competitive analysis. NPL MATC(A)80, National Physical Laboratory Materials Center, UK, 2001;
- [22] ***European Composites Industry Association (EuCIA), Composites Recycling Made Easy - Brochure, [www.eucia.eu], accessed 01.02.2017;
- [23] *Cunliffe AM, Williams PT.*, Characterisation of products from the recycling of glass fibre reinforced polyester waste by pyrolysis. *Fuel* 2003;82(18):2223–30;
- [24] ***ECRT - European Composite Recycling Technology A/S, [<http://ecrtechnology.com/news-2/...>], accessed 11.01.2017;
- [25] *Pickering, S.J.* Recycling technologies for thermoset composite materials-Current status. *Compos. A Appl. Sci. Manuf.* 2006, 37, 1206–1215;
- [26] *Ardavan Yazdanbakhsh and Lawrence C. Bank* A Critical, Review of Research on Reuse of Mechanically Recycled FRP Production and End-of-Life Waste for Construction, *Polymers* 2014, 6, 1810-1826; doi:10.3390/polym6061810;
- [27] *Justyna Rybicka, Ashutosh Tiwari, Gary A. Leeke*, Technology readiness level assessment of composites recycling technologies, *Journal of Cleaner Production* 112 (2016) 1001e1012, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.08.104>;
- [28] *Ellen MacArthur Foundation*, Growth Within: A Circular Economy Vision For A Competitive Europe, June 2015;
- [29] *Didier Bourguignon*, European Parliament, EPRS Briefing, EU Legislation in Progress: Circular economy package for legislative proposals on waste, January 2016;

- [30] *Kari Larsen*, Recycling wind, Reinforced Plastics, 31 January 2009, [<http://www.materialstoday.com/composite-applications/features/recycling-wind/>], accessed 01.02.2017;
- [31] *Halliwell, S.*, FRPs—The Environmental Agenda. *Adv. Struct. Eng.* 2010, 13, 783–791;
- [32] *Meira Castro, A.C., Carvalho, J.P., Ribeiro, M.C.S., Meixedo, J.P., Silva, F.J.G., Fiúza, A., Dinis, M.L.* An integrated recycling approach for GFRP pultrusion wastes: Recycling and reuse assessment into new composite materials using Fuzzy Boolean Nets. *J. Clean. Prod.* 2014, 66, 420–430;
- [33] *Stella Job*, Recycling glass fiber reinforced composites – history and progress (Part 1), 03 September 2013, Reinforced Plastics, <http://www.reinforcedplastics.com/view/33969/recycling-glass-fiber-reinforced-composites-history-a...>, accessed 19.03.2015;
- [34] *Thomas Isenburg*, Recycling von GFK Giganten, Maschinenmarkt, 2015;
- [35] ***EuCIA, Position Paper, Glass fiber reinforced thermosets: recyclable and compliant with the EU legislation, June 2011;
- [36] *Job, S.* Recycling glass fiber reinforced composites—History and progress. *Reinf. Plast.* 2013, 57, 19–23;
- [37] *Pickering SJ.* Recycling technologies for thermoset composite materials – current status. *Composites Part A* 2006;37(8):1206–15;
- [38] *Palmer J, Ghita OR, Savage L, Evans KE.* Successful closed-loop recycling of thermoset composites. *Composites Part A* 2009;40(4):490–8;
- [39] *Asokan P, Osmani M, Price ADF.* Assessing the recycling potential of glass fibre reinforced plastic waste in concrete and cement composites. *J Clean Prod* 2009;17(9):821–9;
- [40] *Demura K, Ohama Y, Stoh T.* Properties of artificial wood using FRP powder. In: Disposal and recycling of organic and polymeric construction materials, proceedings of the international RILEM workshop, Tokyo, 26–28 Mars; 1995;
- [41] *Itoh T, Kaneko M.* Pavement blocks from recycled GFRP material. In: Proceedings of convention and trade show composites fabricators association (COMPOSITES 2002), Atlanta, 25–27 September; 2002;
- [42] *Adolphs G, Branca, A.* New Approaches in Recycling Thermoset Composites. In: Proceedings of convention and trade show composites fabricators association (COMPOSITES 2001), Tampa; 3–6 October, 2001;
- [43] ***Gees, [<http://www.geesrecycling.com/franchising.asp>], accessed 01.02.2017;
- [44] *Demura K, Ohama Y, Satoh T.* Properties of artificial woods using FRP powder. Disposal and recycling of organic and polymeric construction materials. In: Proceedings of the international RILEM workshop, Tokyo; 1995;
- [45] *George S, Dillman S.* Recycled fiberglass composite as a reinforcing filler in post-consumer recycled HDPE plastic lumber. In: Proceedings of annual technical conference of society of plastics engineers (SPE/ANTEC 2000), Orlando; 7–11 May, 2000;
- [46] ***Extreme Eco Solutions, [<http://extreme-ecosolutions.com/>], accessed 01.02.2017;
- [47] ***Reinforced Plastics, Feature article: Recycling composites commercially, 11/12.2014;
- [48] *Marsh, G.* Reclaiming value from post-use carbon composite. *Reinf. Plast.* 2008, 52, 36–39;
- [49] *Goto, M.* Chemical recycling of plastics using sub- and super-critical fluids. *J. Supercrit. Fluids* 2009, 47, 500–507;
- [50] *Adams, R.D., Collins, A., Cooper, D., Wingfield-Digby, M., Watts-Farmer, A., Laurence, A., Patel, K., Stevens, M., Watkins, R.* Recycling of reinforced plastics. *Appl. Compos. Mater.* 2014, 21, 263–284;

- [51] ***EC, EURECOMP, Final Report Summary • EURECOMP (Recycling Thermoset Composites of the SST), European Union, [http://cordis.europa.eu/result/rcn/54152_en.html], accessed 26.01.2017;
- [52] ***EN15804:2012. “Sustainability of construction works - Environmental product declarations - Core rules for the product category of construction products”. European Committee for Standardization (CEN), 2012;
- [53] *Witik RA, Teusher R, Michaud V, Ludwig C, Månson JAE*. Carbon fibre reinforced composite waste: an environmental assessment of recycling, energy recovery and landfilling. *Composites Part A* 2013;49:89–99;
- [54] ***HOBAS, Environmental Product Report according to ISO 14040-44:2006 and EN 15804:2012, Pipe DN 1000 PN 1 SN 10000, Critical review by Environment Agency Austria, November 2013;
- [55] *Reap, J., Roman, F., Duncan, S., Bras, B.,*. A survey of unresolved problems in life cycle assessment. *Int. J. Life Cycle Assess.* 13, 290–300, 2008. doi:10.1007/s11367-008-0008-x;
- [56] *Allacker, K., Mathieux, F., Manfredi, S., Pelletier, N., De Camillis, C., Ardente, F., Pant, R.,* 2014. Allocation solutions for secondary material production and end of life recovery: Proposals for product policy initiatives. *Resour. Conserv. Recycl.* 88, 1–12. doi:10.1016/j.resconrec.2014.03.016;
- [57] ***European Commission - JRC, 2010. International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook - General guide for Life Cycle Assessment - Detailed guidance, First. ed. European Commission - Joint Research Centre - Institute for Environment and Sustainability. doi:10.2788/38479;
- [58] *Marc-Andree Wolf, Kirana Chomkamsri*, the “Integrated formula” for modelling recycling, energy recovery and reuse in LCA White paper, Berlin, 12 October 2014;
- [59] ***Technical Secretariat of the PEF pilot on hot and cold water supply piping systems in the building, Product Environmental Footprint Category Rules (PEFCR) for hot and cold water supply piping systems in the building, Version 3.1, 08.2016;
- [60] *Tellnes, Lars G., Inman, Marianne R., Iversen, Ole M. K., Malnes, Dagfinn, Schlandbusch, Reidun Dahl,*, EPD Norge, Harmonising the documentation of scenarios beyond cradle to gate, EN 15804, 14/6084-4;
- [61] *Dr. Ir. Arch. Lisa Wastiels*, Belgian Building Research Institute, End Of Life – Module C And D, Workshop: Epd, The Current Debate And Challenges Brussels, 10 December 2015;
- [62] ***European Commission, An DE SCHRYVER, EU Environmental Footprint Pilot Phase, Support and documents, PEF-OEF_EOL DefaultData_V1.2_uploaded, [<https://webgate.ec.europa.eu/fpfis/wikis/pages/...>], accessed 21.02.2017.

SOLUȚII DE MINIMIZARE A IMPACTULUI DE MEDIU PRIN NOI METODE DE EVALUARE A ASPECTELOR DE MEDIU DIN COMPANIILE DE APĂ

Daniela Simona Moldovan*

* PhD. Engineer, Water Company Brașov, Brașov, str. Vlad Tepeș, nr.13, România
E-mail: *danielamoldovan@apabrasov.ro*

Abstract

The present legal requirements, including laws, norms, rules, directives, standards, etc. are extremely complex and diverse, from one area to another, from one country to another, from one culture to another. The main feature and difference regarding the requirements from other fields of major social interest is that they didn't appear after promoting principles, but as a reaction to events.

Together with enhancing the present legal framework regarding to the environment it can be notices an evolution from simple to complex, from a defensive reaction to a preventive one. This evolution hides in fact the way from awareness to systematization, from taking into consideration the environment to the environment management and implicitly to environment performance.

Every water company can implement an environment management system in order to improve the environment performances that allow the identification of environment aspects and the impact evaluation resulting from its processes/activities.

The work present three methods for monitoring environment aspects starting from identifying them and evaluating the associated environment impact, applicable to any water company that implements an environment management system in order to improve the environment performances.

Each of these three methods can be applied in the water sector, starting from the premise that it doesn't exist an activity within the water distribution and sewage services that doesn't have ecological impacts, thus being necessary to implement management tools, a strategic planning, structure and approach that includes tools and techniques to protect the environment based on promoting the concept of sustainable development.

Keywords

Environment management system, environmental aspect, environmental impact, evaluation methods of environment aspects, water companies.

1. INTRODUCERE

În practică, motivația pentru apariția unui sistem de management, cu caracteristici și obiective specifice, ușor de definit prin raportarea la cerințele sistemului de management de mediu, are ca suport forțe interne-viziunea unui manager, sau forțe externe-cerințe legale sau de reglementare.

Orice societate poate să-și implementeze un sistem de management de mediu (SMM), în scopul îmbunătățirii performanței de mediu, prin parcurgerea următoarelor etape principale:

- Documentarea și implementarea unei politici de mediu;
- Identificarea domeniului și a limitelor aplicabile pentru SMM;
- Identificarea legislației /reglementărilor relevante;
- Efectuarea analizei de mediu;
- Identificarea aspectelor de mediu și evaluarea impacturilor asociate;
- Identificarea zonelor cu aspecte semnificative de mediu;
- Stabilirea obiectivelor, țintelor de mediu și a Programelor de managementul de mediu;

- Stabilirea indicatorilor performanței de mediu;
- Monitorizarea și analiza principalelor caracteristici care determină performanța de mediu;
- Evaluarea conformității față de cerințele legale și analiza efectuată de management a SMM.

Standardul ISO 14001:2015 stabilește cerințe referitoare la un sistem de management de mediu, cerințe care reprezintă baza construirii unui SMM.

Societățile își vor elabora proceduri pentru identificarea aspectelor de mediu și impacturilor de mediu asociate, astfel încât să se poată stabili obiectivele și țintele de mediu încă din faza de planificare.

Aspectele de mediu care pot fi controlate și influențate de societate și pot avea un impact important asupra mediului se regăsesc sub denumirea de *aspecte semnificative de mediu*.

Procedura prezintă modul de identificare și criteriile de evaluare a aspectelor de mediu, astfel încât să fie stabilite acele aspecte care sunt semnificative și determină impacturi de mediu semnificative, care pot fi reale sau potențiale, pozitive sau negative.

2. ETAPELE PROCESULUI DE IDENTIFICARE A ASPECTELOR DE MEDIU

Procesul de identificare a aspectelor de mediu se realizează prin analizarea proceselor/ subproceselor/ activităților pe amplasamente, etape și operații, luând în considerație condițiile de funcționare normale, anormale și situații de urgență posibile. Este un proces continuu și sunt actualizate la fiecare modificare apărută în activitățile sau serviciile desfășurate.

Aspectul de mediu conform ISO 14001 reprezintă un element al activităților, produselor sau serviciilor organizației, care poate interacționa cu mediul, iar impactul asupra mediului reprezintă orice modificare a mediului, dăunătoare sau benefică, rezultată total sau parțial din activitățile, produsele sau serviciile organizației.

Procesul de identificare a aspectelor de mediu și evaluarea impacturilor asociate stă la baza întregului SMM, deoarece aspectele semnificative de mediu și riscurile de mediu identificate, sunt cele care trebuie luate în considerare la stabilirea obiectivelor de mediu, care se oglindesc de fapt și în politica de mediu a societății.

Acest proces este prezentat schematic în figura 1.

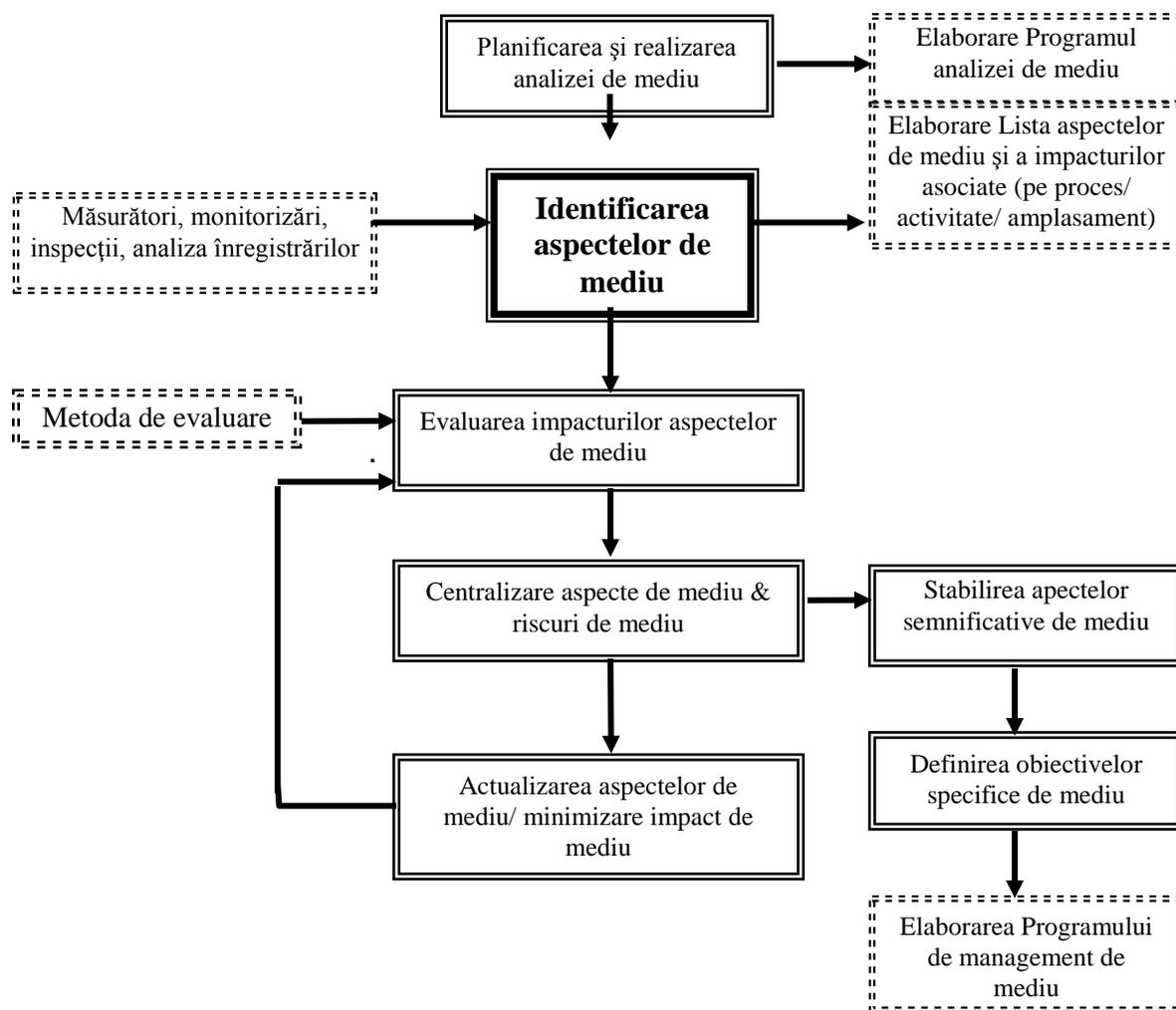


Figura 1. Schema procesului de identificare și evaluare aspecte de mediu

3. METODE DE EVALUARE A ASPECTELOR DE MEDIU

Prima metodă propusă pentru identificarea și evaluarea aspectelor de mediu semnificative ale unei societăți ia în considerare următoarele criterii :

a) Prevederi legislative și de reglementare (R) – se acordă punctaj pe o scară de la 1 la 10 pentru următoarele situații:

- există prevederi legislative și de reglementare strict precizate –10 puncte;
- solicitarea clienților, a comunității locale este evidentă – 8 puncte;
- impuneri interne pentru rezolvarea unor interese proprii – 6 puncte;
- solicitări ale personalului salariat în domenii care îi afectează – 4 puncte;
- nu există nici un fel de prevederi –2 puncte.

b) Evaluarea nivelului de risc (Nr) – pentru evaluare se iau în considerare următorii factori:

- probabilitatea de apariție – cu cât aceasta este mai mare, cu atât factorul de risc este mai ridicat;

- probabilitatea de detecție – cu cât capacitatea de detecție este mai mică, controlul este mai puțin probabil să se realizeze și ca urmare nivelul de risc este mai ridicat ;
- severitatea consecințelor – cu cât este mai mare vătămarea prin poluare, cu atât este mai ridicat nivelul de risc.

Evaluarea se face față de un sistem numeric și se stabilește totalul așa cum se prezintă în tabelul nr. 1:

Tabel 1. Evaluarea nivelului de risc aferent primei metode

Probabilitatea de apariție (A)	Probabilitatea de detecție (B)	Severitatea consecințelor (C)	Nivelul riscului (A+B X C)
f.frecventă – 5 pct.	f. mare –1 pct.	f. ridicată – 10 pct.	
frecventă – 4 pct.	mare – 2 pct.	ridicată – 8 pct.	
moderată – 3 pct.	moderată – 3 pct.	moderată – 6 pct.	
scăzută – 2 pct.	scăzută – 4 pct.	scăzută – 4 pct.	
f. scăzută – 1 pct.	f.scăzută – 5 pct.	f.scăzută (nulă)–2 pct.	

c) Implicațiile aspectelor de sănătate (S) – se acordă punctaj pe o scară de la 1 la 10 pentru următoarele situații:

- conduce la moarte – 10 puncte;
- provoacă consecințe grave asupra organismelor – 8 puncte;
- provoacă iritații, respirație îngreunată – 6 puncte;
- conduce la disconfort, la reducerea capacității de continuare a lucrului – 4 puncte;
- nesemnificative – 2 puncte.

d) Implicații ecologice asupra mediului (E) – se cuantifică pe o scară numerică, funcție de aria de poluare astfel:

- nivel global – 10 puncte;
- nivel regional – 8 puncte;
- nivel local – 6 puncte;
- vecini, cartier – 4 puncte;
- incinta societății – 2 puncte.

e) Probleme ale comunității și mediului local (P) – la stabilirea semnificației aspectelor de mediu se vor lua în considerare și elemente referitoare la comunitate și mediul local, acordându-se un punctaj de la 0 la 75 astfel:

1. Zgomot:

- lipsă - 0 puncte;
- lângă secție, sector (interior) – 5 puncte;
- în incinta societății – 15 puncte;
- până la vecini, cartier – 25 puncte.

2. Aspect peisagistic:

- plăcut – 0 puncte;
- necorespunzător în incinta societății – 15 puncte;
- deranjant pentru vecini, cartier – 25 puncte.

3. Reclamații:

- lipsă – 0 puncte;
- ale personalului societății - 5 puncte;
- ale vecinilor, beneficiarilor - 15 puncte;
- ale organismelor de control și ale organelor teritorial-administrative - 25 puncte.

Suma (1+2+3) reprezintă problemele comunității și mediului local.

Toate aspectele de mediu care în urma evaluării impactului asupra mediului au peste 60 puncte sunt considerate aspecte semnificative de mediu.

A doua metodă propusă pentru identificare și evaluare a aspectelor de mediu semnificative ale unei societăți ia în considerare criteriile:

F - frecvența de apariție

G - gravitatea efectelor (evaluată prin indicatorii de calitate ai mediului)

Evaluarea impactului se finalizează prin acordarea unui punctaj rezultat din aplicarea formulei: **P = F x G**.

Se consideră aspecte semnificative de mediu acele aspecte de mediu pentru care se obține $P > 12$.

Punctajul de referință, stabilit pentru fiecare criteriu este prezentat în Tabelul 2.

Tabel 2. Grila de evaluare a impacturilor de mediu aferente metodei 2 de evaluare

CRITERIU	IMPACT		EVALUARE IMPACT (P)
Frecvența de apariție -F-	accidental (max o dată/an)		2
	rar (1 - 12 ori/an)		4
	foarte des, permanent (mai mult de 12 ori/an)		6
Gravitatea efectelor -G-	nu sunt reglementați prin prevederi legale		1
	sunt reglementați prin prevederi legale	indicatorii monitorizați nu depășesc limitele maxim admise	3
		indicatorii monitorizați depășesc limitele maxim admise	6

A treia metodă propusă pentru identificarea și evaluarea aspectelor de mediu semnificative ale unei societăți ia în considerare criteriile:

- Existența cerințelor legale și a altor cerințe de mediu care reglementează impactul de mediu (L),
- Frecvența de producere a impactului (F),
- Natura poluantului/ deșeului/ resursei naturale (N),
- Cantitatea de poluant/ deșeu/ resursa naturală (C).

Pentru fiecare criteriu se aplică un sistem de notare între 1 și 5, conform Grilei de evaluare a impacturilor de mediu (tabel 3).

Tabel 3. Grila de evaluare a impacturilor de mediu aferente metodei 3 de evaluare

Nr. crt.	Criterii de evaluare	Denumire	Nota	Semnificația notei
1	Existența cerințelor legale și a altor cerințe de mediu care să reglementeze impactul de mediu	L	1	Impactul nu este limitat/ controlat prin acte legislative sau prin alte cerințe de mediu
			3	Impactul este limitat/ controlat prin autorizația de mediu și/ sau prin legislația de mediu
			5	Impactul este strict limitat/ controlat prin autorizația de mediu și/ sau prin legislația de mediu
2	Frecvența de producere a impactului	F	1	Impactul apare la funcționare în situații de urgență
			3	Impactul apare numai la funcționare anormală
			5	Impactul apare numai la funcționare normală
3.	Natura poluantului/ deșeului/ resursei naturale	N	1	Poluantul majoritar care determină impactul este inofensiv pentru om și mediu; Deșeu menajer/ deșeu reciclat; Resursa naturală afectată nu este reglementată.
			3	Poluantul majoritar care determină impactul este periculos (inflamabil, coroziv, cancerigen, oxidant, etc) ; Deșeu este asimilat cu cel menajer, deși nu intră în această categorie ; Resursa naturală afectată este urmărită doar prin regulile organizației.
			5	Poluantul majoritar care determină impactul este toxic/ substanță interzisă/ poluant care determină probleme globale de mediu; Deșeu face parte din categoria celor toxice și periculoase; Resursa naturală afectată face parte dintre prioritățile firmei.
4.	Cantitatea de poluant/ deșeu/ resursă naturală	C	1	Concentrația poluantului emis se situează sub pragul de alertă indicat în legislația aplicabilă; Cantitatea de deșeu aparută lunar este mai mică de 10 kg; Consumul de resursă naturală se situează sub consumul planificat.

			3	Poluantul apare sporadic în concentrații egale cu valoarea pragului de alertă; Deșeul apare în cantități de ordinul zecilor de kg/lună; Consumul de resursă naturală este situat frecvent la nivelul consumului specific planificat.
			5	Poluantul apare în concentrații situate între pragul de alertă și cel de intervenție sau depășește pragul de intervenție; Deșeul apare în cantități de ordinul tonelor/lună; Consumul de resursă naturală depășește consumul specific planificat.

Pentru evaluarea fiecărui impact se calculează produsul $L \times F \times N \times C$, care reprezintă scorul total al impactului produs. Scorul global minim care se poate obține pentru un impact este 1, iar cel maxim 625. Dacă scorul global al unui impact este mai mare sau egal cu 75, atunci impactul de mediu respectiv este considerat semnificativ. Dacă un aspect de mediu generează cel puțin un impact semnificativ de mediu, atunci aspectul de mediu respectiv este clasificat ca semnificativ.

4. CONCLUZII

Procesul de identificare a aspectelor de mediu s-a realizat prin analizarea proceselor tehnologice/ serviciilor de apă-canal, pe locații/ activități, operații, zone de activitate, luând în considerare condițiile de funcționare normale, pornire/oprire și situații de urgență posibile.

Prima metodă propusă s-a aplicat în cadrul Companiei Apa Brașov, a doua metodă s-a aplicat în cadrul Companiei de Apă Someș, pentru a identifica și a determina aspectele de mediu ale activităților, produselor sau serviciilor sale, pe care le poate controla și asupra cărora se presupune că poate avea influență.

Autorul propune și o a treia metodă de evaluare aplicabilă operatorilor de apă care își propun ca efectele activităților sale asupra mediului să fie în limitele legale și/sau de reglementare, în vigoare și să acționeze pentru diminuarea continuă a acestora.

Pentru identificarea aspectelor de mediu s-au luat în considerare următorii factori:

- emisii în aer;
- deversări în emisar;
- gestionarea deșeurilor;
- contaminarea solului;
- utilizarea materiilor prime/materialelor și a energiei;
- pierderi de apă;
- probleme referitoare la comunitate și la mediul local.

În procesul de identificare s-au stabilit și care sunt aspectele de mediu semnificative pe care operatorul de apă le poate ține sub control și asupra cărora poate avea influență. Aspectele semnificative de mediu au constituit date de intrare pentru elaborarea obiectivelor și țințelor de mediu, documentate prin Programe de management de mediu.

Programele de management includ: desemnarea responsabilităților la funcții și nivele

relevante, mijloace și termene privind relizarea acestora.

Fiecare dintre aceste metode prezintă avantaje și dezavantaje, are domenii în care este mai eficientă și domenii în care rezultatele aplicării ei sunt mai puțin relevante.

Întrucât nu există reguli stricte, nici criterii obligatorii pentru evaluarea impacturilor, fiecare operator de apă își va stabili propriile sale reguli și criterii. Chiar unor criterii identice, organizații diferite le pot acorda grade diferite de importanță.

5. BIBLIOGRAFIE

- [1] SR EN ISO 14001:2005 - Sisteme de management de mediu. Cerințe cu ghid de utilizare;
- [2] ISO 14004:2010 - Sisteme de management de mediu. Linii directoare referitoare la principii, sisteme și tehnici de aplicare;
- [3] Aspects Regarding the Improvement of Environmental Performances Using Methods of Evaluation of the Impact Associated to Environmental Aspects, *Advances in Environmental & Geological Science & Engineering*, Proceedings of the 2nd International Conference on Environmental and Geological Science and Engineering (EG '09), WSEAS Conferences, University of Brasov, Romania, September 24-26, 2009, page 208-212, ISBN 978-960-474-119-9, ISSN 1790-2769.

CHAPTER III

CLIMATE CHANGE



Protectnature



**INEVA**

"Dedicated Expertise For The Environment"

PROTECT NATURE

Wastewater treatment sludges are among the major environmental problems. Sludge amounts are increasing day by day. INEVA, by its **in-house sludge incineration technology which requires no pre-drying process**; provides permanent and sustainable solution for the problem.

MĂSURI DE PREVENIRE A INUNDAȚIILOR ÎN ORAȘE ÎN CURS DE EXPANSIUNE

Laura Elena Tucan* and Bica Ioan**

* Asist. univ. dr. urb., Departamentul de Planificare Urbană și Dezvoltare Teritorială, Universitatea de Arhitectură și Urbanism “Ion Mincu”, Strada Academiei, Nr. 18-20, Sector 1, București, România, E-mail: laura.tucan@gmail.com

** Prof. univ. dr. ing., Departamentul de Hidraulică și Protecția Mediului, Universitatea Tehnică de Construcții București, Bulevardul Lacul Tei, Nr. 122-124, București, Sector 3, România, E-mail: bica@utcb.ro

Abstract

The world's urban population is growing and changing. If current trends are seen in the future also, it is estimated that in 2050, world population will reach 16 billion, almost double than that of 2010.

Given this scenario, it appears that more than 50% of future urban areas are still undeveloped.

According to Cohen, Montgomery, Reed and Stren [1], future urban population will be located mostly in medium and small cities, which will witness a rapid urban expansion, compared to the big cities, that will have a slower rate of growth.

Urban development and occupation of the lands with constructions directly affect the characteristics of freshwater. Interventions that occur on land, on which are built new constructions, can have a major negative impact on the natural water cycle, on the mode of transport and its natural storage.

The new developed residential and commercial areas generate impervious surfaces and compact soil infiltrating a small percentage of rainwater.

Therefore, flow coefficient increases and decreases the volume of water that seeps directly into the ground.

These phenomenons and also the increasing of the rain intensity in short time periods have implications in increasing the frequency, intensity and severity of urban flooding.

This is a major and a current problem for big cities. So, in order to prevent small and medium cities' confrontation with these problems, it is necessary to pay specific attention to spatial planning and rainwater management.

So, first it is essential to include “Green infrastructure” concept and its technical equipments in the expansion and development planning phase of small and medium cities, and second, to preserve the land where this equipments will be located.

The concept of “Green infrastructure” is based on the use of the properties of green spaces to improve the urban environment, as they (the green spaces of urban park or square type, green roofs, land plots in residential areas, etc.) contribute to climate change mitigation.

Keywords

Urban expansion, flow coefficient, green infrastructure.

1. INTRODUCERE

La nivel internațional, problematica gestiunii eficiente a apelor pluviale a devenit, în ultima decadă, o preocupare tot mai intensă și datorită necesității unei abordări interdisciplinare, specialiști din domenii diverse, precum: ingineri, arhitecți, urbanisti, peisagiști, sociologi, etc., au colaborat și au cercetat soluțiile ce vizează diminuarea și prevenirea producerii inundațiilor urbane.

Scopul acestor studii a fost de a identifica măsurile cele mai fezabile în eliminarea cauzelor care au condus la problemele cu care orașul se confruntă în prezent.

Centrele internaționale de cercetare cu cele mai vizibile rezultate au fost cele care au studiat colectarea alternativă a apelor pluviale, astfel încât să nu mai fie necesară preluarea acestora de către sistemul centralizat de canalizare.

Majoritatea centrelor au fost cele din Statele Unite ale Americii și Olanda, întrucât acestea au fost țările care și-au manifestat cel mai stringent interesul în domeniul managementului eficient al apelor meteorice.

Liantul acestor studii a fost preocuparea constantă pentru reintroducerea în cel mai scurt timp a apei din precipitații în circuitul natural.

Rezultatele semnificative obținute de o parte din centrele de cercetare internaționale au condus la conturarea și definirea conceptului “Green Infrastructure”.

Atelierul Groenblauw [2], prin Hiltrud Pötz & Pierre Bleuzé din Olanda, a realizat o cercetare cu privire la măsurile de diminuare a inundațiilor urbane care a avut ca finalitate un set de principii de design a elementelor G.I. (Green Infrastructure).

Programul “Integrated Storm Water Management”[3], realizat pentru orașele din nordul Texasului, a avut drept scop protecția calității apei și diminuarea riscului la inundații.

Rezultatele programului au fost:

- Criteria Manual: pe care orașele și județele pot să-l utilizeze și să-l aplice;
- Technical Manual: pentru managementul apelor pluviale, care stabilește standardele și metodologia de întocmire a echipamentelor tehnice de colectare a acestor ape prin utilizarea și aplicarea principiilor Infrastructurii Verzi;
- Ghiduri pe internet, cu exemple care pot fi utile în cadrul procesului de design;
- Documentul de instruire, care oferă toate elementele necesare unei comunități private, pentru a utiliza sistemele “Infrastructurii Verzi”.

În anul 2006, când a fost finalizat Manualul iSWM, 13 orașe au adoptat măsurile de management al apelor pluviale, prezentate în programul iSWM, iar până în anul 2011, acestora li s-au adăugat încă 20 de districte.

Un alt program, axat pe identificarea oportunităților și riscurilor generate de resursa naturală râul Trinity, a fost “Trinity River Common Vision”. Această cercetare a vizat 9 orașe și a avut ca obiective:

- Scăderea riscului de inundație;
- Curățarea râului Trinity și redarea posibilității oamenilor de a pescui și înota în acesta;
- Oferirea de posibilități de relaxare și recreere în proximitatea râului;
- Restaurarea și conservarea resurselor culturale.

Scopul acestui articol este în primul rând să prezinte măsuri eficiente de management urban și al apelor pluviale care pot fi adoptate de orașele mici și medii și în al doilea rând, să prezinte beneficiile conceptului și soluțiilor “Green Infrastructure” (G.I.).

2. STUDIUL DE CAZ: TEREN NECONSTRUIT AFLAT ÎN ZONĂ DE EXPANSIUNE URBANĂ



Figura 1. (stânga) Imaginea satelitară a terenului în prezent; Figura 2. (dreapta) Propunerea urbanistică de dezvoltare și amenajare a terenului

În vederea identificării aportului pe care echipamentele specifice G.I. îl pot avea în reducerea semnificativă a volumului de apă pluvială, care trebuie preluat de sistemul centralizat de canalizare, a fost considerat ca studiu de caz un teren neconstruit, cu o suprafață de 48.800 mp, aflat într-o zonă de expansiune urbană.

Starea actuală a terenului (neconstruit și neamenajat), a fost considerată ideală pentru exemplificarea modului în care echipamentele G.I. pot reduce semnificativ cantitatea de apă pluvială care se scurge la suprafață, dacă acestea sunt incluse, încă din faza de planificare și dezvoltare, și nu ulterior construirii.

Pe terenul considerat ca studiu de caz se propune dezvoltarea unui ansamblu de locuințe individuale, cu o zonă deschisă publicului, având destinația de comerț de proximitate și o altă zonă destinată educației (grădinițe, creșe, etc.).

Bilanțul suprafețelor propuse prin dezvoltarea urbană se regăsește în tabelul de mai jos:

Tabel 1. Bilanțul ocupării terenului conform propunerii de dezvoltare

	Mp	%
Suprafața construită	13.572,184 mp	27,81 %
Suprafața pentru parcare autoturismelor	2.125 mp	4,35 %
Suprafața străzilor și aleilor	19.224,245 mp	39,40 %
<i>Circulații publice carosabile</i>	<i>6.636,65 mp</i>	<i>13,60 %</i>
<i>Circulații publice pietonale</i>	<i>3.106,17 mp</i>	<i>6,37 %</i>
<i>Alei în interiorul loturilor</i>	<i>9.481,425 mp</i>	<i>19,43 %</i>
Suprafața de spațiu verde	13.878,571 mp	28,44 %
<i>Spații verzi publice de aliniament</i>	<i>890,00 mp</i>	<i>1,8 %</i>
<i>Spații verzi în interiorul lotului</i>	<i>12.988,571 mp</i>	<i>26,62 %</i>
S totală teren	48.800,00 mp	100,00 %

Debitul de ape pluviale care trebuie colectat de pe toată suprafața terenului a fost calculat cu relația:

$$Q_{pl} = m \times S \times \emptyset \times i, \text{ unde:}$$

m = coeficient adimensional de reducere a debitului de calcul, care ia în considerare capacitatea de înmagazinare în timp a canalelor și de durata ploii de calcul t ;

$$m = 0,9;$$

S = aria bazinului de canalizare, aferent secțiunii de calcul, în hectare;

$$S = S_1 + S_2 + S_3;$$

S_1 = aria zonei betonate carosabilă (străzi, parcări);

S_2 = aria zonei betonate pentru circulație pietonală și acoperișuri;

S_3 = aria zonei cu spații verzi generale (stradale și pietonale);

\emptyset = coeficient mediu de scurgere;

$\emptyset_1 = 0,90$ (zona betonată carosabilă);

$\emptyset_2 = 0,90$ (zona betonată pietonală și acoperișuri).

$\emptyset_3 = 0,10$ (spații verzi);

i = intensitatea medie a ploii l/s ha: 250 l/s ha;

$t = 15$ min.;

$$Q_{pl} = m \times S \times \emptyset \times i;$$

$Q_{pl1} = 0,9 \times 0,87 \times 0,90 \times 250 = \mathbf{176,175}$ l/s (debitul de apă pluvială provenit de la circulația carosabilă și parcări);

$Q_{pl2} = 0,9 \times 2,61 \times 0,90 \times 250 = \mathbf{528,525}$ l/s (debitul de apă pluvială provenit de la circulația pietonală și acoperișuri);

$Q_{pl3} = 0,9 \times 1,3 \times 0,10 \times 250 = \mathbf{29,25}$ l/s (debitul de apă pluvială provenit de la spațiile verzi).

Debitul total:

$$Q_{pl} = 176,175 + 528,525 + 29,25 = \mathbf{733,95}$$
 l/s

În concluzie, 733,95 l/s trebuie preluați de către sistemul centralizat de canalizare.

Coeficienții de scurgere au fost stabiliți luând în considerare coeficienții recomandați de Stănescu V., în cartea “Hidrologie urbană”[4]:

Tabel 2. Coeficienții de scurgere în funcție de tipul de acoperire a solului

Tipul de acoperire a solului	Coeficientul de scurgere
Pavaj dens, asfalt sau beton	0,70 – 0,95
Pavaj sau cărămidă	0,70 – 0,95
Acoperișuri de clădiri	0,75 – 0,95
Peluze de iarbă pe teren nisipos cu pante mici sub 2%	0,05 – 0,10

3. MĂSURI DE PREVENIRE A INUNDAȚIILOR URBANE

Pentru a reduce debitul apei pluviale care trebuie preluat de sistemul centralizat de canalizare se propun soluții de colectare locală și infiltrare a apei din precipitații la locul de cădere, soluții specifice “Green Infrastructure”. Pentru a reduce cât mai mult debitul apei pluviale, au fost utilizate soluții de scădere a coeficientului de scurgere în zone cu grad redus de poluare [5] de tipul:

1. “Rainwater ponds”/“Constructed wetlands”: utilizarea sistemelor de tipul “iazuri” constituie o soluție optimă întrucât stochează temporar apa meteorică și o epurează prin vegetație, acolo unde gradul de poluare nu este foarte ridicat.

Dezavantajul utilizării acestor tipuri de sisteme îl reprezintă necesitatea continuă de mentenanță. Un avantaj însă al acestor sisteme este că infiltrarea poate fi controlată, astfel încât atunci când nu plouă să existe încă în bazin o cantitate de apă, care poate fi infiltrată imediat la începerea noului eveniment ploios. De asemenea, designul acestor zone este în avantajul imaginii urbane a orașelor, întrucât sunt amenajate astfel încât să aibă un aspect cât mai natural.

Suprafața necesară pentru un astfel de sistem este de 10% din suprafața impermeabilă de pe care se colectează apa pluvială (în condițiile unei fluctuații de maxim 30 cm a nivelului apei). Adâncimea ideală a acestor iazuri este de 1,5 m și din acest motiv trebuie asigurată siguranța copiilor în proximitatea lor. Adâncimea maximă trebuie stabilită astfel încât apa să se poată încălzi în totalitate pe timpul verii și să nu existe probleme de calitate, iar pe timpul iernii să nu înghețe și să asigure în continuare habitatul necesar pentru supraviețuirea peștilor.

Cu toate acestea, este necesar să existe posibilitatea, ca în cazul depășirii capacității de stocare, surplusul de apă să fie preluat de sistemul centralizat de colectare a apelor pluviale.

2. Bioswales:

Aceste sisteme sunt utilizate pentru stocarea temporară a apelor pluviale care sunt colectate prin rigole sau șanțuri.

Un sistem de tipul “bioswales” are fundul bazinului cu o porozitate crescută. Pentru a stabili solul, este plantată vegetație pe fundul bazinului. Sub sol este un strat de pietriș susținut într-un geotextil. Acest material are o impermeabilitate scăzută, astfel încât să poată să treacă apa prin el. De asemenea, pietrișul este susținut de geotextil pentru a preveni dezvoltarea rădăcinilor plantelor.

Pentru a preveni supraumplerea bazinului în timpul evenimentelor ploioase extreme, acesta este conectat direct la rețeaua centralizată de canalizare printr-o conductă, și în momentul atingerii

nivelului maxim, apa începe să fie transmisă către rețeaua centralizată. Însă, dimensiunile acestui bazin trebuie să fie suficient de mari, astfel încât o eventuală supraumplere să se producă la maxim 2 ani (suprafața bazinului trebuie să fie de 16% din zona aferentă de pe care este colectată apa pluvială).

Profilul bazinului trebuie să fie realizat astfel încât apa colectată la un eveniment ploios să se infiltreze în maxim 24 de ore.

Echipamentele specifice G.I. vor fi amplasate pe terenul considerat ca studiu de caz, după cum se poate observa din figura de mai jos:



Figura 2. Amplasarea echipamentelor specifice “Green Infrastructure”

Criteriile care au stat la baza utilizării anumitor tipuri de echipamente au fost:

- Amplasarea sistemelor de tipul “rainwater ponds” pe terenurile proprietate privată, în curtea locuințelor individuale, pe spațiile verzi, întrucât pot să stocheze apa în vederea reutilizării acesteia la irigatul spațiilor verzi sau chiar în circuitul casei, la grupurile sanitare. Aceste sisteme au rolul de a colecta apa pluvială care se scurge de pe acoperișul locuințelor și pe cea de pe aleile pietonale din interiorul parcelei;
- Amplasarea sistemului de tipul “constructed wetlands” pe un teren liber din sud-vest-ul zonei, amenajat ca spațiu verde, pentru a colecta toată apa pluvială care se scurge pe suprafața destinată circulației pietonale, datorită capacității acestor sisteme de stocare a unei cantități mai mari de apă pluvială;
- Amplasarea sistemului de tipul “bioswales” în zonele destinate dotărilor publice, respectiv, pe cele două terenuri cu funcțiune de spațiu comercial și educație, întrucât aceste sisteme au o adâncime mică, de maxim 30 cm și sunt sigure pentru copii. Aceste sisteme au rolul de a colecta apa pluvială care se scurge de pe acoperișul construcțiilor și pe cea de pe aleile pietonale.

Debitul de apă pluvială rezultat, care trebuie preluat de sistemul centralizat de canalizare, în urma utilizării acestor sisteme și echipamente de tipul “Green Infrastructure”, va fi doar cel de pe circulațiile carosabile și de la parcări, întrucât apa care spală aceste circulații este poluată și necesită epurare. Astfel, doar un debit de 176,175 l/s va intra în sistemul centralizat de canalizare, **cu mai puțin de 76%** decât dacă nu ar fi utilizate sistemele specifice G.I.

4. CONCLUZII

Proiectarea inițială a sistemelor centralizate de colectare a apelor pluviale a vizat un singur aspect, respectiv acela de a transporta, în cel mai scurt timp posibil, apa care se scurge de pe suprafețele impermeabile. Pentru o perioadă lungă de timp, acest proces și-a dovedit eficiența, iar inundațiile locale au fost prevenite. Însă, odată cu modificările la nivelul precipitațiilor produse de schimbările climatice și de creșterea gradului de ocupare a terenului, s-au manifestat efecte negative precum inundații și eroziuni ale malurilor, în zonele de evacuare a apelor pluviale.[5]

Prin prezentul articol a fost relevată importanța utilizării sistemelor și echipamentelor specifice G.I. și aportul substanțial pe care acestea îl au în reducerea debitului apei pluviale care trebuie introdus în sistemul centralizat de canalizare și care la ploi cu intensități crescute pot produce inundații urbane, atât în interiorul localității, cât și la locul de deversare în emisar, în apele curgătoare.

Totodată, luând în considerare faptul că în zonele deja constituite au fost observate dificultăți în amplasarea echipamentelor G.I., din diferite considerente, precum: spații verzi și publice foarte restrânse ca suprafață, incertitudini ale proprietății terenurilor, amenajarea terenului astfel încât apa pluvială să se scurgă către rețeaua centralizată de canalizare, etc., rezultă necesitatea stringentă ca aceste echipamente să fie luate în considerare încă din faza de planificare a unei dezvoltări urbane.

Astfel, se poate atinge, pe de o parte, eficiența maximă a echipamentelor, și pe de altă parte poate fi redus considerabil riscul la inundații.

5. BIBLOGRAFIE

- [1] *B. Cohen, M. Montgomery, H. Reed, R. Stren*, Cities Transformed – Demographic Change and Its Implication in the Developing World, Washington, National Academy of Science, 2003;
- [2] *P. Bleuzé, H. Pötz*, Urban green-blue grids for sustainable and dynamic cities, Editura Coop for life, Delft, 2012;
- [3] *I. Bunster-Ossa, D. Rouse*, Green infrastructure: A landscape approach, American Planning Association, Report Number 571, Chicago, 2013;
- [4] *V. Stănescu*, Hidrologie Urbană, Program Tempus JEP 3801 Science de l'eau et environnement, Editura didactică și pedagogică, R.A. – București, 1995;
- [5] *L. Tucan*, Teză de doctorat: Cercetarea soluțiilor alternative de colectare a apelor pluviale, Universitatea Tehnică de Construcții București, 2016.

A CASE FOR A COORDINATED LOW IMPACT DEVELOPMENT AND GREEN INFRASTRUCTURE POLICY IN ROMANIA

Dan Rădulescu*, Gabriel Racovițeanu**, Adriana Pienaru*** and Xavier Swamikannu****

* Ph.D. Student, Hydrotechnical Engineering Department, Technical University of Civil Engineering, Bucharest, Romania, E-mail: *dan.radulescu@utcb.ro*

** Prof. Dr. Eng., Hydrotechnical Engineering Department, Technical University of Civil Engineering, Bucharest, Romania, E-mail: *gabriel.racoviteanu@utcb.ro*

*** Lecturer, Land Reclamation and Environment Department, University of Agronomic Sciences and Veterinary Medicine, Bucharest, Romania, E-mail: *apienaru@gmail.com*

**** Assistant Adj. Prof., Environmental Sciences and Engineering Program, University of California, Los Angeles, California, USA, E-mail: *xswamikannu@ioes.ucla.edu*

Abstract

The dramatic impacts of the climate change phenomenon faced by the urban communities coupled with increased urbanization trend dictate a new paradigm in managing urban stormwater runoff in the wider context of Integrated Urban Water Management. To defend cities from the threat of flooding and to protect the quality of receiving waters, nature based solutions, such as Low Impact Development, Green Infrastructure, Natural Water Retention Measures, etc., must be part of the toolbox of practices.

The creation of dedicated centers for studies, research, and specialists training, to support the implementation of these techniques, appear to be a positive approach for countries attempting to initiate the change to the new paradigm.

Keywords

Climate change, green infrastructure, low impact development, integrated urban water management, nature based solutions, sustainable urban development.

1. INTRODUCTION

Climate change has obvious signs of disruption in the weather patterns all over the world. The impacts are apparent and well documented [1]. The signs are more ominous and with manifestations even more serious impacts in urban areas. The cities in the coastal areas increasingly face the threat of rising sea level and the danger of major and more frequent flood events. To add even more stress, the migration of people from rural areas to urban ones continues to stay on an ascendant trend. Furthermore, the urban sprawl is of great concern. The peak intensities of rainfalls are higher, the frequency is increased and it is not a rare occurrence to have consecutive low probability storms happening in very short intervals. Scientists are attempting to establish the mechanisms of cause and effect relationships between climate change and extreme weather events. All these disruptions brought about by the effects of human activities, in addition to the other changes that take place in urban areas, such as significant land use modifications, have tremendous impacts on the natural resources. Of special concern are the water resources, because they are vital not only for the human consumption, but are also essential for the biotic life. Many nations are already implementing counter measures to mitigate the problems brought on by climate change and the European Union has adopted a strategy for societal adaptation to climate change [2] that outlines, among others, actions for key sectors, including water resources.

Although in the not so distant past the signs of climate change were not so evident, the signs of receiving waters pollution were readily visible, especially in, around, and downstream of the urban areas. Many countries attempted to address the impacts of non-treated urban wastewater and stormwater and invested significant amounts of funds and implemented vast urban water

infrastructure to mitigate the effects, including conveyance systems, storage networks and treatment facilities. Nations such as the United States, Australia, Japan, and the industrialized countries in Western Europe, have implemented infrastructure to control mostly municipal and industrial point source pollution. However, while the significant investments made towards the late part of the 20th century managed to control adequately urban point source pollution, diffuse pollution, especially the contaminants conveyed from urban areas by stormwater flows, proved even more challenging to address. The European Union, also acknowledges the difficulties raised by the “diffuse and point-source pollution [which] still threaten the status of EU waters, despite the progress achieved under legislation on nitrates, waste water treatment, industrial emissions, priority substances and plant protection products” [3]. The following analysis will attempt to not only recognize the challenges posed by the urban stormwater runoff pollution, but it will try to identify the techniques and methods used around the world to control it. In addition, it will take a first step to propose an implementation strategy for Romania, which faces the same challenges as many other countries confronting increased urban development.

2. OVERVIEW OF THE STRATEGIES

Identifying the sources, quantifying and characterizing the pollution effects

Early studies, as far back as the 1980s, such as the Nationwide Urban Runoff Program (NURP), performed in United States, demonstrated that the diffuse polluted urban runoff was a significant contributor to receiving water quality impairments. Historically, the urban stormwater runoff discharged directly in the downstream receiving waters or to the municipal conveyance systems was considered conventionally “clean”. However, these early studies and more recent ones have demonstrated that the urban stormwater runoff is not so “clean” and poses significant threats to the environment and adequate control measures must be implemented to assure compliance with water quality standards.

In its 2004 National Water Quality Inventory Report, the United States Environmental Protection Agency lists as leading causes of impairments, among others, metals, nutrients, pathogens, pesticides, sediment, toxic organics, organic enrichment/oxygen depletion materials. All these constituents have been detected in the discharges of urban stormwater runoff. The impervious urban surfaces, such as streets and highways, sites of industrial or construction activities, are sources for several pollutants and stressors, that can be discharged into the receiving waters either directly or indirectly. Therefore, urban related/stormwater runoff was identified as a major pollutant source category, including discharges from municipal separate storm sewers (MS4), parking lot and impervious surfaces runoff, highway and road runoff, storm sewers, urban runoff, permitted stormwater discharges. In addition, even residential areas, that in general are considered “cleaner”, have proven significant sources of nutrients, pesticides and pathogens. This only confirmed the earlier NURP findings, that specifically identified heavy metals, polycyclic aromatic hydrocarbons, pesticides, plasticizers, coliform bacteria, as the constituents that contributed significantly to the pollution.

Other researchers also identified urban stormwater runoff, as a significant source of contamination, to separate storm sewer systems and receiving waters, determining that a significant percentage of the stormwater discharges assessed, showed moderate to high toxicity [4]. In addition, research has demonstrated that the phenomenon of wet weather pollution is not limited to discharges through separate storm sewer systems. Similar problems have been identified

resulting from the discharges of urban stormwater through combined sewer systems. Studies have shown that, when the capacity of the combined sewer is exceeded, the resulting sewer overflows are adversely impacting the quality of the receiving waters and the contribution of pollution from urban runoff remains significant [5]. More recent studies show that the phenomenon of urban runoff pollution is experienced worldwide, and is significant, where urban development takes place, in countries such as China, Korea, Iran, India.

The changes in surface permeability can be quite dramatic in an urban environment and they often lead to increases of flow volumes discharged and the frequency of floods. In some instances, the increase in peak flow discharge may be as high as two and a half times larger between rural and urbanized areas. These hydrological changes have adverse biological and geomorphological impacts, together with a decrease in the volume of water that recharges the groundwater aquifer. This reduced infiltration affects the availability of drinking water supply in many urbanized areas of the world with significant consequences, such as the difficulty to provide clean water to the inhabitants and incurring higher costs to arrange for alternative sources.

Comparison between the municipal conveyance systems

Collecting, conveying and treating the wastewater from residential and industrial/commercial sources for surface discharge is relatively facile, given the many resources invested in this effort for many decades; however, stormwater runoff remains a significant challenge not necessarily due to collection and conveyance problems to address the flooding concerns, but also due to few treatment options, especially during peak events. At first, it seems beneficial to use the conventional method of providing the collection, conveyance and treatment of wastewater and stormwater runoff through a combined sewer system; however, it also shows its limitations during peak storm events, that may overwhelm both the capacity of the conveyance system and of the treatment works. At peak events and in absence of adequate retention capacity, the combined sewer systems allow significant amounts of partially treated or untreated wastewater of poor quality to be discharged into the receiving water [6]. In addition to the raw wastewater released, in the case of combined sewer overflows, the same group of contaminants and stressors found in the releases from the separate storm sewer systems, such as pathogens and toxic pollutants, contribute to the impairments of the receiving waters.

On the other hand, where separate sewer systems are available to convey the stormwater, while being very efficient for the transport of surface runoff and its discharge rapidly to the receiving waters, the polluted flow is treated moderately or, in most cases, not treated at all. Studies show that despite the existence of an infrastructure consisting of one or the other sewer systems or a combination of both, the challenges presented by the polluted urban runoff are real and still difficult to address.

It is interesting to note that the researchers recommend a thorough analysis of the performance of both options, from the technical, environmental protection and economic point of view, before deciding which system is the better choice for implementation under the particular urban conditions.

A recent report identifies the gap that exists in the European Union strategies: no policy document addresses the stormwater overflows from combined waste water collecting systems on receiving water bodies [7]. The report concludes that, there are “three broad areas where action could be taken to improve the knowledge base and better assess the impacts of stormwater overflows:

- Better understanding of the impact of stormwater overflows on the quality of the receiving water body;
- Better assessment of health risks, based on the exposure of human activities to contaminated water;
- An approach to monitor stormwater overflows.”

Methods and strategies to control the quantity and quality of urban stormwater runoff

Facing continuous degradation of the water resources due to urban wet weather discharges and in response to the challenges posed by the diffuse pollution, many countries, such as Australia, United States, and others, updated their laws and regulations to address these continuing threats posed by the non-point source contamination. Similarly, water quality directives from the European Union include stringent limits for various constituents that contribute to the diffuse pollution, and in United States, the 1987 reauthorization of the Clean Water Act provided a regulatory framework and the impetus for addressing the quality of discharges from the urban separate storm sewer systems. Furthermore, efforts have been made to identify worldwide the legal and regulatory tools used to adapt to the new water quality challenges when facing the climate change dilemma.

Concomitantly, there has been much progress made to date to address the technical, jurisdictional and policy challenges posed by the difficult problem of non-point pollution. A significant amount of effort and investment have been made in obtaining background data, research, modelling, and trying to adequately answer to this complex issue. Based on these efforts, a paradigm shift has emerged in addressing the urban stormwater runoff problem. Conceptually, there is agreement that stormwater must be addressed in the larger framework of Integrated Urban Water Management (IUWM), since the pressures of a growing population migrating to urban areas, the depletion of water resources, higher energy demands, climate change, and other stressors, are only increasing with time [8]. The IUWM provides a platform to address all aspects of planning, designing, and managing urban water systems integrating fresh water, wastewater, stormwater, and solid waste, and enables better management of water resources needs, while assuring adequate protection of the environment.

To better address specifically the urban stormwater management issues in a comprehensive and integrated manner, several techniques and new methodologies have been developed. These methodologies consider other aspects of urban development such as growth, redevelopment, flood protection, pollution prevention, groundwater resources conservation and augmentation, and overall water quality protection of the receiving water against degradation. There is another change in the way we view stormwater: it must be considered a valuable resource, not a nuisance.

These new techniques focus on a holistic approach when designing the storm sewer systems, to address adequately both the flood protection and the pollution control and treatment needs and to preserve the post development hydrology at the pre-development levels.

It also points to the need to start problem solving at the source and at the initial phases of the planning process.

Many of these concepts, such as Sustainable Urban Development, Green Infrastructure, Smart Growth, point to the role and the need to address and integrate adequate stormwater management techniques in the planning and development phase of the future urban areas.

These new approaches also offer guidance on how to retrofit the existing urban infrastructure to be more protective of the environment.

As early as 1998, the European Union initiated a framework of action that promoted “more holistic, integrated and environmentally sustainable approaches to the management of urban areas.”

In the European Union “Green Infrastructure is specifically identified as one of the investment priorities [and] ... is recognised as contributing to regional policy and sustainable growth in Europe and facilitating smart and sustainable growth through smart specialisation.

GI solutions are particularly important in urban environments in which more than 60% of the EU population lives” [9].

Techniques such as Water Sensitive Urban Design, Low Impact Development, Sustainable Urban Drainage Systems, Low Impact Urban Design and Development, developed worldwide, as depicted in **Figure 1**, go to the more specific aspects of stormwater management and storm infrastructure design and demonstrate how they can be integrated in a holistic urban water management.

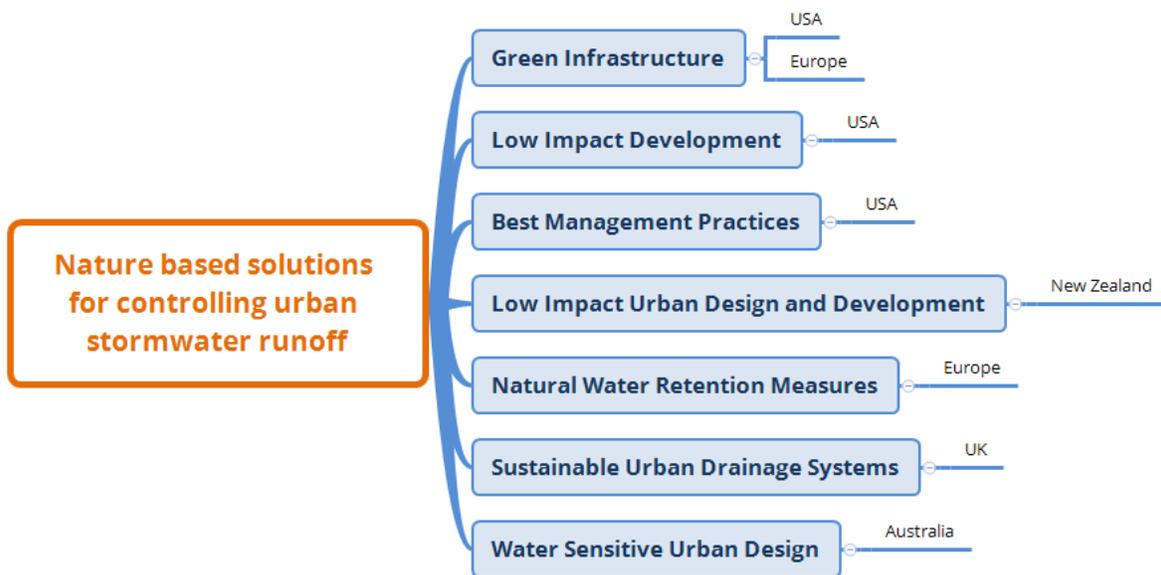


Figure 1. Nature based methods for controlling urban stormwater runoff

Although the methods listed above address different scales, a diverse way of defining the concepts and different levels of detail, they share common features and put an emphasis on nature based solutions in their toolboxes of practices.

These techniques include methods, such as avoiding or disconnecting as much as possible the impervious areas (**Figure 2**), to allow for stormwater to infiltrate close to the source, using vegetation, permeable pavements (**Figure 3**), rain gardens, filter strips, green roofs and similar approaches (**Figure 4**) [10].

To lower the volume of stormwater released, rain barrels or rain tanks are a preferred alternative, together with preserving and expanding the urban green areas and vegetative canopy.



Figure 2. Example of roof runoff management and impermeable surfaces disconnection



Figure 3. Porous pavement testing in a parking lot



Figure 4. Managing stormwater runoff close to the source in an urban green space

These methods move away from traditional end-of-pipe, single site treatment approach to a distributed, as illustrated in **Figure 5**, closer to the source treatment train mode, that relies greatly in preserving and using the existing natural features.



Figure 5. Example of sustainable drainage systems retrofitted into the urban environment in Holland [11]

Romanian experience

After the transition toward democracy, in 1989, and especially after joining the European Union in 2007, Romania has made significant strides in improving the outlook of the national water resources. The water resources protection legislation has been updated and significantly strengthened, and the European Directives, such as the Urban Waste Water Directive (1991), Water Framework Directive (2000), Floods Directive (2007), have been integrated in the Romanian body of law. Other policy documents, such as Climate Change Adaptation Strategy (2013), Green Infrastructure (2013), Natural Water Retention Measures Policy (2014) are in the process of implementation through public mechanisms. Romania declared its entire territory as a sensitive area and because of this declaration any town with 10,000 or more inhabitants must implement advanced wastewater treatment works capable of removing nutrients, such as nitrogen and phosphorous. It is also recognized that significant stress on water resources in Romania comes from treated and untreated wastewater discharges into surface waters and from a number of diffuse sources of pollution [12]. The good quality of Romania's bathing waters was recognized in the European Environment Agency's Bathing Water Report, 2012.

As far as the standards of design and engineering practices are concerned, several standards have been updated to include concepts outlined in the European and national legislation. For example, in the technical regulation NP 133/2-2013 regarding the design, construction and maintenance of water supply and sewerage systems for localities [13], the principles for designing a separate storm sewer system are:

- Retaining the stormwater runoff at the source;
- Reducing the impermeable surfaces in urban developments;
- Strengthening the requirements for maintenance and cleanliness of developed urban areas and increasing the ratio of green space area per inhabitant (in $\text{m}^2/\text{inhabitant}$);
- Implementation of retention/detention basins to reduce peak flows and capture the first 5 to 10 minutes of rainfall.

Although these principles are stated, there are, to date, no specific guidance documents, or coordinated policies to provide explicit details regarding methods of design, construction and

maintenance to implement those practices that follow the same concepts of low impact development, green infrastructure and sustainable urban systems development using nature based solutions.

2. CONCLUSIONS

Despite the recent progress made in controlling and treating urban point source wastewater, it became clear that the non-point, diffuse pollution from the urban areas is still adversely impacting significantly the quality of the receiving waters. Continued urbanization, the dramatic aspects of climate change, the dwindling of adequate water resources, all point to a need for a paradigm shift in urban water management. This change dictates that stormwater runoff must be viewed and treated as a resource instead of a nuisance. The choice between using a separate conveying system or a combined one must be done after careful analysis; however, no matter which system is used for conveying and treating urban stormwater runoff, there is a need to consider it as an asset, while assuring proper protection against floods. No matter what system is used, the problems and challenges remain, significant investments are required, and maintenance costs will be very high.

The answer lays in using an integrated, holistic strategy in urban water management, including specific techniques to address the quality of urban stormwater runoff, such as smart growth, low impact development, green infrastructure, all relying on nature based solutions.

The design process should follow a treatment train methodology, focusing on retaining water safely and infiltrating near the source as much runoff as possible, and disconnecting the connected impervious areas. The planning process should start close to the source, at the individual lot level, progress to analyzing and implementing the various techniques at the project level, then sub-basin and watershed level with the aim to preserve the post development hydrology at the pre-development levels.

Traditional engineered solutions, which have proven their performance, are not precluded from use, under the new paradigm. While we move away from the traditional model of end-of-pipe, single site treatment, there are many instances where traditional engineered solutions have their role, and they augment the range of practical solutions available to specialists in the field. Sedimentation basins, filters, detention and retention basins, and many other tools should be part of the toolbox of available practices that the specialist can use, depending on the particular situation. Many countries and municipalities have already recognized the need to change the paradigm, in addressing the complex issues of diffuse pollution and are actively implementing the techniques that mimic natural processes combined with the more traditional engineering practices.

Romania may benefit through the crafting of a coherent, coordinated and multidisciplinary national policy and strategy to allow the bold implementation of green infrastructure, low impact development, natural water retention measures concepts in the body of architectural, engineering, agronomical, and urban planning practice. Another element that may aid in crafting this national low impact development and green infrastructure policy may be the creation of multi-disciplinary and multi-institutional centers of excellence, as a partnership between academia, government and private sectors. These centers of excellence could be the incubators for studies and research on the performance and usability of these techniques adapted to Romania's climate and soil conditions and for educating specialists and technicians to gain a solid professional expertise to assure their safe design, construction, use, and maintenance. Many countries have already established these types of centers and they have proven their usefulness and benefits from the engineering,

professional and economic perspectives with significant positive results in implementation and protection of the water resources and the environment.

4. REFERENCES

- [1] *The National Academy of Sciences; The Royal Society*. Climate Change: Evidence and Causes - An overview from the Royal Society and the US National Academy of Sciences. The National Academies Press, Washington DC; 2014;
- [2] *European Commission*. An EU Strategy on adaptation to climate change. Communication from The Commission to The European Parliament, The Council, The European Economic and Social Committee and The Committee of The Regions. COM(2013) 216 final;
- [3] *European Commission*. A Blueprint to Safeguard Europe's Water Resources. Communication from The Commission to The European Parliament, The Council, The European Economic and Social Committee and The Committee of The Regions. COM(2012) 673 final;
- [4] R. Pitt, R. Field, M. Lalor, M. Brown. Urban Stormwater Toxic Pollutants: Assessment, Sources, and Treatability. *Water Environment Research* 1995; Vol. 67, No. 3, pp. 260-275;
- [5] M.C. Gromaire, S. Garnaud, G. Chebbo. Contribution of Different Sources to the Pollution of Wet Weather Flows in Combined Sewers. *Water Research* 2001; Vol. 35, Issue 2, pp. 521-533;
- [6] S. Sandoval, A. Torres, E. Pawlowsky-Reusing, M. Riechel, N. Caradot. The evaluation of rainfall influence on combined sewer overflows characteristics: the Berlin case study. *Water Science & Technology* 2013; Vol 68, No 12, pp. 2683-2690;
- [7] *Milieu Ltd*. Assessment of impact of stormwater overflows from combined waste water collecting systems on water bodies (including the marine environment) in the 28 EU Member States. 2016; Brussels, Belgium;
- [8] A. Bahri. Integrated Urban Water Management - TEC Background Papers No. 16, 2012; Stockholm, Sweden: Global Water Partnership;
- [9] *European Commission*. Green Infrastructure (GI) - Enhancing Europe's Natural Capital - Communication from the Commission 2013; Brussels, Belgium;
- [10] P. Strosser, G. Delacámara, A. Hanus, H. Williams and N. Jaritt. A guide to support the selection, design and implementation of Natural Water Retention Measures in Europe - Capturing the multiple benefits of nature-based solutions 2015; Publications Office of the European Union. Final version, April 2015;
- [11] P.E. Myerscough and C.J. Digman. Combined Sewer Overflows - Do they have a Future? In Proceedings of 11th International Conference on Urban Drainage 2008; Edinburgh, UK: IWA;
- [12] *European Environment Agency*. Romania's State of the Environment Report 2012; EEA's report SOER 2015;
- [13] *Normativ privind proiectarea, execuția și exploatarea sistemelor de alimentare cu apă și canalizare a localităților. (Normative Referring to Design, Construction and Maintenance of Water Supply and Sewerage Systems for Localities)- Indicativ NP 133-2013 - Partea a II-a: Sisteme de canalizare a localităților (Part II: Sewer Systems for Localities). Indicativ NP 133/2-2013.*

REDUCTION OF OPERATION AND MAINTENANCE COSTS IN WATER SUPPLY SYSTEMS BY NON-REVENUE WATER MANAGEMENT

Iulia Mihai* and Călin Neamțu**

* M.Eng., Cefain Construct SRL, B-dul Lacul Tei nr. 1–3, sector 2, Bucuresti, România (E-mail: office@cefain.ro), România, E-mail: iulia.mihai@cefain.ro

** Eng., Compania de Apă Someș SA, Bd. 21 Decembrie 1989, nr. 79, Cluj-Napoca, Jud. Cluj, România, E-mail: calin.neamtu@casomes.ro

Abstract

The results of the research in non-revenue water management field can be considered a support for improving the performances of water companies, with a significant input of the reduction of the costs for operating and maintenance. Other potential impact of the results of the research is the awareness of the managers of water companies regarding the importance of an adequate non-revenue water monitoring system, on auditing of used data and establishing of an organizational structure for the implementation of the strategies for water losses reduction.

Keywords

NRW management, O&M costs reduction, sustainability.

1. INTRODUCTION

The climate changes and the reduction of water reserves require that authorities from all over the world will adopt an adequate system for water management, in order to keep the balance between the demand and the volumes delivered. The sustainability of operators is vital for safe supply of the population with potable water, in optimum environmental, social and economic conditions.

2. BACKGROUND

After a long period of centralized management, Romania moved to decentralization based on local autonomy principle, local public administrations having the right to associate with the aim to develop efficient public services of regional interest. Therefore, the water utilities in Romania suffered important changes.

In order to assure the compliance with the EU Directive according to the conformation period, the operators of water and waste water systems needed to be consolidated. Romania received assistance from pre-accession programs (PHARE, ISPA) to support local authorities in establishing regional operators in the water sector, in order to enable a proper implementation of European founded projects and efficient operation of the systems.

During 2007–2013 (extended to end of 2015), Romania was implementing the first stage of SOP ENV Programme, in order to protect and improve the environment and living standards in Romania. Under the SOP ENV Programme, the priority axis 1 - Extension and modernization of water and wastewater systems - addresses the main weaknesses of the water and wastewater systems including management, lack of long term development strategies and business plans, etc.

Apart from reduction of physical water losses, as a result of rehabilitation of water systems through Construction contracts (Yellow or Red FIDIC), most of the water utilities benefited from Services contracts, where the Consultancy firms were hired to perform various activities including

development of NRW reduction strategy, implementation of GIS system, implementation of hydraulic modeling.

During the development of NRW reduction strategy, the water utilities were recommended to create a dedicated group for NRW management, to assess the levels of existing and targeted NRW, to purchase adequate tools for leakage detection, to maintain proper records of the activities performed and of the results.

Although all the water utilities in Romania are performing their activities under the same legislation and although most of the SOP 1 services for NRW reduction were similar in all utilities, there are differences among the Romanian water operators from the point of view of organization, staffing, work procedures and reporting systems, tasks, budgets.

The understanding of the fact that leakage detection is just one of the components of NRW reduction management is a must and NRW management activity should receive the full support of the decision makers in the water operators. Without a strict legislation regarding this activity, the organization of water loss management, among the water utilities is depending on the skills of managerial teams. Moreover, the NRW management groups differs from utility to utility as components, tasks, abilities, tools, etc. due to the local skills of the staff, the NRW management activity being more or less shaped on the existing resources.

3. REDUCTION OF OPERATION AND MAINTENANCE COSTS IN WATER SUPPLY SYSTEMS BY NON-REVENUE WATER MANAGEMENT

The management of Non-Revenue Water should be developed starting from the following main aspects:

- Establishing a dedicated structure for control and monitoring of NRW, with clear work procedures and budgetary allocation for: personnel, equipment, transport and works;
- Assessment of water supply systems, components and functionality, technological scheme including the existing monitoring devices (flow, pressure, level);
- Data audit, in order to use only clear, accurate and explicable data, with evidence of assumptions, if any;
- Calculating IWA water balance, KPIs;
- Monitoring the water volumes in key points of the system, compulsory for analyzing the possible causes of NRW. A small number of flow meters is recording a large volume of water, so their accuracy and location are very important;
- Control of the water volume supplied to the customers, by metering, checking the accuracy of the water meters, conducting audits for data errors;
- Pressure management, for reducing the leaks and reduce the operational costs;
- Leakage detection of the real losses, repairs - using performing equipment, training for the operators and minimizing the repair time;
- Monitoring and reduction of technological losses, unbilled, using procedures for reporting the water used by the operator.

The reduction of NRW by a proper management leads an important impact on O&M costs as follows:

- Reduction of energy consumption for extraction, treatment, transport, storage and distribution of the water;
- Reduction of the quantity of chemicals used for water treatment;
- Reduction of the costs for dewatering and handling the sludge resulted in the treatment process.

As the level of physical losses is influencing, also the level of the infiltrations in the sewer systems, and as the operators in Romania are in charge of water and wastewater systems, the NRW reduction leads to further reductions of O&M costs as:

- Reduction of energy consumption for transport and treatment of waste water;
- Reduction of the quantity of chemicals used for waste water treatment;
- Reduction of the costs for dewatering and handling the sludge resulted in the waste water treatment process.

Following by an organized activity of identification and remedy in the shortest time of the defects in the network has also a great impact on the reduction of O&M costs:

- Smaller volume of water produced, but not paid by the customers, wasted due to pipe bursts until the pipe repair / replacement;
- Less after-work hours for urgent pipe repairs with reduction of personnel costs.

The usage of customer's meters with telemetry, sensors for pressure, flow, level monitored in SCADA has also an impact on the O&M costs, as the labor costs for reading, data handling are reduced.

Pressure management, part of NRW management, can also have a great influence on the savings on the O&M costs. Improved management of pressure transients and reductions of excess pressures results in less energy for pumping. Flow rates of existing leaks are reduced, as is the frequency of new leaks, in addition to extending infrastructure life, with all the implied short, medium and long-term reductions in costs.

The financial benefits of NRW management can be assessed from ongoing changes in financial and cost data, but the benefits also need to be quantified in technical terms, using 'fit for purpose' performance indicators. The following Case Study is used as evidence to show, which key performance indicators (KPIs) work well, for tracking changes in NRW performance, and also that one of the most frequently used traditional KPIs is definitely not fit for this purpose.

4. FIT FOR PURPOSE KPIS CASE STUDY: COMPANIA DE APĂ SOMEȘ S.A. (CASSA)

Between 2007 and 2016, CASSA expanded to include an increasing number of small water supply systems, implementing several large investment projects of some 300 mil Euro during that period. The number of systems grew from 45 to 212, and Table 1 shows changes of:

- Mains length from 1458 to 3280 km (+ 125%)
- Service connections from 51.9 to 107.3 thousand (+ 107%)
- Connection density/km from 35.6 to 32.7 per km (- 8%)

SCIENTIFIC AND TECHNICAL CONFERENCE
SUSTAINABLE SOLUTIONS IN WATER MANAGEMENT 2017

The investments also included improvements in bulk metering, replacement of customer meters, procurement of leakage detection equipment, procurement and implementation of GIS, hydraulic modeling, SCADA systems and training of operators.

So even though the system infrastructure more than doubled, the reductions in annual water supply volume statistics were impressive:

- System Input Volume from 70.4 to 62.7 million m³ (- 11%)
- Metered Consumption from 35.7 to 32.4 million m³ (- 9.2%)
- Non-Revenue Water from 34.7 to 30.3 million m³ (- 12.7%).

Table 1. Evolution of water supply system in CASSA during 2007-2016 - key figures

YEAR	MAINS	SERVICE CONN- NECTIONS	CONN- ECTION DENSITY	SYSTEM INPUT VOLUME		METERED CONSUMPTION		NON-REVENUE WATER			
				VOLUME	Litres/ conn/day	VOLUME	Litres/ conn/day	NRW VOLUME	NRW l/conn/d	NRW m ³ /km mains/d	% of SYSTEM INPUT VOLUME
	km		No/km	mc x 1000	l/conn/d	mc x 1000	l/conn/d	mc x 1000	l/conn/d	m ³ /km/d	%
2007	1458	51884	35.6	70409	3718	35698	1885	34711	1833	65.2	49.3%
2008	1688	56717	33.6	70444	3394	34913	1682	35531	1712	57.5	50.4%
2009	1948	60385	31.0	66350	3010	33244	1508	33106	1502	46.6	49.9%
2010	2168	71215	32.8	64043	2464	31901	1227	32141	1237	40.6	50.2%
2011	2347	76204	32.5	62767	2257	31713	1140	31054	1116	36.3	49.5%
2012	2365	83093	35.1	61537	2023	31721	1043	29816	980	34.4	48.5%
2013	2621	89633	34.2	61422	1877	31098	951	30324	927	31.7	49.4%
2014	2828	96383	34.1	61493	1748	31443	894	30050	854	29.1	48.9%
2015	3096	102806	33.2	62888	1676	31571	841	31317	835	27.7	49.8%
2016	3280	107333	32.7	62677	1595	32401	825	30276	771	25.2	48.3%

Key Performance Indicators for NRW used to track this data should reflect these major improvements in efficiency. How do the individual KPIs calculated in Table 1 compare with the recommendations for 'Fit for Purpose' KPIs in the EU Reference Document 'Good Practices on Leakage Management (2014), summarized in Table 2 below?

Table 2. KPIs are Fit for Purpose? Evidence-based conclusions from the EU Reference Document

OBJECTIVE	GOOD PRACTICE PERFORMANCE INDICATOR FOR LEAKAGE, FIT FOR PURPOSE						
	Volume per year	litres/ service connection	m ³ /km mains	litres/ billed property	% of System Input Volume	% of Water Supplied	Infrastructure Leakage Index, with Pressure
SET TARGETS AND TRACK PERFORMANCE, FOR AN INDIVIDUAL SYSTEM	YES, for large systems	YES*	YES*	YES (UK)	NO	NO	Only if all justifiable pressure management completed
TECHNICAL PERFORMANCE COMPARISONS OF DIFFERENT SYSTEMS	NO	NO	NO	NO	NO	NO	YES
DRAW GENERAL CONCLUSIONS FROM SINGLE OR MULTIPLE SYSTEMS	NO	NO	NO	NO	NO	NO	YES, together with other context factors

* Choose services connection density > 20/km; if not, choose mains; or base choice on country custom and practice

In the CASSA Case Study, NRW reduction between 2007 and 2016 expressed in:

- 'Volume per year' shows a 12.7% reduction, but this does not allow for more than 100% increase in the system size
- 'liters/service connection/day' shows a 58% reduction, and allows for increase in system size
- 'm³/km/day' shows a 61.5% reduction, - more than % reduction in liters/connection/day, as in this Case Study, mains length increased by a greater % than the increase in service connections
- '% of System Input Volume' shows only a 1% reduction, from 49.3% to 48.3%
- ILI reduced from 27 to 11, a reduction of 41%, but it is not known if all justifiable pressure management has been completed.

The failure of 'NRW as % of SIV' as a 'fit for purpose' KPI, for setting targets and tracking changes in performance is very clearly demonstrated in this Case Study, and is increasingly recognized in Europe and internationally. This is because 'NRW as % of SIV', and 'Water Supplied as % of SIV' are 'Zero-Sum KPIs'; if volumes of both metered consumption and NRW both reduce (which is the objective in reducing operation and maintenance costs), then only one of them can produce a reduction as % of SIV; the other must produce an equal increase as % of SIV:

- NRW as % of SIV reduced by 1.0% (from 49.3% to 48.3%) between 2007 and 2016
- So Metered Consumption as % of SIV must have risen by 1% from 50.7% to 51.7%
- Check from Table 1: in 2007 Metered Consumption as a % of SIV = $35698/70409 = 50.7\%$
- Check from Table 1: in 2016 Metered Consumption as a % of SIV = $32401/62677 = 51.7\%$

Utilities can check with their own data this 'Zero-Sum' situation by downloading a copy of a small Excel game 'Play the Percentage Game' in English or in Romanian language.

Readers of this paper are invited to imagine the situation, that they are the Utility manager or the Funding Agency Consultants, who spent 300 million Euros to reduce System Input Volume by 12.7%, whilst more than doubling the system size, to then be criticized by regulators or media for reducing the NRW as a % of SIV by only 1%.

Many leading NRW specialists internationally have now taken a positive initiative to abandon the use of % of SIV, as a performance indicator (PaPs Initiative, 2017) and are seeking support from all persons, Consultants, Utilities and Regulators, who recognize the seriousness of this problem.

5. OVERVIEW OF CURRENT STATUS OF LEAKAGE MANAGEMENT

Table 6 of Section 6 of the EU Reference Document 2014 outlines a classification system that could be used for each of the multiple systems in a European Utility such as CASSA.

Table 3. Additional performance and context indicators - CASSA

Additional PIs and context indicators (Lambert et al, 2014).						
Parameter	Units of measurement	System Size Descriptions				
		Very Small	Small	Medium	Large	Very Large
Service connections:	Number	< 3k	3k to < 30k	30k to < 300	300k to < 3 million	3 mi or more
Service connection Density	Number per km of mains	< 20	20 to < 30	30 to < 50	50 to < 70	70 or more
Average length Main to Meter	Metres per Connection	< 4	4 to < 8	8 to < 12	12 to < 16	16 or more
Parameter or Context Information	Units of measurement	Performance Indicator and Context Information Descriptions				
		Very Low	Low	Moderate	High	Very High
Infrastructure Leakage Index ILI		< 1,5	1,5 to < 2,0	2,0 to < 4,0*	4,0* to < 8,0*	8* or more
Average System Pressure	Metres	< 30	30 to < 40	40 to < 50	50 to < 60	60 or more
Mains repairs	per 100 km/year	< 7	7 to < 10	10 to < 15	15 to < 20	20 or more
Mains - average time to repair	Days	< 1	1 to < 2	2 to < 4	4 to < 8	8 or more
Service Connection repairs	per 1000 services/year	< 3	3 to < 4	4 to < 7	7 to < 10	10 or more
Services - average time to repair	Days	< 2	2 to < 4	4 to < 8	8 to < 16	16 or more
Active Leakage Control	% checked annually	< 10%	10% to < 30%	30% to < 70%	70% to < 90%	90% or more
Rate of Rise of Unreported Leakage	litres/service conn/day, in a year	< 20	20 to < 40	40 to < 80	80 to < 160	160 or more
Assessed Value of leakage	Euro/m3	< 0,10*	0,10 to < 0,25*	0,25 to < 0,50*	0,50 to < 1,00*	1,0* or more
Use of Energy	kWhr/m3	< 0,25*	0,25 to < 0,50*	0,50 to < 1,0*	1,0 to < 2,0*	2,0* or more

* Limits for these parameters are provisional and subject to further checking and/or review

A quick summary for some aspects of the whole system as at 2016 would be as follows:

System Size Descriptions

Service Connections: **Medium Size System**, 30k to < 300k service connections

Service Connection Density: **Medium**, 30 to < 50 Connections/km

Average service connection length, main to customer meter: 4 meters: **Small**, (4 to < 8 m).

Performance and Context Information

Infrastructure Leakage Index ILI: 11: **Very High** (> 8) if Romania was a High Income Country, but **High** as it is a Low/Middle Income Country

Mains failures: 50 per 100 km mains: **Very High** (< 20)

Service failures: 23 per 1000: **Very High** (>10)

Active Leakage Control: 25%: **Low** (10% to <30%)

Use of Energy: 0.26 kWhr/m³: **Low** (0.25 to < 0.50).

6. HOW CAN PRESSURE MANAGEMENT HELP REDUCE OPERATIONAL COSTS?

Pressure management is increasingly recognized as having many technical and financial benefits (EU Reference Document, Appendix B.3, 2014), briefly summarized in the following Table.

Concepts of how to predict these benefits has improved significantly in the last few years, alongside evidence of many Case Studies that they are achievable if properly targeted and implemented.

Table 4. Benefits of Pressure Management

PRESSURE MANAGEMENT: REDUCTION OF EXCESS AVERAGE AND MAXIMUM PRESSURES								
CONSERVATION BENEFITS			WATER UTILITY BENEFITS				CUSTOMER BENEFITS	
REDUCED FLOW RATES			REDUCED FREQUENCY OF BURSTS AND LEAKS					
REDUCED EXCESS OR UNWANTED CONSUMPTION	REDUCED FLOW RATES OF LEAKS AND BURSTS	REDUCED AND MORE EFFICIENT USE OF ENERGY	REDUCED REPAIR AND REINSTATEMENT COSTS, MAINS & SERVICES	REDUCED LIABILITY COSTS AND REDUCED BAD PUBLICITY	DEFERRED RENEWALS AND EXTENDED ASSET LIFE	REDUCED COST OF ACTIVE LEAKAGE CONTROL	FEWER CUSTOMER COMPLAINTS	FEWER PROBLEMS ON CUSTOMER PLUMBING & APPLIANCES

Source; Water Services of Australia Asset Management Study PPS-3, 2011
with later addition of 'reduced and more efficient use of energy'

A review of pressure management and measurement practices usually identifies some economic technical solutions for better management of pressure in pumped systems with high or very high repair frequencies.

Development of practical concepts for predicting and targeting the multiple benefits of pressure management are outlined in a separate paper 'How can pressure management reduce Operational Costs'.

7. CONCLUSIONS

In addition to the economic benefits, addressing NRW contributes to people and environment health. It provides a better perception and trust of the customers towards the operators and, in the end, to regional development.

The Case Study shows that the recommendations in the EU Reference Document for 'Fit for Purpose' KPIs for tracking progress were valid. Litres/service connection/day and m³/km mains/day were both valid and the best for a rapidly expanding system. % of System Input Volume was an absolute failure, for reasons which are increasingly well known.

8. ACKNOWLEDGEMENTS

I would like to express my very great appreciation to Mr. Allan Lambert for his valuable and constructive suggestions during the planning and development of this research work. His willingness to give his time so generously has been very much appreciated.

Many thanks fo LEAKSuite website for sources of freely available material including latest international concepts.

9. BIBLIOGRAPHY

- [1] *Cor Merks, Allan Lambert, Stuart Trow, et al.*, EU Reference document Good Practices on Leakage Management WFD CIS WG PoM, Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2015, <http://www.leakssuite.com/eu-good-practice-on-leakage-management/>;
- [2] <http://www.leakssuite.com/kpis-fit-for-purpose/pros-abandon-percents-of-siv/>;
- [3] <http://www.leakssuite.com/kpis-fit-for-purpose/supporters-of-pap-initiative/>;
- [4] http://www.leakssuite.com/wp-content/uploads/2016/12/Copy-of-Play_the_NRWs-Game-V1a-04-Feb-2015.zip, <http://detectiviiapeipierdute.ro/jocul-procentelor/>.

IMPACTUL SCHIMBĂRILOR CLIMATICE ÎN SECTORUL APEI

Călin Vasile Neamțu* și Daniela Simona Moldovan**

* Compania de Apă Someș SA, Cluj Napoca, B-dul 21 Dec.1989, nr.79, România,
E-mail: *calin.neamtu@casomes.ro*

** Compania Apa Brașov SA, Brașov, Str.Vlad Tepeș, nr.13, România,
E-mail: *danielamoldovan@apabrasov.ro*

Abstract

The impact of climate changes reflected in the diminution of drinking water resources, the hydrological cycle alteration, the increase of the average temperature with major variations in the regional area, seasons alteration, the increase of extreme climatic phenomena, biodiversity diminution, they all represent an actual global concern.

The water sector confronting with challenges both due to climate changes and to carbon management, trying to adapt the specific policies depending on necessities and adapting the imposed measures from case to case. The increase of energy price and more and more severe legal requirements determine the water-sewage companies to implement strategies that would lead to the decrease the energy needs in the processes of water treatment and cleaning.

The CO₂ emissions from the water-sewage sector are either direct (appeared during the operational process, water treatment, cleaning, sludge treatment), or indirect or incorporated (in the construction and facility sector, such as cement or chemical substances).

Even if at present accent is laid only on CO₂, greenhouse effect gases that should be taken into consideration are: methane (CH₄) and nitrogen oxide (NO₂). An emission source of methane that involves the water-sewage companies is the sector of urban waste water, the urban treatment plants, where pools of sludge fermentation from the cleaning process are provided.

This paper presents the impact of climate change regarding how this concept is at present, the mechanism of greenhouse effect gases, the challenges of the introduction of carbon footprint in the water industry, as well as a case study from the Water Company Someș SA.

Keywords

Climate changes, greenhouse effect gases, carbon management, carbon footprint, water sector.

1. INTRODUCERE

Schimbările climatice reprezintă una dintre cele mai mari amenințări asupra mediului în care trăim, fiind determinate de factori interni și externi naturali, dar și de factori rezultați din diverse activități umane, cum ar fi creșterea concentrației gazelor cu efect de seră. Separarea acestor factori (care acționează deseori simultan) constituie o provocare la nivel mondial, ecosistemele și clima fiind strâns legate între ele, ceea ce determină implementarea de obiective pe termen lung, care să vizeze limitarea creșterii încălzirii globale.

Strategia României definește politicile țării noastre privind respectarea obligațiilor internaționale prevăzute de Convenția Cadru a Națiunilor Unite asupra Schimbărilor Climatice semnată la Rio de Janeiro în anul 1992 și de Protocolul de la Kyoto la Convenția Cadru, semnat în 1997 și, totodată, a obligațiilor privind schimbările climatice asumate prin integrarea în Uniunea Europeană.

Promovarea unui mecanism de reducere a emisiilor de gaze cu efect de seră de către agenții economici cu activități care generează astfel de emisii este reglementat prin Acquis-ul comunitar de mediu, de către Directiva 2003/87/CE și care se aplică numai pentru emisiile de CO₂.

Directiva 2003/87/CE este transpusă în legislația românească prin HG nr. 780/2006 privind înființarea unei scheme de comercializare a certificatelor de emisii de gaze cu efect de seră

(modificată de Hotărârea nr. 971/2016); Ordinul Ministrului Mediului și Dezvoltării Durabile nr.1474 din 25 septembrie 2007 pentru aprobarea Regulamentului privind gestionarea și operarea registrului național al emisiilor de gaze cu efect de seră; Ordinul Ministerului Mediului și Gospodăririi Apelor nr. 1175/2006 pentru aprobarea procedurii privind monitorizarea și raportarea emisiilor de gaze cu efect de seră.

În România, Directiva 2003/87/CE privind stabilirea schemei de comercializare a certificatelor de emisii de gaze cu efect de seră a fost implementată începând cu anul 2007 (data aderării la UE). Aceasta este un instrument creat pentru a sprijini Statele Membre în vederea promovării reducerii emisiilor de gaze cu efect de seră într-un mod eficient din punct de vedere economic, pentru îndeplinirea angajamentelor sub Protocolul de la Kyoto.

Pentru a lupta împotriva schimbărilor climatice, în decembrie 2008 Parlamentul European a adoptat pachetul legislativ "**Energie – Schimbări climatice**" prin care, la nivel european, s-a stabilit realizarea a 3 obiective pe termen lung:

- reducerea emisiilor de gaze cu efect de seră cu 20% până în anul 2020 (față de anul 1990) și cu 30% în situația în care se ajunge la un acord la nivel internațional;
- o pondere a energiilor regenerabile în consumul final de energie al UE de 20% până în anul 2020, incluzând o țintă de 10% pentru biocombustibili din totalul consumului de combustibili utilizați în transporturi;
- creșterea eficienței energetice cu 20% până în anul 2020.

Directiva 2009/29/CE de modificare a Directivei 2003/87/CE în vederea îmbunătățirii și extinderii sistemului comunitar de comercializare a certificatelor de emisii de gaze cu efect de seră face parte din pachetul legislativ și se va aplica tuturor Statelor Membre începând cu anul 2013 (EU ETS post - 2012) (sursa: www.anpm.ro).

2. EMISII DE GAZE CU EFECT DE SERĂ

Dintre gazele cu efect de seră prevăzute în Protocolul de la Kyoto se enumeră: dioxidul de carbon (CO₂), metanul (CH₄), protoxidul de azot (N₂O), hidrofluorocarburi (HFC), perfluorocarburi (PFC), hexafluora de sulf (SF₆).

Din Planul de Acțiune pentru Schimbări Climatice (PASC) sectoarele prioritare selectate în ceea ce privește generarea, respectiv principalele măsuri care se impun pentru diminuarea emisiilor de gaze cu efect de seră sunt: sectorul energetic, industria metalurgică, industria silicaților, agricultura, depozitele de deșeuri menajere, arderea combustibililor fosili și biomasa, exploatarea și distribuția gazului metan, extracția cărbunelui.

Alegerea sectoarelor a pornit de la premisa că, energia, transporturile și industria sunt principalele sectoare care contribuie la emisiile de GES, iar agricultura, pădurile și resursele de apă sunt sectoare vitale pentru asigurarea dezvoltării țării pe termen lung.

Gazul carbonic (CO₂), numit științific dioxid de carbon, cel mai important din ciclul carbonului, este inofensiv și aduce clorul pentru fotosinteza. CO₂, sub forma de vapori de apă, lasă să treacă undele scurte ale radiației solare în atmosfera și absoarbe undele lungi ale radiațiilor Pământului, ceea ce provoacă o reîncălzire a aerului, efectul de seră.

Bioxidul de carbon întâlnit în atmosferă în proporție de 0,03% nu produce tulburări manifestate decât în situațiile în care este împiedicată trecerea gazului din sângele venos în alveola pulmonară și eliminarea lui prin aerul expirat. De fapt fenomenele toxice apar în momentul în care presiunea parțială a CO₂ din aer crește atât de mult încât împiedică eliminarea acestui catabolit.

Inițial apare o creștere a CO₂ din sânge (hipercapnie) mai puțin datorită pătrunderii lui din aerul exterior, cât datorită autointoxicării organismului.

Pe măsură ce crește concentrația în aerul atmosferic, intervine și solubilizarea lui în plasma sanguină datorită presiunii parțiale crescute; la autointoxicare se asociază intoxicația exogenă.

Primele tulburări apar în jurul concentrației de 3% manifestată prin tulburări respiratorii (accelerarea respirației), apare apoi cianoza, urmată de tulburări respiratorii și circulatorii însoțite de fenomene legate de dezechilibrul acido-bazic.

Praful, cenușa și fumul au o proporție destul de mare în totalitatea poluanților care există în atmosferă, iar sursele artificiale generatoare cuprind, în general, toate activitățile omenești bazate pe arderea combustibililor lichizi, solizi sau gazoși. O altă sursă generatoare de praf o reprezintă industria materialelor de construcție, respectiv industria silicaților.

Fumul constituie partea invizibilă a substanțelor ce se elimină prin coșurile întreprinderilor industriale și este constituit din vapori de apă, gaze, produși incomplet arși (cărbune, hidrocarburi, gudroane etc.) și alte impurități înglobate și eliberate cu ocazia arderii.

Un alt gaz periculos, compus al gazului natural, este monoxidul de carbon (CO), care se răspândește în atmosferă sau se formează în stratosferă sub efectul razelor UV. Având în vedere că toate materiile primare energetice folosite pentru combustie conțin carbon sub forma de combinații chimice, care se oxidează, transformându-se în gaz carbonic (CO₂) sau în monoxid de carbon (CO), dacă combustia este incompletă, efectul acestuia este din ce în ce mai mare printre poluanții devastatori.

Dioxidul de sulf (SO₂), produs în principal de arderea cărbunelui, dar prezent și în emisiile motoarelor diesel, se combină cu apa din atmosferă și provoacă ploile acide care distrug vegetația și clădirile.

Compușii azotului contribuie de asemenea la poluarea atmosferei, bioxidul de azot (NO₂) fiind unul din cei mai periculoși poluanți, sursa acestuia fiind în special motoarele cu ardere internă a automobilelor. NO₂ se formează la temperatura ridicată din țevile de eșapament. Cantități importante de NO₂ dau naștere și din arderea cărbunilor. De asemenea, NO₂ contribuie la formarea smogului - fotochimic, un produs complex alcătuit din diverși compuși chimici și având ca substrat fizic particule de aerosoli (suspensii solide sau lichide din atmosferă).

Sub influența razelor solare mai ales ultraviolete (UV) între acești compuși se produc reacții secundare și terțiare din care iau naștere alte substanțe, ca ozon, PAN, acroleina, formaldehida, peroxiacetilnitrati, etc. Dintre acestea PAN și ozonul au efecte toxice deosebit de puternice.

În România aproape 75% din totalul emisiilor de gaze cu efect de seră în anul 2000 proveneau din sectorul energetic. La nivelul aceluși an, în țara noastră, deșeurile solide și lichide au emis 42,5% din totalul CH₄ emis la nivel național. Din totalul metanului emis din deșeuri 84,5% s-au emis prin fermentarea anaerobă a gunoaielor și 15,5% prin fermentarea anaerobă a nămolurilor rezultate din epurarea apelor uzate.

Începând cu anul 2002, România transmite anual Secretariatului UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change), Inventarul național al emisiilor de gaze cu efect de seră, realizat conform metodologiei IPCC, utilizând formatul de raportare comun tuturor țărilor (CRF Reporter). Conform obligațiilor asumate la nivel internațional, ultimul inventar național al României a fost transmis în anul 2009 și conține estimările emisiilor de gaze cu efect de seră pentru perioada 1989 - 2007. Emisiile totale de gaze cu efect de seră (excluzând contribuția sectorului Folosința Terenurilor, Schimbarea Folosinței Terenurilor și Silvicultură) au scăzut în anul 2007 cu 44,83% comparativ cu nivelul emisiilor din anul 1989 (sursa: www.anpm.ro).

3. IMPACTUL INDUSTRIEI APEI ASUPRA SCHIMBĂRILOR CLIMATICE

Emisiile de CO₂ întâlnite în sectorul apă-canal sunt fie directe (apărute în procesul de operare, tratarea apei, epurare, tratarea nămolului) fie indirecte, ori incorporate (în construcțiile și facilitățile sectorului, cum ar fi cimentul sau substanțele chimice). [6]



Deși pentru moment accentul se pune doar pe CO₂, gazele cu efect de sera care ar mai trebui considerate sunt: metanul (CH₄) și oxidul de azot (NO₂). O sursă de emisie a metanului, care implică operatorii serviciilor de apă canal, o constituie sectorul deșeurilor de apă uzată orășenească, respectiv stațiile de epurare orășenești, unde sunt prevăzute bazine de fermentare a nămolurilor provenite din procesul de epurare.

Amprenta de carbon trebuie să arate cantitatea de dioxid de carbon (CO₂) emisă în cursul proceselor de tratare și epurare, precum și CO₂ asociat transportului la consumator, deversare în emisar, depozit de nămol, groapa de gunoi, etc. [6]



Cunoașterea și înțelegerea oportunităților sectorului apă-canal pentru a reduce consumul de carbon, adică a elibera cantități mai mici de CO₂ constituie priorități pentru factorii de decizie în ultimii ani. Se pune întrebarea dacă metodele folosite în alte sectoare (cum ar fi: transport, energie) privind reducerea emisiilor pot fi aplicate și în sectorul apă-canal și dacă amprenta de carbon are legătură cu dezvoltarea durabilă în sectorul apei?

Politicile și legislația actuală la nivel european privesc managementul carbonului din punct de vedere financiar, comercial, implementarea de programe privind reducerea emisiilor, evaluarea riscurilor și adoptarea unor programe de compensare.

Adoptarea celor mai bune practici din sectorul apă - canal sau cel al energiei și transportului vor avea întotdeauna prioritate.

Cercetările au demonstrat că nu se cunoaște în întregime *Amprenta de carbon* din sectorul apă-canal, pentru că sunt anumite consumuri energetice incluse fie în produse (materiale, substanțe), fie în procese (epurare, tratarea nămolului).

Identificarea datelor necesare și folosirea lor într-un mod deja testat (calculatorul de carbon), va ușura identificarea Amprentei de carbon. [6]

Serviciul respectiv poate fi efectuat de companii de profil, dar este, de multe ori preferabil să existe un Manager al carbonului în Compania de apă care să poată calcula Amprenta de carbon, identificând acțiuni concrete privind reducerea acesteia.

Surprinzător cum acțiuni mărunte pot contribui semnificativ la reducerea amprentei de carbon cu până la 20-25%. Acestea ar fi:

- închiderea monitoarelor calculatoarelor nefolosite pe timp de zi (i.e. ședințe, pauze prelungite) sau noapte;
- închiderea luminilor din birouri pe timp de noapte sau în weekend-uri;
- folosirea becurilor cu filamente economice (consum energetic redus);
- boilerele și sistemele de răcire-încălzire închise când nu sunt folosite;
- închiderea aerului condiționat când nu e folosit;
- eliminarea pierderilor prin îmbunătățirea infrastructurii de apă-canal.

4. AMPRENTA DE CARBON ÎN PROCESUL DE EPURAREA APEI - STUDIU DE CAZ COMPANIA DE APA SOMES SA

Sectorul apei se confruntă cu provocări atât ale schimbărilor climatice, cât și a managementului carbonului, încercând să-și adapteze politicile sectoriale funcție de necesități și adaptând măsurile practice impuse de la caz la caz. Creșterea prețului la energie și cerințele legislative tot mai severe, determina operatorii serviciilor de apă-canal să implementeze strategii care vor duce la reducerea nevoilor energetice în procesele de tratare și epurare.

Compania de Apă Someș SA ia în serios reducerea emisiilor de CO₂ în sectorul de apă-canal, iar politica dezvoltată are ca țintă implementarea principiilor dezvoltării durabile, incluzând necesitățile de reducere a emisiilor de carbon, menținând totodată calitatea proceselor desfășurate în sector.

Unele măsuri luate deja sunt modernizarea rețelelor de apă-canal, schimbarea/ modernizarea tehnologiilor de tratare și epurare, transport eficient al nămolului, etc. Aceste măsuri și-au dovedit deja eficacitatea, având potențialul să reducă simțitor emisiile de carbon,

Alte obiective ale Companiei de Apă Someș SA privind carbonul sunt:

- implementarea unei politici de aprovizionare cu materiale durabile;
- implicarea operatorului de apă în schimbarea mentalității consumatorului;
- examinarea provocărilor și cerințelor conflictuale la care sectorul trebuie să facă față (reducerea carbonului și îmbunătățirea calității serviciilor);
- analiza impactului pe care Directiva de Comercializare a Emisiilor o va impune sectorului apă-canal;

- identificarea tuturor emisiilor provenite din operare;
- analiza cost-beneficiu;
- reducerea amprente de carbon;
- implementarea de indicatorii ai performanței de mediu care vizează promovarea principiilor dezvoltării durabile.

Stafia de epurare a Companiei de Apă Someș a fost reabilitată în programul de investiții POS Mediu, investiție finalizată în anul 2013. Investiția în valoare de aproximativ 33 mil.euro și cu o capacitate de 367000 locuitori echivalenți a fost proiectată pentru a prelucra peste 111000 mc/zi.

Stația de epurare prelucrează zilnic aproximativ 500 mc nămol primar (3% substanță uscată) și aproximativ 330 mc nămol activ în exces (6% substanță uscată).

Nămolul rezultat este transportat în bazinele de fermentație, unde prin procesul de fermentare (35°C) rezultă biogaz care este utilizat la producerea de energie electrică și termică. În cadrul stației de epurare Cluj sunt două generatoare de curent care pot produce până la 45% din cantitatea de energie electrică necesară pentru funcționarea stației. Nămolul rezultat este transportat pe terenurile agricole din apropierea stației, iar deșeurile de la grătare și nisipul rezultat de la desnisipator sunt transportate la stația de primire a deșeurilor de la Oradea, ceea ce implică costuri mari pentru operator.

În tabelul 1 sunt prezentate consumurile de combustibil, gaze, energie electrică și de transport în procesul de epurarea apei.

Tabel 1. Amprenta de Carbon a Stației de epurare Cluj

Sursa de emisii	Anul 2015		Anul 2016	
	Valoare măsurată	Emisii CO ₂	Valoare măsurată	Emisii CO ₂
Combustibil	2650L	6996 kg	2650 L	6996 kg
Gaze	491948Nmc	887472,388kg	345552 Nmc	639611.808 kg
Curent electric	7735242kwh	3867621	8182860 kwh	4.091.430 kg
Transport	100000 km	15000 kg	100000 km	15000 kg
Total emisii de CO ₂		4.777.089 kg		4.753.037 kg

Datele monitorizate arată o cantitate de emisii CO₂ de 4777089 kg în 2015 față de 4753037 kg produse în 2016, reducerea fiind de 24000 kg CO₂ în 2016 față de 2015.

Cantitatea de biogaz produs în stația de epurare în anul 2015 a fost de 1101007 Nmc, iar în anul 2016 de 1154971 Nmc, iar energia electrică produsă de generator în anul 2015 a fost de 2113566 kW și de 2367691kW în anul 2016.

Din biogazul rezultat s-au produs 2.367.691 kWh de energie electrică, care au avut ca rezultat achiziționarea unei cantități de energie electrică mai mică din sistemul energetic, reducându-se astfel cantitatea de dioxid de carbon cu aprox.1.200.000 kg CO₂.

Cantitatea de CO₂ rezultată din aceste câteva elemente este de aproximativ 3.500.000 kg CO₂.(3500 to CO₂).

5. CONCLUZII

Pentru reducerea în continuare a gazelor cu efect de sera și în speță a dioxidului de carbon, în stația de epurare este necesară luarea în continuare, a unor măsuri care să ducă la creșterea cantității de biogaz, pentru a-l putea folosi cât mai mult în producerea de energie electrică și termică care să nu fie preluată din sistemul național. Pe lângă această măsură este necesară realizarea unor investiții în tratarea nămolului, în speță tratarea termică pentru reducerea cantității de nămol (prin scăderea umidității până la 10%) ceea ce ar reduce costurile de transport, și nu în ultimul rând incinerarea nămolului, care pe lângă eliminarea nămolului ar produce și energie electrică și termică necesare pentru funcționarea stației de epurare.

Angajamentul sectorului privind reducerea emisiilor cu conținut de carbon va avea doua implicații:

- încurajarea opțiunilor legate de consumul redus de carbon;
- selectarea activităților funcție de managementul eficient al carbonului.

Interesul final al factorilor de decizie din sectorul apă-canal este să încurajeze reducerea emisiilor și să formuleze măsuri de adaptare la variațiile climei, protejând consumatorul pe termen mediu și lung și promovând valori corespunzătoare unui management sustenabil al apei.

În privința consumului de apă și al furnizării apei potabile un rol important îl constituie eliminarea pierderilor, precum și modernizarea rețelelor de apă. Măsurile amintite sunt ușor de implementat, par minore, dar duc la reduceri substanțiale la nivelul organizației.

Esential în dobândirea acestor reduceri este implementarea unor politici de mediu responsabile ale personalului, care să încurajeze reducerea emisiilor și formularea de măsuri de adaptare la variațiile climei, protejând consumatorul pe termen mediu și lung și promovând valori corespunzătoare unui management sustenabil al apei.

Promovarea protecției vieții sănătoase și securității persoanelor fizice precum și a mediului înconjurător și apărarea intereselor consumatorilor pentru societatea contemporană, reprezintă o problemă de importanță majoră deoarece dezvoltarea economică are loc în cadrul creat de mediu ambiant în care trăim și ne desfășurăm activitatea.

6. BIBLIOGRAFIE

- [1] HG nr. 780/2006 privind infiintarea unei scheme de comercializare a certificatelor de emisii de gaze cu efect de sera;
- [2] Ordinul Ministrului Mediului și Dezvoltării Durabile nr.1474 din 25 septembrie 2007 pentru aprobarea Regulamentului privind gestionarea și operarea registrului național al emisiilor de gaze cu efect de seră;
- [3] Ordinul Ministerului Mediului și Gospodăririi Apelor nr. 1175/2006 pentru aprobarea procedurii privind monitorizarea și raportarea emisiilor de gaze cu efect de seră;
- [4] IPCC (2007) Climate Change 2007 - Impacts, Adaptation and Vulnerability, Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the IPCC, available from www.ipcc.ch/ipccreports/ar4-wg2.htm;
- [5] Schimbări climatice, www.anpm.ro;
- [6] D, Moldovan, V, Ciomos, D. Dimitriu, Provocările Amprente de Carbon în sectorul apei; exemplificări din Marea Britanie; studiu de caz SC Compania Apa Brasov SA, Conferința Tehnico-Stiințifică dedicată sectorului public de alimentare cu apă și canalizare, cu tema "Tehnologii avansate în producția de apă potabilă, epurarea și reutilizarea apelor uzate", 23 - 24, iunie 2009, Palatul Parlamentului București, România.

REUTILIZAREA APEI - REVIEW

Elena Adriana Mierloiu* and Lăcrămioara Diana Robescu**

* Power Engineering Faculty, Department of Hydraulics, Hydraulic Machinery and Environmental Engineering, University POLITEHNICA of Bucharest, Splaiul Independenței, nr. 313, sector 6, Bucharest Romania, E-mail: mierloiu.adriana@yahoo.com

** Power Engineering Faculty, Department of Hydraulics, Hydraulic Machinery and Environmental Engineering, University POLITEHNICA of Bucharest, Splaiul Independenței, nr. 313, sector 6, Bucharest Romania, E-mail: diana.robescu@upb.ro

Abstract

The growing water stress both in terms of water scarcity and quality deterioration promotes the development of reclaimed water as a new water resource use. Romania is one of the European countries with modest water resources. Water reuse is not a widespread practice in Europe. Most wastewater from urban water treatment plants is simply paid back into the rivers and lakes. But increasing water reuse would allow us to solve, for example, the problem of water scarcity and drought, while reducing the risk of water contamination and the costs associated with wastewater treatment. Water reuse has also a lower impact on the environment than getting it from other sources, such as desalination.

The paper presents a review of the options for wastewater reuse with advantages and drawbacks.

Keywords

Irrigation, wastewater, wastewater reuse.

1. INTRODUCERE

Tratarea și reutilizarea apei uzate nu este o tehnică nouă, cunoștințe cu privire la acest subiect au luat amploare de-a lungul timpului. Reutilizarea apei a fost utilizată încă de la începuturile istoriei umane, ea cunoscând diferite stagii de dezvoltare și în prezent fiind folosită în multe părți ale lumii, în special în zonele aride. Încă din anii 3500-2500 Î.H., în Imperiul Mesopotamian, existau locuințe conectate la sistemul de evacuare a apelor pluviale pentru a transporta deșeurile. În Babilon, latrinele erau conectate la puțuri verticale cu diametrul de aproximativ 450 mm sub pământ. Orașul Mohenjo-Daro de pe valea râului Indus, din Pakistan, se număra printre localitățile istorice în care multe case aveau drenaje care duceau la canale colectoare închise. Numeroase conducte din ceramică, latrine și haznale au fost conectate la sistemele de drenare din străzi.

În Creta, la Palatul Regal al Regelui Minos din Knossos, deșeurile erau evacuate prin conducte de teracotă cu ajutorul a patru sisteme de drenare. Cel mai consacrat instrument de spălare din acea perioadă, se referă la o latrină cu un rezervor acoperit ce a fost reînființată 3000 de ani mai târziu. Între anii 300-500 D.H., în Grecia, latrinele publice au fost drenate în canale colectoare care au transportat apele pluviale și apele menajere într-un bazin colector din afara orașului. Țevile erau căptușite cu cărămidă și ajutau la transportul apei uzate pe terenuri agricole pentru irigare și fertilizarea culturilor și livezilor.

Sistemul central de canale colectoare, numit și *Cloaxa Maxima*, a fost construit de romani în jurul anilor 600 Î.H.. Aceste canale colectoare căptușite cu cărămizi aveau câteva ramificații – una pentru fiecare deal - iar localnicii înstăriți erau conectați la conductele de colectare în urma unei sume de bani. Aceste canale colectoare erau de asemenea folosite pentru drenarea străzilor în timpul ploilor. Urina a fost colectată în closete publice și vândută vopsitorilor, tăbăcarilor și altor comercianți. Cei care nu-și puteau permite să se conecteze la sistemul de canalizare foloseau olițe în camerele lor după care le descărcau în haznaua publică. Aceste haznale erau golite zilnic de lucrători plătiți de municipalitate, iar conținutul era folosit ca fertilizatori. Zeița Romană a

canalelor colectoare și responsabilă pentru prevenirea și igiena sistemelor publice de drenare a fost Cloacina.

În Evul Mediu, practicile privind sanitația au regresat la nivelul primitiv. În Montmartre, în anul 1370, a fost construit primul canal colector acoperit al Parisului și arunca apele uzate în Râul Sena pe lângă Luvru. Franțoi I, în 1539, a poruncit proprietarilor să construiască haznale pentru colectarea apelor uzate, ca urmare a ravagiilor din orașele Europei din secolul al 16-lea provocate de ciumă. În 1596 a fost realizat primul closet cu apă, iar prima tratare chimică a apei uzate (utilizarea varului în Paris) a fost înregistrată în secolul al 18-lea.

Între anii 1830-1850 a avut loc o declanșare a epidemiilor de holeră și febră tifoidă în Paris, Londra, Hamburg și alte orașe din Europa omorând mii de oameni. În urma acestui dezastru, inginerii britanici și europeni au cercetat soluțiile de eliminare a apei reziduale aplicate de civilizațiile antice precum grecii, minoinii și romanii și au adoptat o strategie uitată de mult timp a „soluției pentru atenuarea poluării”. Sistemele de canalizare proiectate inițial pentru apele pluviale au fost ulterior combinate. Cu o evoluție rapidă a orașelor, primul proces de tratare a apei uzate utilizat la scară largă la mijlocul secolului al 19-lea a fost de tratare a solului. Prima fosă septică a fost patentată în 1895. Tratarea biologică a apei uzate (nămolul activ) a fost pusă în practică la sfârșitul secolului al 19-lea. Dezvoltarea procesului de tratare a apei uzate a avut loc în secolul al 20-lea, concentrându-se în primul rând pe protecția mediului și îndepărtarea materiei organice, apoi pe îndepărtarea nutrienților pentru protecția corpurilor de apă sensibile și în final pe dezinsecție.

Conceptele de reciclare și managementul resurselor au fost utilizate în prima parte a Europei industriale. În Germania, sistemele de canalizare introduse în orașe în secolele al 19-lea și al 20-lea au fost racordate în multe cazuri la sistemele iazurilor și terenurilor pentru reciclarea directă prin sisteme agricole și de acvacultură sofisticate. În capitala Copenhaga, Danemarca, în prima parte a secolului al 20-lea, noi investiții în sistemul tradițional de sanitație chimică care leagă mediul rural cu orașul au fost de curând înlocuite de un sistem de canalizare care descarcă apa uzată netratată pe o perioadă de zeci de ani în Marea Baltică.

2. CONȚINUTUL LUCRĂRII

Potrivit studiilor, reutilizarea apei uzate este din ce în ce mai cunoscută în întreaga lume, dar cu toate acestea nu este o practică utilizată pe scară largă în Europa (în 2006 s-a evaluat că volumul total al apelor reziduale tratate reutilizate în Uniunea Europeană se ridică la 964 mm³/an). Comparată cu transferurile interregionale de apă sau cu desalinizarea, se observă că din punct de vedere al economisirii energiei pentru creșterea rezervelor de apă, reducerea impactului variabilității climatice, dar și în privința costurilor, reutilizarea apelor este o opțiune mai eficientă. Dezvoltarea gradului de reutilizare a apelor uzate ne-ar da voie să contribuim la rezolvarea problemelor lipsei de apă și a secetei, reducând totodată riscul de contaminare cu ape uzate și costurile aferente tratării acestora.

Reutilizarea apei în agricultură

O treime din apa utilizată în Europa revine sectorului agricol. Agricultură afectează atât calitatea, cât și cantitatea apei disponibile pentru alte întrebuintări. Poluarea cauzată de îngrășămintele și pesticidele folosite în principal în agricultură, în unele părți ale Europei, rămâne încă una din cauzele principale ale slabei calități a apei.

Domeniul industrial și nevoile proprii ale populațiilor în continuă dezvoltare rivalizează cu natura prin utilizarea apei curate. Din pricina modificărilor climatice nu putem fi siguri de disponibilitatea resurselor de apă, astfel, se presupune că odată cu schimbarea regimurilor de precipitații, unele părți ale Europei vor dispune în viitor de resurse de apă dulce mai mari, iar altele de resurse mai mici. Datorită cererii mari de apă și schimbărilor climatice, mulți utilizatori, (printre care și natura) vor întâmpina greutăți în ceea ce privește acoperirea necesităților de apă. În situația unui deficit de apă, sectorul industrial și gospodăriile pot dezvolta metode de reducere a cantităților de apă utilizate, dar ecosistemele dependente de apă sunt expuse riscului de a suferi distrugerii ireversibile. Acest lucru ar afecta atât oamenii, cât și vietățile.

Pentru a crește disponibilitatea de apă, trebuie să obținem un consum eficientizat al apei în agricultură prin aplicarea practicilor agricole corecte și a soluțiilor de sprijinire a politicilor.

În vederea reutilizării în agricultură a apelor uzate trebuie să luăm în considerare alimentarea cu apă, colectarea apelor uzate, recuperarea și reutilizarea. Reutilizarea apei asanate pentru irigare crește randamentul agricol: furnizează apă și nutrienți și îmbunătățește productivitatea recoltelor. Pe de altă parte, sărăcia urbană este în strânsă legătură cu creșterea productivității agricole, ca urmare a micșorării prețului la alimente. Garantarea locurilor de muncă și siguranța alimentelor pentru săracii din zonele urbane este o provocare. Agricultură periurbană este, cu siguranța, una din opțiuni pentru reducerea sărăciei și pentru dezvoltarea creșterii cerinței urbane de hrană.

Ca și procesele din timpul reciclării produselor nutritive din deșeurile urbane, reutilizarea apei uzate prin irigare și acvacultură poate servi funcției proprii de producere a hranei.

Printre cei mai mari producători de apă uzată menajeră se afla țările industrializate din vest. Conform studiilor, utilizarea apei a avut o creștere semnificativă în comparație cu secolul trecut, unde pe cap de locuitor în zonele urbane era estimată la 10-15 litri, iar acum se ajunge până la 200 litri/persoană în orașele europene.

Irigarea cu ape uzate menajere este cel mai des folosită în țările în curs de dezvoltare. Apa tratată sau nu, este utilizată la culturile de orez, legume și nutreț pentru animale. Statele în curs de dezvoltare care au experiență în reutilizarea planificată a apelor uzate menajere sunt în Africa: Namibia, Africa de Sud și Tunisia. Țările cunoscute pentru varietatea situațiilor și abordările adoptate ale reutilizării apelor sunt în: Africa, Asia, America Latina, Europa și Australia.

Reutilizarea apei în statul Ghana, Africa de Sud

Mai puțin de 5% din populație are acces la sistemul de canalizare și doar o parte infimă din apa uzată este tratată. Aproximativ 31% din populație se bazează pe toaletele publice, în timp ce 22% are acces la latrinele cu puț.

Agricultura urbană și periurbană este dezvoltată pe orice teren care se află în apropierea cursurilor de apă și canalelor de scurgere. Utilizarea apelor din surse poluate este evaluată să irige 11500 ha. Irigarea recoltelor se face cu ajutorul stropitorilor, găleților sau pompelor monitorizate cu conducte din furtun. În capitala Republicii Ghana, Accra, sunt irigate mai mult de 15 tipuri de legume (conopidă, varză, salată, roșii, castraveți, bame, ardei iute). Fermele de legume care sunt irigate pe parcursul întregului an pot realiza venituri anuale de 400-800 USD. Zilnic, aproximativ 200000 de locuitori au acces la produsele irigate ilegal, neținând cont de politici, în conformitate cu tratarea apei uzate printr-o serie de sisteme convenționale și neconvenționale, ghiduri și reglementări naționale pentru reutilizare. Legumele irigate necorespunzător prezintă bacterii coliforme fecale și ouă de viermi intestinali, reprezentând un pericol pentru consumatori. Momentan, autoritățile încearcă să condamne utilizarea apei poluate netratate în scopul irigației, dar și încetarea poluării apei.

Reutilizarea apei în Calcutta, India

Principalele canale colectoare din Calcutta au început să funcționeze în jurul anului 1875. Fermele de pescuit în canalizare s-au dezvoltat în anii 1930, iar în 1940 a luat amploare pescuitul în cel mai mare sistem de acvacultură de reutilizare a excrementelor din lume cu aproximativ 7000 ha, aprovizionând piețele orașelor cu 10-120 tone de pește/zi.

Reutilizarea apei uzate în China

Reutilizarea deșeurilor și excrementelor umane în agricultură și acvacultură reprezintă o veche tradiție în gestionarea eficientă a resurselor naturale în China. Excrementele uscate se folosesc în agricultură în proporție de 90% ca îngrășământ. În anul 2000 China a produs aproximativ 80 miliarde de tone de apă uzată, din care mai mult de jumătate provine din industrie.

La sfârșitul anilor 1950 a început la scară largă irigarea cu ape uzate municipale, iar în 1955 a acoperit aproape 1.5 milioane de ha, adică 1% din totalul terenurilor cultivate din China. Datorită apei provenite din industrie au fost raportate probleme de contaminare cu metale grele și poluanți organici persistenți.

Reutilizarea apei în Tula, Mexic

Doar aproximativ 85000 ha sunt irigate cu ape uzate netratate generate de orașul Mexico. Într-o zonă cu precipitații de 550 mm și soluri cu un conținut redus în nutrienți și puțină materie organică, apele uzate permit dezvoltarea agricolă, astfel fermierii promovează reutilizarea apei și sunt împotriva tratării lor pentru că ar putea îndepărta materia fertilizatoare, apa uzată aducând un aport solului de 2400 kg materie organică, 195 kg azot și 81 kg fosfor pe hectar/an. Pe terenurile care au fost irigate mai mult de 65 de ani, s-a observat o creștere a salinității în sol și plante, iar activitatea microbiană din sol s-a redus. După 80 de ani de irigare, conținutul de fosfor în sol a crescut de la 6 la 20 g/m³, azotul de la 0,2 la 0,8 kg/m³, iar materia organică de la 2 la 5%. Deși conținutul de metale grele din sol a crescut de la 3 la 6 ori față de valorile inițiale, recoltele nu au arătat concentrații ridicate.

Reutilizarea apei în Tunisia

Reutilizarea apei uzate pentru irigații, în Tunisia, este aplicată ca o metodă pentru a crește resursele de apă, a furniza nutrienți suplimentari și a proteja zonele costiere. 30-43% din apele uzate tratate sunt destinate irigațiilor. 8100 ha de culturi industriale, cereale, nutreț, citrice, sunt irigate cu apă recuperată. Se dorește ca volumul anual de apă recuperată să ajungă la 290 mm³ în anul 2020.

Reutilizarea apei în Munchen, Germania

În Munchen, Germania, a fost construit cel mai sofisticat și scump sistem de reciclare al apelor uzate. Aceasta implică participarea cetățenilor în reciclarea totală prin agricultură și acvacultură.

Acvacultura bazată pe apele reziduale pentru producția piscicolă a fost înființată în 1992, fermele piscicole fiind adaptate climatului de nord, perioada sezonieră de producție fiind primăvară-toamnă. Iarna, bazinele piscicole erau curățate, iar apele uzate sunt stocate în lacuri.

Reutilizarea apei în Melbourne, Australia

Din pricina climei areice, cele mai multe părți ale Australiei au un deficit de apă dulce. În statul Victoria din Australia de Sud, apa uzată este utilizată la irigarea diferitelor întreprinderi agricole, recolte de cartofi și roșii, industria vinului, livezi și horticultură.

Melbourne deține un sistem de apă uzată din anul 1897, iar aproximativ jumătate din apa uzată de la 4 milioane de locuitori este destinată irigațiilor pășunilor pentru vite și oi.

3. CONCLUZII

Se estimează că, la nivelul anului 2050, nu va mai fi suficientă apă naturală pentru producerea hranei necesare la nivel mondial și de aceea este necesar să se promoveze și să se susțină, practicile de reutilizare a apei în agricultură, acvacultură sau utilizări urbane nepotabile.

Cea mai cunoscută practică este utilizarea apelor uzate în agricultură, în special în irigații, care reprezintă o soluție în vederea economisirii apei dulci în scopul asigurării cu apă potabilă a marilor aglomerări urbane. De asemenea, în zonele secetoase unde cantitatea de apă este un factor limitativ pentru producția agricolă, trebuie promovată soluția irigațiilor culturilor cu ape uzate.

4. BIBLOGRAFIE

- [1] *Akica Bahri*, Gospodărirea unui alt aspect al ciclului apei: „Transformarea apei uzate într-un bun cu valoare” (Another aspect of the management of the water cycle, "Transformation of waste water in a good value"), nr. 13, ianuarie 2009;
- [2] *Cristina Elena Iurciuc*, Studii și cercetări privind epurarea avansată a apelor uzate în vederea valorificării efluentului la irigarea culturilor energetice (Studies and research on advanced wastewater treatment to capitalize effluent to irrigate energy crops), Iași 2013;
- [3] *Comunicat de presă*, Comisia Europeană (European Commission), Bruxelles, 5 august 2014;
- [4] *Euronetplus*, Reutilizarea apei reziduale nu este o practică răspândită în Europa (Reusing wastewater is not a widespread practice in Europe);
- [5] *Nicole Kretschmer, Lars Ribbe, Hartmut Gaese*, Wastewater reuse for agriculture, 2006;
- [6] *A. Bahri*, Agricultural Reuse of Wastewater and Global Water Management, August 1999;
- [7] Apă pentru agricultură (Water for Agriculture), 13.12.2012;
- [8] *International Water Management Institute*, Annual report 2005/2006.

CHAPTER IV

ENERGY EFFICIENCY



Protectnature



**INEVA**

"Dedicated Expertise For The Environment"

PROTECT NATURE

Wastewater treatment sludges are among the major environmental problems. Sludge amounts are increasing day by day. INEVA, by its **in-house sludge incineration technology which requires no pre-drying process**; provides permanent and sustainable solution for the problem.

STUDIUL PRIVIND INCINERAREA NĂMOLULUI PROVENIT DE LA STAȚIA DE EPURARE A MUNICIPIULUI GALAȚI. SOLUȚII DE UTILIZARE A BIOGAZULUI ÎN COGENERARE

Aurel Condurache*

* Eng., Technical Production Director - Apa-Canal S.A. Galați, Tel: 074928530,
E-mail: condurache.aurel@apa-canal.ro

Motto

*„Noi ne mișcăm într-un spațiu infinit cu o viteză
necunoscută, totul în jurul nostru este mișcare, totul
se rotește, energia este pretutindeni.”*

Nikola Tesla

Abstract

WasteWater Treatment Plant of Galați municipality ensure complete treatment of municipal wastewater and sludge result, having a capacity of max. 112,870 cubic meters / day, including both mechanical and biological stage with advanced treatment to remove phosphorus and nitrogen.

Through Sectoral Operational Programme Environment 2007-2013, Priority Axis 1 "Expansion and modernization of water system and wastewater" it has acquired a sludge drying equipment in wastewater treatment plant of Galați municipality, sludge dewatering equipment that assure up to 90 % dry substance. In recent years, there were discussed several ways of removing sludge generated from municipal sewage treatment plant.

Some of ways have been storage at ecological depot or usage as organic fertilizer in agriculture. Another alternative embodiment of this method is represented by incineration.

At this time, there are discussions between the Galați water operator representatives, the Municipality of Galați representatives, the sanitation operator Ecosal Galați and the operator of municipal heating Calorgal Galați, on promotion and implementation of the strategy heating of the municipality through creating district heating plants powered by natural gas and biomass.

The main idea is related to the fact that the gas generated from landfill garbage, which performed analysis, has a very high proportion of methane, to be collected and pumped through a compressor in municipal sewage treatment plant, and to be desulphurised in order to be used in feeding the sludge dryer.

The solution to collect and bring biogas from landfill to treatment plant is feasible due to the distance quite small between the warehouse and treatment plant, up to 2 km.

The viability of this solution results by cost-benefit analysis, which shows that the investment made for this project can be amortized in less than two years.

Keywords

Biogas, alternative sewage sludge, treatment plant.

1. CONSIDERAȚII GENERALE

1.1 Aspecte generale despre energia regenerabilă

Constient de faptul ca resursele energetice „traditionale” sunt limitate si ca in viitor omenirea va fi obligata sa se orienteze spre surse regenerabile de energie, se impune implementarea unei strategii orientata spre producerea si utilizarea treptata a tipurilor de energie verde, in vederea economisirii resurselor epuizabile si inlocuirea lor in viitor.

O consecință de necontestat a industrializării statelor, o reprezintă dependența din ce în ce mai mare a economiilor lumii de resursele energetice epuizabile ale planetei.

Este necesar ca aceste noi resurse să înlocuiască treptat resursele tradiționale epuizabile, asigurând protecția mediului natural și securitatea energetică. Sectorul energetic are o importanță vitală pentru dezvoltarea economică și socială și pentru îmbunătățirea calității vieții populației. Asigurarea alimentării cu energie în volum suficient și accesul larg la serviciile energetice, în special la cele ecologice provenite din surse regenerabile, este o exigență de bază a dezvoltării durabile.

Energia regenerabilă sau energia alternativă este energia utilizabilă derivată din surse care sunt capabile de a se reface, respectiv, energia solară, energia eoliană, energia hidroelectrică, energia geotermală, energia mareelor și biomasa (biocombustibili).

Sursele regenerabile de energie se referă la forme de energie rezultate din procese naturale regenerabile, la care ciclul de producere are loc în perioade de timp comparabile cu perioadele lor de consum. Astfel, energia luminii solare, a vânturilor, a apelor curgătoare, a proceselor biologice și a căldurii geotermale pot fi captate utilizând diferite procedee.

Organismele europene de standardizare, CEN și CENELEC, contribuie la trasarea viitorului energiei prin elaborarea standardelor referitoare la energia „verde”, regenerabilă, în conformitate cu mandatul trasat de Comisia Europeană, de a face ca standardele să răspundă cerințelor legislative referitoare la durabilitate. CEN și CENELEC au dezvoltat o expertiză în domeniul managementului energiei care vizează facilitarea schimbului de informații între diferitele părți interesate, precum și coordonarea și identificarea necesităților de standardizare din sectorul energetic.

Dezvoltarea unui viitor durabil pentru toți cetățenii Europei, și nu numai, constituie o etapă crucială în planul de dezvoltare a Uniunii Europene pentru 2020, energia durabilă ocupând o poziție centrală în atingerea obiectivelor preconizate. Interesul internațional în creștere cu privire la bioenergie constituie o opțiune al cărui potențial important este recunoscut tot mai mult, diferite inițiative internaționale angajându-și semnatarii să identifice soluții pentru înlocuirea combustibililor fosili.

În 2015, ponderea energiilor regenerabile abia depășea 15%. Experții IRENA (Agenția Internațională pentru Energii Regenerabile) estimează că, până în 2050, 65% din energia consumată la nivel global va fi produsă din surse regenerabile. Pentru aceasta, ar fi nevoie însă de investiții de 145 de trilioane de dolari, direcționate către dezvoltarea de tehnologii cu amprentă mică de carbon.

În ultimii zece ani utilizarea acestor surse energetice a devenit o prioritate la nivel guvernamental pentru foarte multe țări, în acest scop fiind promovate o serie de facilități și stimulente fiscale. Cel mai bun exemplu ar putea fi Cartea Alba promulgată de Uniunea Europeană (UE) în anul 1997 prin care se stabilesc obiective deosebit de îndrăznețe în ceea ce privește sursele regenerabile de energie, urmărindu-se astfel o reducere a emisiilor anuale de dioxid de carbon.

Uniunea Europeană este lider în domeniul tehnologiilor de producere a energiei din surse regenerabile. Aceasta deține 40% din brevetele în domeniul energiei din surse regenerabile la nivel mondial, iar în 2012 aproape jumătate (44%) din capacitatea mondială de producere a electricității din surse regenerabile (cu excepția energiei hidroelectrice) se află pe teritoriul UE. Aproximativ 1,2 milioane de persoane lucrează în prezent în industria energiei din surse regenerabile în Uniunea Europeană. Legislația UE privind promovarea surselor regenerabile a evoluat în mod semnificativ în ultimii ani.

În rezoluția sa din 12 septembrie 2013 referitoare la „microgenerare - generarea de energie electrică și termică la scară redusă, Parlamentul European a subliniat marele potențial pentru cetățeni de a produce propria lor energie, precum și necesitatea unor stimulente pentru a încuraja generarea de energie la scară redusă. Parlamentul European a solicitat, de asemenea, Comisiei să prezinte propuneri în acest domeniu.

În iunie 2016, Parlamentul a adoptat o rezoluție referitoare la raportul intermediar privind progresele înregistrate în domeniul energiei din surse regenerabile, în care invită Comisia să prezinte un pachet mai ambițios privind clima și energia pentru 2030, care să crească la 30% obiectivul UE privind energia din surse regenerabile și să fie pus în aplicare prin intermediul obiectivelor naționale individuale. Obiectivele deja convenite pentru 2020 trebuie luate ca bază minimă de referință în momentul revizuirii Directivei privind energia din surse regenerabile.

În concordanță cu preocupările existente pe plan mondial, și în țara noastră se pune un accent deosebit pe utilizarea energiilor din surse regenerabile, în ultimii ani un interes sporit acordându-se obținerii de energie din biomasa, prin producerea de biogaz.

1.2 Scurte considerații teoretice referitoare la biogaz

Tehnologia biogazului începe să fie recunoscută ca fiind una dintre posibilitățile cele mai avansate de obținere a energiei din surse regenerabile. Energia din biogaz va juca un rol important în atingerea tintelor ambițioase aprobate de Directiva europeană pentru Energie din surse Regenerabile (RED, 2009/28/CE), care prevede că 20% din consumul final de energie trebuie să fie asigurat din surse regenerabile până în 2020.

Producția și utilizarea de biogaz deschide noi domenii de activitate. Potențialului biomasei din agricultură este încă în mare parte neexploatat, deși acest sector are cel mai mare potențial de creștere și este de așteptat să se dezvolte puternic în următorii ani.

A fost inițiat Proiectul BiogasIN care își propune să sprijine crearea unei piețe durabile pentru biogaz în Europa Centrală și de Est și să îmbunătățească în mod eficient condițiile-cadru pentru implementarea proiectelor de biogaz. Cele șapte țări tinta ale proiectului BiogasIN sunt: Bulgaria, Croația, Republica Cehă, Grecia, Letonia, România, Slovenia.

Biogazul este un produs al fermentării anaerobe a produselor organice. El se produce pe cale naturală pe fundul bălților și lacurilor, ieșind la suprafață sub formă de bule.

Este cunoscut de multă vreme sub denumirea de gaz de balta sau gaz de gunoaie (se produce și în timpul fermentării gunoaielor).

Biogazul este un purtător de energie produs prin degradarea microbiană a materiei organice. Acest proces, numit digestie anaerobă (AD), impune condiții specifice, cum ar fi un potențial redox scăzut (lipsa de oxigen). Această condiție este obișnuită pentru medii naturale, de exemplu pentru sedimentele marine sau stomacul unor animale. Atunci când este utilizată pentru producerea de energie, AD are loc în digester special concepute.

Gunoiul de grajd, reziduurile agricole, deșeurile organice provenite din gospodărie, de la industria alimentară și agro-industriei, namolul de epurare etc. pot servi ca materie primă pentru AD. În funcție de compoziția materiei prime, timpul de degradare variază de la câteva ore până la câteva săptămâni.

După degradare, rezultă două produse din proces: biogazul și digestatul.

Biogazul este compus în principal din metan și dioxid de carbon, având următoarea compoziție: Metan CH₄ 50 - 70 %; Dioxid de carbon CO₂ 25 - 45 %; Vaporii de apă H₂O – Saturatie; Hidrogen sulfurat H₂S 200 - 10000 ppm; Azot N₂ 0 - 3 %; Hidrogen H₂ 0 - 1 %.

Acesta poate fi utilizat pentru generarea de electricitate, caldura si drept combustibil.

Digestatul reprezinta biomasa ramasa dupa degradarea prin AD. Este un ingrasamant excelent care prezinta caracteristici imbunatatite comparativ cu materia prima originala. Mirosurile sunt reduse si disponibilitatea nutrientilor pentru plante este crescuta.

Obtinerea biogazului constituie o metoda aplicata cu succes in cateva tari cu populatii mari din Asia (se apreciaza ca in China sunt peste 10 milioane de astfel de instalatii, in regiunile rurale aceste instalatii asigurand peste 80 % din productia de energie necesara; procedeul denumit "GlobalGas Schema" este folosit in India de peste 75 de ani, fiind peste 80 mii de instalatii in functiune). In urma cercetarilor facute intre anii 1942 si sfarsitul celui de al Doilea Razboi, metoda si-a facut aparitia si in Europa, mii de ferme fiind echipate cu astfel de instalatii. Dupa cel de-al Doilea Razboi Mondial, vest-germanii au initiat o actiune pe scara larga, construind uzine biologice in care, prin prelucrarea reziduurilor menajere si a subproduselor agricole, obtineau biogas si bioingrasaminte.

Tehnologiile biologice de producere a gazelor combustibile folosite in prezent in multe tari de pe glob tind sa dezvolte actiunea unor microorganism, cu scopul de a se obtine o biomasa bogata convertibila in metan.

Mecanismul de reactie ce are loc la producerea biogazului.

La fermentatie (un proces anaerob care se produce in absenta oxigenului din aer) se descompune substanta organica intr-un recipient inchis (reactor). Ca produse de descompunere se obtin gazul metan (CH_4) si dioxidul de carbon (CO_2). In general, descompunerea anaeroba a substantei organice este considerata ca fiind un proces metabolic complicat.

In etapele succesive de descompunere, grupuri de organisme specializate sunt active – daca dispun de un echipament enzimatic suficient. Aceste organisme necesita conditii de mediu constante si o mare stabilitate de proces, care trebuie realizate printr-un efort tehnologic corespunzator, daca se doreste obtinerea unei cantitati mari de gaz.

In procesul anaerob, cantitatea de energie a microorganismelor pe unitatea cantitativa este relativ redusa. Motivul este ca se obtine ca produs metabolic un gaz cu un continut ridicat de energie, cum este CH_4 . Pentru acoperirea necesarului lor de energie, organismele trebuie sa aiba o rata mare de descompunere. Aceasta performanta (de descompunere crescuta) este caracteristica pentru procesul de fermentatie.

Reactia de descompunere pe cale anaeroba a deseurilor urbane:

Materie organica + H_2O = celule noi + CO_2 + CH_4 + NH_3 + H_2S ,

conduce la producerea metanului, a deseurilor de noroi, a dioxidului de carbon si a unor cantitati mici de amoniac si sulfat de hidrogen.

Folosindu-se aceasta metoda, reziduurile pot fi valorificate in totalitate, practic devenind o sursa de materii prime a unei ramuri noi de producere a energiei, deoarece dupa terminarea fermentarii rezulta un produs care in cazul arderii are o putere calorifica de 2500– 3500 kcal/kg, superioara lignitilor inferioari care au putere calorifica 1350-1800 kcal/kg) folositi in cea mai mare parte in centralele electrice din tara.

Acest produs obtinut in instalatii care sunt usor de construit/executat, prin valorificarea reziduurilor menajere impreuna cu cele stradale si apele uzate provenite din gospodarii, poate fi folosit sub forma de brichete sau sub forma de praf. Este un foarte bun ingrasamant pentru agricultura, fiind biodegradabil si nu polueaza solul, apele freatiche si pe cele de suprafata.

Biogazul este produs in diferite sectoare in care sunt disponibile substraturi organice.

Principalele sectoare și substraturile lor, in principiu sunt:

1. Agricultura - gunoi de grajd, dejectii lichide, reziduuri de productie si culturi energetice;

2. Agro-industrii - ape reziduale industriale cu incarcatura organica mare (de la procesarea laptelui, industria celulozei si hartiei, producerea bauturilor racoritoare si alcoolice, etc.);
3. Deseuri biologice - fractia organica a deseurilor municipale, deseuri de la restaurante si hoteluri;
4. Statii de epurarea apelor - namoluri de la epurare, este si cazul societatii noastre.

Biogazul produs pentru energie. Inainte de orice transformare, biogazul brut trebuie sa fie uscat și curățat de H₂S și de alte urme de substante, cu scopul de a obtine un gaz combustibil bun. Apoi, biogazul poate fi transformat in diferite forme de energie; energia electrica, termica si biometanul sunt optiunile cele mai intalnite.

Biogazul produs pentru energie termica. Pentru producerea de energie termica, biogazul este ars intr-un boiler. Caldura rezultata poate fi utilizata intr-un circuit de incalzire sau pentru producerea de abur. Aceasta optiune este intalnita doar la instalatii industriale, cu consumatori de caldura la scara mare.

Biogazul produs pentru energie termica si electrica (cogenerare). Pentru producerea combinata de energie termica și electrica, biogazul este transformat intr-un generator (CHP- productie combinata de caldura și electricitate). Centralele de cogenerare pe biogaz au ajuns, prin progresele tehnologice in ultimii ani, la o paritate a productiei de caldura și energie electrica (un kW energie electrica per fiecare kW energie termica). Energia electrica poate fi, dupa caz, injectata in rețea, sau caldura poate fi utilizata pentru mentinerea permanenta a temperaturii optime de functionare a digestoarelor (37°C), grajdurilor, caselor sau poate fi injectat intr-un sistem de termoficare. Aceasta este optiunea cea mai utilizata pe scara larga pentru transformarea biogazului, fiind solutia preferata, deoarece energia biogazului este mai bine utilizata.

1.3. Cadrul legal si aspecte de mediu legate de producerea de biogaz

Reglementarile privind promovarea energiilor regenerabile impuse de Directiva 2009/28/CE a Parlamentului European și a Consiliului Europei din 23 aprilie 2009 privind promovarea utilizării energiei din surse regenerabile, ratificata de Romania prin Legea nr. 220/2008 cu modificarile ulterioare, și care stabilește tinte clare pentru Romania in ceea ce privește producerea de energie electrica din surse regenerabile, incluzandu-se aici și fabricile de biogaz, au stabilit ca productia de biogaz este indisolubil legata de producerea de energie.

Prin Strategia energetica a Romaniei pentru perioada 2007- 2020 aprobata prin Hotararea Guvernului nr.1069/2007, tara noastra și-a asumat obiective strategice, nivelul tintelor nationale privind ponderea energiei electrice produse din surse regenerabile de energie in consumul final de energie electrica in perspectiva anilor 2010, 2015 și 2020, fiind, respectiv, 33%, 35% și 38%.

De asemenea, in conformitate cu art. 4, alin. (3) al Directivei 2009/28/CE, a fost elaborat Planul national de actiune in domeniul E-SRE, prezentat de autoritatile romane Comisiei Europene in septembrie 2010, unde se reitereaza angajamentul Romaniei de a atinge nivelul tintelor nationale privind ponderea energiei electrice produse din surse regenerabile .

In vederea realizarii obiectivelor nationale, inca din anul 2004, Romania a adoptat pentru promovarea productiei de E-SRE sistemul de cote obligatorii combinat cu tranzactionarea de certificate verzi, aprobat prin Hotararea Guvernului nr. 1892/2004 pentru stabilirea sistemului de promovare a producerii energiei electrice din surse regenerabile de energie, cu modificarile și completarile ulterioare.

În noiembrie 2008 a fost adoptată Legea nr. 220/2008 pentru stabilirea sistemului de promovare a producerii energiei din surse regenerabile, care a îmbunătățit sistemul de promovare prin certificate verzi existent la acel moment, acesta devenind mult mai atractiv pentru investitori.

Instalația de producere biogaz de la Apa-Canal SA Galați a fost concepută și proiectată încât exploatarea ei să permită încadrarea în Schema de promovare a energiei produse din surse regenerabile.

Principalele elemente care susțin contribuția fermentării anaerobe la protejarea mediului sunt:

a) Reducerea mirosurilor.

Sistemul de obținere și valorificare a biogazului prin fermentare anaerobă conduce implicit la reducerea mirosurilor agresive care provin din reziduurile menajere, aflate în exces la depozitul închis al gropii de gunoi a Municipiului Galați sau la fermieri în agricultură. Aceste mirosuri deteriorează calitatea aerului și deranjează mult vecinătățile. Prin folosirea acestor reziduuri la producerea de biogaz, mirosurile sunt reduse foarte mult, deoarece acizii organici volatili, sursa mirosurilor, sunt consumați în procesul de fermentare de către bacteriile anaerobe.

b) Reducerea poluării apelor și terenurilor

Produsul de fermentare, preponderent lichid, este un produs mai uniform și mai controlabil decât reziduurile menajere netratate. Manevrat corespunzător, produsul de fermentare reduce posibilitățile de poluare a apelor și terenurilor.

c) Reducerea germeilor patogeni

Fermentatoarele încălzite reduc dramatic populațiile patogene în câteva zile. Tancurile de fermentare izolează bacteriile care mor înainte de depozitare.

d) Reducerea poluării aerului și a poluării sonore

Un alt aspect care demonstrează contribuția acestei tehnologii la protejarea mediului se referă la alternativa utilizării surplusului de biogaz în calitate de combustibil pentru motoarele autovehiculelor de transport local. În multe țări, biogazul este privit ca o alternativă la combustibilii clasici, foarte atrăgătoare din punct de vedere ecologic. Nivelul de zgomot generat de motoarele alimentate cu biogaz este în general mai scăzut decât în cazul motoarelor Diesel, aspect pozitiv în contextul mediului urban. Emisiile de gaze arse și fum au un nivel considerabil redus față de motoarele Diesel.

Regulile de protecția mediului și politicile care guvernează modul de exploatare a instalațiilor de producere a biogazului reprezintă factori cu implicare majoră în succesul tehnologiilor de fermentare anaerobă. Datorită acestor presiuni, mai multe state ale lumii au implementat sau au ca proiecte urgente, metode de reducere a impactului asupra mediului a depozitării reziduurilor organice bazate pe aceste tehnologii.

În ce privește valorificarea produselor finale ale fermentării anaerobe, tehnologia biogazului poate constitui o cale de eficientizare a costurilor în condiții ecologice. Ea reprezintă un instrument al managementului de mediu care promovează, pe de o parte recuperarea biogazului și folosirea acestuia pentru obținerea de energie, iar pe de altă parte utilizarea bioproduselor rezultate în urma

fermentarii anaerobe, stabile din punct de vedere biologic, in diverse moduri, in functie de nevoile si resursele locale.

2. PREZENTAREA OBIECTIVELOR DIN CADRUL PROIECTULUI

2.1 Stația de Epurare a apelor uzate din Municipiul Galati

Statia de epurare a municipiului Galati asigura tratarea completa a apei uzate municipale cat si a namolului rezultat, avand o capacitate maxima de 112.870 mc/zi, incluzand treapta mecanica, biologica si tratare avansata cu eliminare de fosfor si azot.

Statia de epurare deservita de Apa-Canal SA Galati are treapta mecanica, realizata prin Programul ISPA, treapta ce are in componenta sa urmatoarele instalatii si echipamente:

- statie de pompare ape uzate SP Inlet - Outlet: asigura admisia apelor uzate in statia de epurare (SP – Inlet) si respective, evacuarea apelor uzate epurate in raul Siret (SP - Outlet), fiind dotata cu pompe, o pompa avand capacitate de pompare de 2340 mc/h debit de ape uzate/ape uzate epurate;
- statie de separare cu gratare pasitoare dese: asigura retinerea corpurilor in suspensie;
- unitate combinata de deznisipare si separare de grasimi cu sistem de aerare;
- camera de distributie care asigura directionarea prin 4 lame deversoare a unor debite egale de apa uzata catre decantoarele primare;
- 4 decantoare primare radiale care asigura decantarea si indepartarea namolului si a materiilor plutitoare (spuma si grasimi), cu diametrul de 33m, inaltimea de 3,4 m si volumul de 2900 mc fiecare;
- statie pompare namol primar echipata cu 6 pompe cu capacitate a de 26,1 mc/h fiecare;
- bazin de ingrosare namol primar acoperit, cu diametrul de 18 m, inaltimea medie de 3 m si volumul de 750 mc, prevazut cu pod raclor cu lame racloare de fund;
- statie de pompare namol ingrosat;
- doua rezervoare de fermentare namol (digestoare anaerobe): rezervoare cilindrice semiingropate, cu baza si partea superioara conice, diametrul de 17,5 m, inaltimea totala de 30 m (25 m suprateran), volumul de cca 6000 mc fiecare, prevazut cu mixer cu tub de aspiratie;
- sistem pentru incalzirea si recircularea namolului amplasat intr-o cladire din vecinatatea digestorului;
- bazin tampon pentru namol fermentat, acoperit, cu capacitatea de 150 mc, prevazut cu mixer;
- statie de deshidratare namol cu 3 linii de deshidratare amplasate intr-o incinta cu suprafata de 350 mp;
- sistem de uscare a namolului de epurare (uscator tambur), cu o capacitate de tratare ce cca 62 tone namol deshidratat/zi;
- unitate de dezodorizare a aerului constituita dintr-un biofiltru cu masa lemnoasa construit din beton, cu suprafata de 510 mp si inaltimea peretilor de 2 m;
- statie de cogenerare energie termica si electrica;
- statie de pompare apa potabila;
- utilitati de masurare a debitului la evacuare;
- gura de descarcare a apelor uzate epurate in raul Siret.



Statia de epurare a apelor uzate a Municipiului Galati - vedere panoramica

Prin Programul Operational Sectorial Mediu 2007-2013, Axa prioritara 1 „Extinderea si modernizarea sistemelor de apa si apa uzata” s-a realizat si extinderea statiei de epurare din Galati, realizandu-se in cadrul acestui contract urmatoarele obiective:

- statie de pompare intermediara
- patru linii pentru tratare biologica cu indepartarea nutrientilor;
- patru bazine de decantare finala;
- statie de suflante;
- statie de pompare namol recirculat si excedentar;
- echipament de ingrosare a namolului excedentar;
- echipament de preparare si de dozare polimeri, pentru namolul excedentar;
- bazin-tampon pentru namolul excedentar ingrosat;
- digester anaerob prevazut cu mixer cu tub de aspiratie;
- pompe pentru recirculare si echipament pentru incalzirea namolului;
- patru linii noi de deshidratare a namolului;
- echipament combinat motor/generator cu functionare pe gaz metan si/sau biogaz pentru productie de energie electrica si termica;
- bazin pentru amestec namol primar si namol ingrosat;
- post transformare pentru alimentare cu energie cu electrica.

In cadrul Contractului de furnizare GL-CP-01 – “Sistem de uscare a namolului in statia de epurare a apelor uzate in municipiul Galati”, contract inclus in proiectul finantat prin Programul Operational Sectorial Mediu 2007-2013, Axa prioritara 1 „Extinderea si modernizarea sistemelor de apa si apa uzata”, s-a achizitionat un echipament de uscare a namolului in statia de epurare a apelor uzate in municipiul Galati, echipament care asigura uscarea namolului deshidratat pana la max. 90% substanta uscata.

Pentru a trata si a utiliza namolul obtinut in mod eficient este foarte important sa se cunoasca caracteristicile namolului ce urmeaza a fi procesat. In urma analizelor efectuate a rezultat ca acesta corespunde limitelor fixate prin Ordinul nr. 95/2005 pentru deseuri nepericuloase.

Ca operator al stației de epurare Galați, aflat sub supravegherea autorităților de mediu, suntem responsabili și cu gestionarea nămolului, confruntându-ne cu situații diferite, având în vedere următoarele:

- producția de nămol reprezintă un proces continuu, de neoprit;
- calitatea nămolului trebuie să fie controlată și controlabilă cu strictețe;
- nici o variantă de eliminare a nămolului nu are o siguranță maximă și o disponibilitate imediată;
- costurile tratării și eliminării nămolului sunt semnificative (pot ajunge până la 50% din costurile totale de operare ale stației de epurare);
- conformitatea cu standardele de calitate ale nămolului și ale mediului înconjurător;
- percepții publice negative.

Pentru a se atinge conformitatea cu legislația UE, sunt necesare acțiuni de eliminare sigură și pe termen lung a nămolului, ce presupune: timp, planificare, investiții și o abordare antreprenorială pentru a fi una de succes.

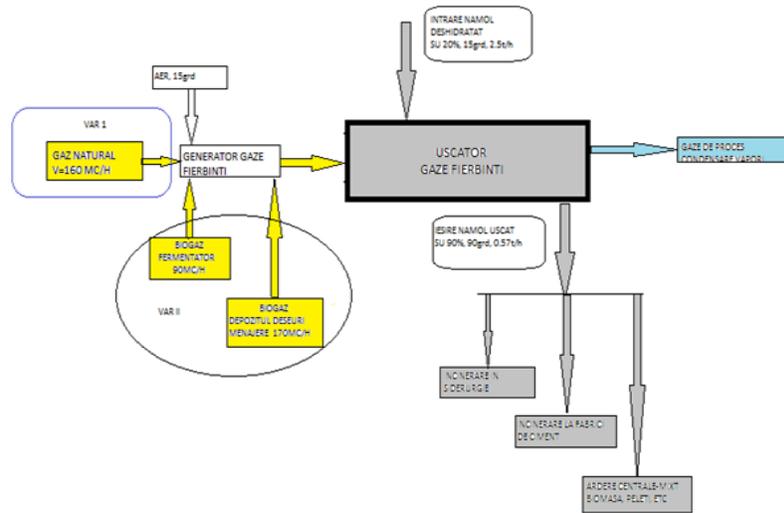
În ultimii ani, au fost abordate mai multe cai de eliminare a nămolului generat de Stația de epurare municipală. Unele dintre ele vizau depozitarea la depozitul ecologic sau folosit drept fertilizator în agricultură. O altă alternativă a acestor metode este reprezentată de varianta incinerării.

Nămolul din stația de epurare este un anumit tip de combustibil biomasic, iar puterea sa calorică este asemănătoare carbunelui. Scopul principal al procesării termice a nămolului de epurare este utilizarea energiei înmagazinate în acesta, precum și minimizarea impactului asupra mediului, în același timp. În acest fel, marea majoritate a energiei degajate în timpul procesării termice este consumată pentru reducerea umidității nămolului.

Uscarea nămolului se face în stația de epurare, cu echipamentul din dotare, achiziționat prin POS Mediu 2007-2013 și care funcționează pe baza unui uscător cu tambur cu încălzire directă.



Uscătorul de nămol



Analiza combustiei namolului generat la statia de epurare municipala a facut obiectul unui studio, care scoate in evidenta caracteristicile acestui produs si totodata identifica cateva cai de utilizare/valorificare a acestuia.

In cadrul statiei de epurare, namolul de epurare dupa deshidratare trebuie supus unui proces de uscare intense, astfel incat cantitatea de substanta uscata sa creasca de la valoarea de 20-25% la intrare, pana la maxim 90% substanta uscata la iesirea din uscator, ceea ce-i confera acestuia caracteristici bune de combustie conform analizelor facute.

Uscatorul de namol din dotarea statiei de epurare poate fi alimentat cu gaz metan din reseaua de distributie sau cu biogaz din productia proprie a statiei de epurare.

La aceasta ora se apreciaza o cantitate de peste 90 Nmc/h biogaz de la statia de epurare produs in fermentatoarele statiei.



Fermentatoarele anaerobe, capacitate 6000 mc fiecare

Biogazul astfel generat este colectat in rezervoarele de gaz ale statiei in volum de 2x 1500 mc.

Tot in cadrul statiei are loc si tratarea biogazului, in sensul desulfurarii acestuia, pentru a putea fi folosit si la alimentarea motoarelor termice cu generatoare electrice pentru consum propriu de energie electrica.



Baloanele colectoare de biogaz cu o capacitate de 1500 mc fiecare

Valorificarea energetica a biogazului in sistem de cogenerare, transforma continutul energetic al namolului in energie termica si electrica, care pot fi folosite ulterior pentru a reduce consumurile proprii de energie in procesele de tratare a apelor uzate si a namolului.

Valorificarea energetica a namolului din statia de epurare municipala, prin producerea de biogaz constituie pentru noi ca Operator Regional, o prioritate tehnologica benefica pentru mediu si pentru reducerea costurilor finale de tratare a apelor uzate si a namolului, prezentand urmatoarele avantaje:

- este eliminat complet riscul poluarii mediului inconjurator cu poluanti organici, virusuri si agenti patogeni, datorita temperaturilor ridicate din timpul procesului de tratare termica (peste 400° C);
- namolul provenit din tratarea apelor uzate ale municipiului poate fi eficient exploatat energetic, chiar si pentru o incarcare organica redusa a influentului, putandu-se obtine un castig energetic de peste 30% din consumul de energie electrica a statiei de epurare, deci o crestere proportionala a eficientei energetice cu 30%;
- pe langa castigul energetic obtinut in urma tratarii termice finale a namolului, cantitatea de deseuri rezultate scade semnificativ de la deshidratare pana la uscare, de peste 4,5 ori, reducand proportional si costurile cu transportul si depozitarea.

2.2 Caracteristicile namolului generat de Statia de Epurare a apelor uzate a Municipiului Galati

Problematika namolurilor rezultate in urma epurarii apelor se poate rezolva plecand de la principiul dezvoltarii durabile. Managementul namolurilor de epurare poate fi realizat fie prin

recircularea masei sau prin obtinerea de energie. In primul caz, ar insemna folosirea in mediu, prin utilizarea namolului pentru agricultura, iar in al doilea caz, vorbim de folosirea sa in industrie prin tratament termochimic in urma caruia se obtine energie.

Caracteristicile fizico-chimice ale namolului de epurare se schimba. In ultimii ani, aceste namoluri au fost utilizate in agricultura ca ingrasamant. In acelasi timp, a inceput sa se utilizeze acest namol si in scop industrial pentru producerea de energie. Aceasta utilizare este justificata de faptul ca in compozitia namolului de epurare exista cantitati importante de compusi organici (componenta carbonica) care prin ardere se transforma in energie, aceasta cantitate fiind semnificativa.

Cresterea cantitatii de contaminanti in namolurile de epurare, reprezinta principalele cauze pentru care metodele bazate pe incinerarea si coincinerarea a namolurilor sunt percepute ca solutii optime pentru rezolvarea problemei cantitatilor mari de deseuri.

Exista o serie de tehnologii care sunt in prezent folosite în tratarea namolurilor de epurare:

Digestia anaeroba

Namolul este introdus intr-un rezervor de reactie inchis, unde bacteriile prezente in mod natural vor degrada materialul organic. Produsul final il constituie biogazul și namolul stabilizat. Biogazul poate fi transformat in energie electrica și termica. Singura problema legata de digestia anaeroba o constituie eliminarea namolului digerat. Acesta poate fi incinerat.

Beneficii:

- tinerea sub control a mirosului;
- reducerea continutului de substante solide;
- reducerea numarului de agenti patogeni;
- producerea de biogaz.

Productia de biogaz ofera o posibilitate usoara de recuperare a energiei. Gazul poate fi transformat in energie pentru utilizare in tratamentul namolului (procesul de digestie), iar excesul de energie electrica poate fi exportata catre retea. Surplusul de biogaz dupa utilizarea gazului pentru incalzirea digesterului poate fi utilizat in diferite moduri:

- obtinerea combinata de caldura si generarea de energie electrica (CHP);
- exportul de gaz, sub forma de gaz brut sau rafinat;
- uscarea namolului;
- combustibil suport pentru incinerarea namolurilor.

Compostarea

Se realizeaza prin amestecarea namolului cu un material de umplutura, pentru a se asigura ca amestecul poate fi aerat, pentru realizarea unui proces accelerat de degradare aeroba. Principalele dezavantaje sunt: consum ridicat de energie pentru aerarea materialului de compostare, iar produsul final, compostul, trebuie eliminat pe pamant de buna calitate și nu este atractiv pentru fermieri, datorita unei valori scazute a substanțelor nutritive din compoziția sa.

Procesul de compostare

Namolul este deshidratat la aproximativ 35% substanța uscată. Acest lucru permite namolului să fie stivuit sau sub formă de morman, facilitându-se astfel compostarea. Acesta este apoi amestecat cu un material de umplutură și este lăsat să se usuce. Materialul de umplutură poate fi rumegus, frunze, hartie și deseuri solide, iar cele mai comune sunt aschiile de lemn. Se amestecă într-un raport de trei părți aschiile de lemn la o parte a namolului pentru a atinge 55% substanță uscată.

Cele mai multe composturi au un conținut mic în nutrienți, în special composturile provenite din namoluri digerate, și din acest motiv nu pot fi utilizate drept îngrășământ. Principala utilizare o constituie aceea de material protector, material de îmbogățire sau ca o bază organică împreună cu îngrășământ pentru sol.

Incinerarea

Pentru a incineră namolul, acesta trebuie mai întâi deshidratat, până la un conținut de solide de aproximativ 25%, folosind centrifuge sau prese de filtrare. Turtele de namol astfel obținute sunt apoi introduse într-un incinerator cu pat fluidizat și incinerate la o temperatură de 850°C. Energia poate fi recuperată printr-o serie de schimbătoare de căldură, aceasta fiind utilizată la alte etape care necesită căldură. Una dintre problemele acestui procedeu este aceea că gazele eliberate în atmosferă duc la amplificarea poluării. Obiectivul principal al incinerării namolurilor de epurare este acela de a reduce volumul de namol și a fi eliminate ca deseuri solide sau lichide.

Beneficiile incinerării constau în distrugerea completă a materiei organice, cenușa fiind inertă și, de obicei, mai puțin de 25% din volumul inițial de namol. Acest lucru poate fi deosebit de util pentru namolurile industriale ce conțin componente toxice, și au un conținut redus de componente biodegradabile. Există și posibilitatea de recuperare a energiei din cadrul procesului.

Etapele procesului de incinerare sunt:

Deshidratarea mecanică

Prima etapă în procesul de incinerare este cerința de a deshidrata namolul pentru a reduce conținutul de apă. Acest lucru permite o combustie mai ușoară și un consum mai mic de energie în incinerator, decât în cazul unui exces de apă în namol. Namolul inițial conține, de obicei, 6% solide uscate (DS) și 94 % apă. Pentru a-l incineră trebuie deshidratat până la un conținut de aproximativ 28% DS.

Arderea în pat fluidizat

Pentru a avea un grad înalt de eficiență de ardere și evitarea fenomenelor nocive (mirosul), cuptoarele folosite pentru incinerarea namolurilor de epurare folosesc tehnologia cu pat fluidizat. Temperaturile cuptorului sunt controlate în mod normal în intervalul de la 800 la 900°C: la temperaturi mai scăzute, arderea este incompletă și se emana mirosuri neplăcute, în timp ce la temperaturi mai mari aceste probleme nu mai apar.

Recuperarea căldurii reziduale

Gazele de ardere rezultate din procesul de ardere sunt la o temperatură foarte ridicată și o parte din această căldură poate fi recuperată prin trecerea printr-o unitate de recuperare a căldurii reziduale.

Tratarea gazelor de ardere

Pentru a satisface cerintele actuale si viitoare de mediu se utilizeaza electrofiltre, ce au o eficienta de indepartare a particulelor mai mari cu 99%, cat si utilizarea procesului de purificare umeda, ce conduce la indepartarea a 99% din HCl si 90 % din HF; de asemenea 80 % din cantitatea de SO₂ poate fi eliminata. Cenusă este eliminata de obicei la un depozit de deseuri, iar lichidul de spalare este tratat si deversat in canalizare.

Exista posibilitatea de recuperare a energiei sub forma de caldura, care, la randul ei, poate fi folosita in diferite stadii pe parcursul intregului proces. Caldura recuperata vine de la gazele de ardere rezultate in urma procesului de ardere. Gazele de ardere parasesc incineratorul la o temperatura de aproximativ 850°C si prin trecerea acestor gaze printr-un preincalzitor de aer de ardere, aerul rezultat fiind incalzit la o temperatura de aproximativ 600°C si poate fi suflat inapoi in incinerator. Facand aceasta, nu mai este necesara introducerea nici unui combustibil pentru procesul de ardere. Mai mult, caldura ar putea fi recuperata de la gazele de ardere, printr-un schimbator termic tip cazan/ schimbator termic cu ulei, inaintea curatarii si eliberarii in atmosfera a gazelor. Caldura recuperata poate fi folosita in procesele de preincinerare, cum ar fi incalzirea namolului inainte de deshidratare sau incalzirea gazelor de ardere.

Uscare termica

Mai intai namolul de epurare se deshidrateaza pana la un continut de solide de 25-32% SU folosind centrifuge sau prese de filtrare. Turtele de namol sunt apoi uscate termic pana la 90-95% SU. Acest combustibil poate fi utilizat intr-o centrala electrica pe baza de carbine, unde este amestecat cu carbune. In functie de tipul de namol, valoarea calorica a acestuia poate fi similar cu carbunele brun. Principala problema in acest proces sunt mirosurile rezultate in urma procesului de uscare termica.

Procesul de uscare termica descris aici este pentru un produs final de 90-95% SU. El poate fi totusi utilizat si pentru a produce un produs cu un procent mai mic de solide uscate, ca de exemplu in cazul incinerarii. Motivul pentru care se prefera obtinerea unui produs cu 90-95% SU este faptul ca are un miros slab, are caracteristici de manipulare bune, cu continut minim de praf. In plus, costurile de transport și depozitarea sunt reduse din cauza volumului minim.

Proprietatile energetice ale namolului de epurare

Namolul de epurare utilizat drept combustibil poate fi caracterizat de urmatorii parametrii principali:

- Putere calorifica scazuta pentru namoluri umede;
- Putere calorifica ridicata pentru namoluri uscate.

Fiecare din parametrii de mai sus are o valoare diferita pentru acelasi namol si prin urmare umiditatea este cea care determina valorile acestora. Din acest motiv trebuiesc calculate numai pentru solide uscate.

Cei mai precisi si de incredere parametri sunt reprezentați de valoarea cea mai mare a puterii calorifice si puterea calorifica cea mai scazuta, care pot fi determinate cu urmatoarele relatii:

$$W_d = W_g \cdot (1 - w) - r(w + 9H) \text{ (Mj/kg namol umed)}$$

$$W_d = W_{g,s.m.bp} \cdot (1 - w - p) - r(w + 9H) \text{ (Mj/kg namol umed)}$$

unde:

W_d – valoarea calorifica scazuta pentru namol umed

W_g – valoarea calorifica ridicata pentru namol umed

$W_{g,s.m.bp}$ – valoare calorifica ridicata pentru cenusa si namolul fara apa

r – entalpia de evaporare a apei la temperatura mediului ambient

H – fractia de hidrogen combustibil in namolul umed (greutatea).

Puterea calorica ridicata a namolului nu este un echivalent al cantitatii de caldura care ar putea fi practic folosita. Pentru a evalua utilitatea energetica a namolului este necesara realizarea unor analize tehnice si elementare.

Namolul cu un continut de apa de 20-30%, poate fi insa incinerat, numai daca se adauga combustibil; cu 50% solide uscate sau chiar mai mult, namolul se incinereaza autoterm.

Trebuie subliniat ca prin procesul de deshidratare se asteapta sa se obtina maxim 30% solid uscat in namol. Cele mai ridicate valori (incluzand 50% solid uscat – SU - necesar combustiei autoterme) se obtin prin procesul de uscare a namolului. Prin urmare, procesul de uscare este intotdeauna necesar inaintea oricarui proces termic, la care poate fi supus namolul.

Deoarece fractiunea de balast de minerale si a substantelor organice poate varia in namolurile de epurare, valoarea de umiditate $w = 35\%$, este asumata ca valoarea limita in conditii de siguranta pentru procesul de incinerare autoterm.

Societatea Apa-Canal SA, in parteneriat cu un colectiv de specialisti din cadrul Universitatii “Dunarea de Jos” Galati, a desfasurat munca de cercetare finalizata printr-un studiu asupra namolului rezultat la Statia de epurare a apelor uzate a Municipiului Galati. In cadrul acestui proces de cercetare au fost realizate o serie de teste, ce au pus in evidenta proprietatile fizico-chimice namolurile de epurare, incepand cu structura si compozita si finalizandu-se cu determinarea capacitatii calorifice.

Proprietatile fizice ale namolurilor de epurare de la SEAU Galati

Caracterizarea proprietatilor fizice ale namolurilor de epurare studiate s-a realizat folosind tehnica microscopiei electronice cu scanare (SEM). Aceasta tehnica ne-invaziva a permis analiza topo-morfologica a suprafetei unor probe de namoluri supuse la doua procedee fizice diferite (deshidratare si uscare) si a unei probe de cocs.

Studiind imaginile SEM obtinute s-a constatat un grad mai ridicat de neomogenitate la probele de namol deshidratat, ce includ microagregate de particule cu dimensiuni relativ mari. Textura, in cazul acestor tipuri de probe, este predominant nisipos-argiloasa. Deci, frecventa de aparitie a structurilor organice este mult scazuta. Granulele pulberilor prezinta morfologii, cum ar fi: sferica, de bagheta, elipsoidala, poligon neregulat. Namolurile deshidratate contin atat particule coloidale, cat si dispersate.

Din micrografiile SEM corespunzatoare namolurilor supuse evaporarii apei continute, prin procedeul de uscare s-au evidentiat diferite tipuri de morfologii ale granulelor componente. Dintre acestea se pot aminti forma sferica, elipsoidala, piramidala si de bagheta. Deoarece uscarea este un procedeu natural de evaporare a apei continuta in proba, aceasta a favorizat aparitia frecventa a materiei organice (radacini, tulpini) pe suprafata probei. Namolurile uscate prezinta un grad mult mai ridicat de omogenitate si compactitate, care se datoreaza si granulatiei mici si uniforme a particulelor. Deci, structurile organice au tolerat mult mai bine conditiile termice mult mai blande decat in cazul deshidratarii. Aspectul cel mai compact al suprafetei se regaseste la proba de cocs.

Proprietatile chimice ale namolurilor de epurare de la SEAU Galați

Caracterizarea proprietatilor chimice ale namolurilor de epurare analizate s-a realizat cu ajutorul tehnicii spectrometriei cu radiatii X emise dupa energii (EDAX). Aceasta tehnica a permis analiza structurala a unor namoluri si a unei probe de cocs. Analiza chimica elementara s-a efectuat pe o arie mai mare a suprafetei scanate sau punctual.

Din analizele chimice efectuate s-a constatat ca atat namolurile deshidratate, cat si cele uscate prezinta elemente minerale anorganice, care se organizeaza sub forma de saruri, oxizi, nitruri, dar si microelemente metale grele, in concentratii subunitare (Cr, Cu, Cs, Mo, Co, Ru, Rh, Zn, As, Ni, Cd). Trebuie precizat ca elementul Hg nu a fost detectat in continutul vreunei probe studiate, iar Pb a fost identificat doar in structura cocsului.

Proprietatile fizico-chimice ale probelor de namol deshidratat/uscat se bazeaza nu numai pe textura, structura, porozitate, ci si pe culoare, aciditate (pH) si pot fi influentate si de viteza cu care se indeparteaza excesul de apa din proba.

Prezentam in tabelul urmator, concentratia elementelor chimice a probelor de namol uscat in mg/Kg, analizate in cadrul studiului efectuat

Tabel 1. Concentrația elementelor chimice dinprobe de nămol uscat (mg/Kg)

Proba (cod)	Concentratia elementul chimic (mg/Kg)													
	Sr	Rb	Pb	As	Zn	Cu	Fe	Mn	Cr	V	Ti	Sc	Ca	K
1	290	49	82	12	7730	25	24933	545	97	101	3475	153	6832	13211
2	385	59	99	-	9634	26	27631	673	102	-	3563	124	7125	14423
3	355	50	87	15	10352	25	27553	612	114	-	3267	203	7242	14113
4	245	42	71	-	8342	23	23470	622	101	-	3157	147	6738	12879
5	254	44	75	17	8457	22	22987	453	98	-	3123	129	6805	13303
6	70	42	43	-	541	23	18564	475	92	-	3258	154	6759	14202
7	127	45	45	14	608	17	21601	467	102	-	3894	184	6744	16520
8	88	47	39	13	525	17	19823	433	97	-	3153	103	6286	16207
9	105	49	43	-	551	18	20561	447	93	-	3872	159	6437	15788
10	126	53	49	-	622	19	21725	521	87	83	3211	134	6733	16322

Determinarea puterii calorifice la namoluri de la statia de epurare

Determinarea puterii calorifice a namolului de epurare s-a facut cu ajutorul bombei calorimetrice (calorimetru adiabatic) si se bazeaza pe principiul masurarii caldurii de ardere a acestuia. Masurarea se face inregistrand caldura transmisa de bomba calorimetrica in care are loc combustia materialului in atmosfera de oxigen. Caldura astfel rezultata este transmisa direct de la

bomba calorimetrica catre o masa bine determinata de apa distilata dintr-un vas Dewar, a carei crestere de temperatura va fi inregistrata, cuantificata si raportata la unitatea de masa a probei de analizat.

In vederea stabilirii puterii calorifice a namolurilor de la statia de epurare s-au prelevat 10 esantioane de namoluri, 5 esantioane care au trecut de faza de fermentare (numerotate de la 1 la 5) si 5 esantioane nefermentate (numerotate de la 6 la 10). Aceste esantioane au fost prelucrate astfel incat sa reprezinte probe care sa fie reprezentative si in concordanta cu metoda de determinare a puterii calorifice.

Prezentam rezultatele obtinute pe cale experimentalata:

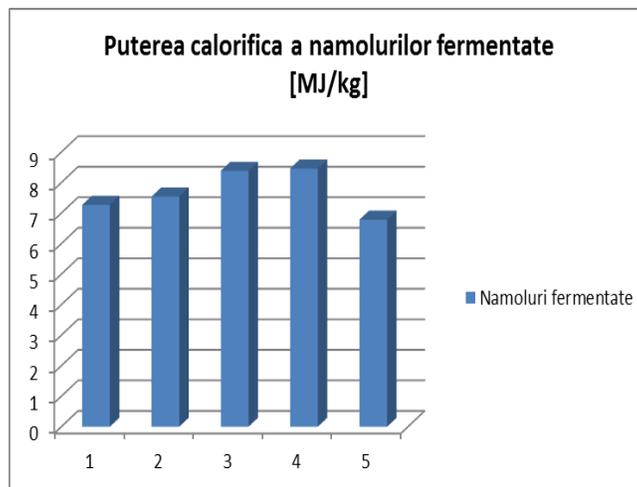


Figura 1. Puterea calorifica a probelor de namoluri fermentate de la statia de epurare

Se observa ca valoarea puterii calorifice a namolurilor fermentate este de 7,5 MJ/Kg, ceea ce ar reprezenta cca. 25% din valoarea calorifica a cocsului metalurgic.

In cazul namolurilor nefermentate valorile puterii calorifice sunt mai mari.

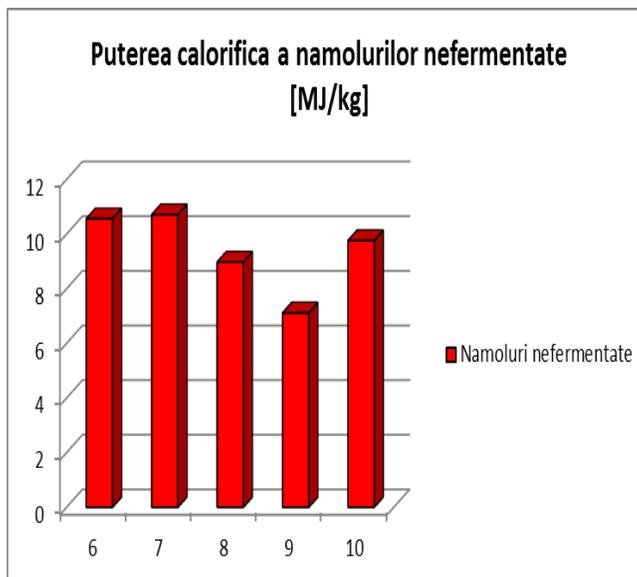


Figura 2. Puterea calorifica a probelor de namoluri nefermentate de la statia de epurare

S-au determinat valorile puterii calorifice la probele de namoluri nefermentate si acestea sunt in medie mai mari decat puterea calorifica a probelor de namoluri fermentate cu 2 unitati, avand in medie valoarea de 9,5 MJ/Kg.

2.3 Depozitul inchis al gropii de gunoi al Municipiului Galati si colectarea biogazului aferent

Depozitul de gunoi existent, momentan inchis, precum si extinderea acestuia este localizat in partea de S-V a Municipiului Galati, zona Tirighina, intre DN25 Galati - Tecuci si raul Siret. Acesta este proprietatea Primariei Galati si are acces direct din DN25, cu un drum de acces de 100 m.

Pana in prezent in cadrul programului ISPA pe deseuri municipale s-au implementat la groapa de gunoi urmatoarele investitii:

- inchiderea gropii de gunoi vechi-neconforme;
- deschiderea gropii noi conforme - cu mai multe celule.

In cadrul primei investitii, pe langa inchiderea gropii s-au mai realizat urmatoarele:

- forarea a 12 puturi si montarea caminelor pentru captarea biogazului ce rezulta din aceasta groapa;
- conectarea puturilor si caminelor la o statie de ardere a biogazului.

Depozitul vechi, inchis conform normelor, presupune obligatoriu si colectarea biogazului generat si care din estimarile actuale este considerabil, respectiv 170 Nmc/h.

Ideea care se contureaza este legata de faptul ca acest gaz generat la depozitul de gunoi menajer, care din analizele efectuate are si un procent foarte ridicat de metan, trebuie colectat si pompat, printr-o statie de compresoare, catre statia de epurare municipala, supus desulfurarii si utilizat in alimentarea uscatorului de namol.

Pentru colectarea gazului generat la depozitul menajer au fost executate cele 12 foraje si o conducta colectoare de 160 mm, care conduce gazul astfel colectat la statia de ardere.



3. UTILIZAREA BIOGAZULUI REZULTAT DE LA DEPOZITUL INCHIS AL GROPII DE GUNOI A MUNICIPIULUI GALATI PENTRU PRODUCEREA DE CURENT ELECTRIC, ENERGIE TERMICA SI ALIMENTAREA USCATORULUI DE NAMOL IN CADRUL STATIEI DE EPURARE A APELOR UZATE GALATI

3.1 Prezentarea situatiei actuale a producerii si utilizarii biogazului

In ultimii ani s-a monitorizat debitului de gaz rezultat din groapa inchisa, in urma acestui studiu, rezultand conform graficului intocmit (diagrama prezentata mai jos), urmatoorii parametri:

- debit mediu aproximativ de biogaz - 150-170mc/h
- continutul mediu de gaz metan - 60%
- continutul mediu de CO₂ - 15%
- continutul mediu de O₂ - 1,5%

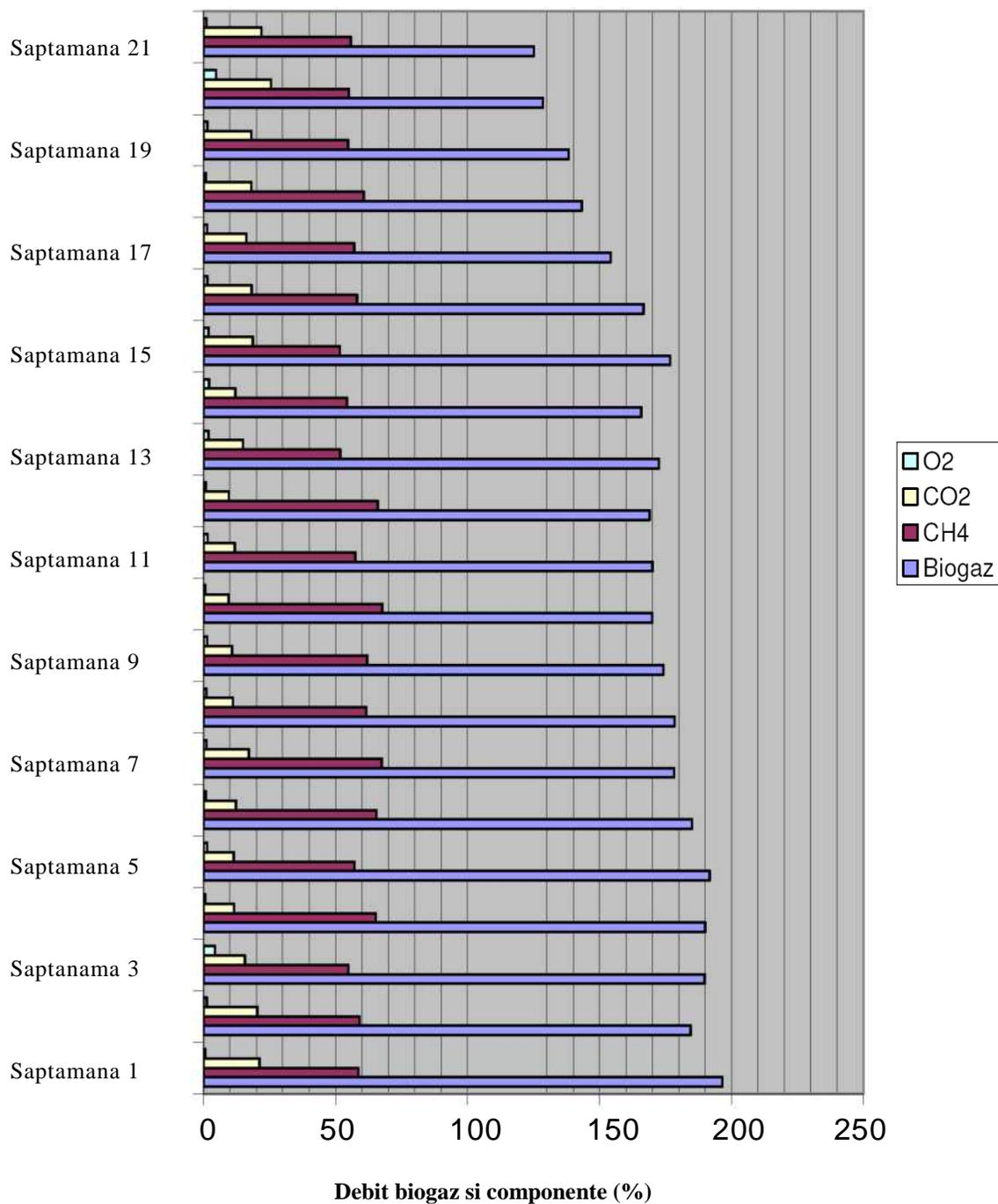
Prezentam in continuare tabelul cu datele de monitorizare saptamanala din ultimii ani, a biogazului rezultat din groapa inchisa:

Perioada	Debit biogaz	CH ₄	CO ₂	O ₂	Observatii
Saptamana 1	196.4	58.54	21.16	0.478	
Saptamana 2	184.4	58.98	20.36	1.1	
Saptamana 3	189.8	54.82	15.6	4.16	
Saptamana 4	190	65.21	11.51	0.66	
Saptamana 5	191.6	57.18	11.36	1.18	
Saptamana 6	185	65.48	12.16	0.68	
Saptamana 7	178.2	67.4	17.06	1.022	
Saptamana 8	178.4	61.56	11	1.06	
Saptamana 9	174.2	61.88	10.64	1.22	oprire statie
Saptamana 10	169.85	67.58	9.31	0.58	
Saptamana 11	170	57.46	11.8	1.46	
Saptamana 12	169	65.92	9.5	0.83	
Saptamana 13	172.4	51.74	14.86	1.72	
Saptamana 14	165.75	54.3	12	1.97	condens CO ₂ marit
Saptamana 15	176.8	51.62	18.54	1.74	condens CO ₂ marit
Saptamana 16	166.6	58.1	18.2	1.34	
Saptamana 17	154.2	57	16.14	1.28	scos un put din functiune
Saptamana 18	143.2	60.58	18.1	0.72	
Saptamana 19	138.25	54.72	18.1	1.35	
Saptamana 20	128.5	55	25.47	4.6	
Saptamana 21	125	55.7	21.9	1.03	

Se observa ca, in saptamanile 18-21 a scazut debitul de biogaz (~130 mc/h), deoarece s-a inchis un put in urma alunecarilor de teren aparute datorita ploilor - acestea deplasand un camin. (Urmeaza ca intr-un viitor apropiat S.C. Ecosal sa-l repuna pe pozitie si sa fie deschis, ca sa se asigure debitul de minimum~150 mc/h.)

Conform masuratorilor facute puterea calorica a biogazului este de ~5000 kcal/mc.

Cu datele obtinute din monitorizare s-a intocmit diagrama privind evolutia debitului de biogaz pe componente - saptamanal.



În urma monitorizării debitului de biogaz și a concentrațiilor de gaze componente (CH_4 , CO_2 , O_2) s-a considerat că cea mai bună soluție ar fi utilizarea acestuia în stația de epurare din Municipiul Galați (Planșa nr. 1).

Plansa 1 - Plan situație - traseu conductă biogaz de la groapa de gunoi la Apa-Canal SA Galați



Soluția este viabilă, deoarece operatorul regional Apa-Canal SA Galați deține la stația de epurare o dotare modernă, cu utilaje care pot consuma biogaz și pot produce curent electric și energie termică (prin cogenerare), care pot fi utilizate în consumul propriu al stației.

Dotarea constă în:

- sistem de producere biogaz din fermentarea namolului din apă reziduală epurată (~70mc/h) (biogaz insuficient pentru funcționarea unui generator de curent electric);

De asemenea, pe langa aceste dotari, statia de epurare mai dispune de trei centrale termice, care pot valorifica biogazul la 450kW fiecare care asigura caldura din interiorul statiei, inclusiv caldura necesara declansarii si mentinerii procesului de fermentare a namolului din digestoare.

Toate aceste dotari pot consuma cca. 450mc/h biogaz (in cazul functionarii simultane a tuturor utilajelor). In plus, la statia de epurare a fost executata in etapa a 2 a investitiei, un al doilea digester de productie biogaz, un balon de inmagazinare biogaz de 1500 mc si un generator de curent de 300 kW. Consumul necesar de biogaz pentru aceste utilaje nu poate fi asigurat numai de biogazul produs de statia de epurare al Apa-Canal SA.

Din acest motiv adoptarea solutiei ca biogazul produs in depozitul de deseuri al Municipiului Galati sa fie pompat de catre o statie de compresoare la statia de epurare a municipiului este necesara, ducand la economii insemnate de energie electrica si termica.

Se vor reduce si cheltuielile realizate in prezent de Apa-Canal SA pentru incalzirea digestoarelor si incalzirea spatiilor din interiorul statiei (~15.000 lei/luna). Aceasta cheltuiala se elimina prin folosirea energiei termice produsa prin cogenerare pentru racirea generatorului de curent.

Pentru punerea in practica a acestei solutii sunt necesare urmatoarele investitii:

- montarea unui balon de inmagazinare biogaz de 1500 mc in zona depozitului de deseuri;
- modificarea statiei de ardere biogaz existente (in sensul montarii unui by-pass, pentru ca biogazul sa poata fi dirijat spre balonul de inmagazinare);
- statie de compresare si reglare a biogazului;
- sistem de distributie a biogazului de la statia de ardere la balonul de inmagazinare, de la balon la statia de compresare si reglare si apoi la statia de epurare a Apa-Canal SA (vezi planșa nr.1);
- sistem de masurare a debitului de biogaz livrat montat la limita de proprietate a statiei de epurare;
- sistem de alimentare cu biogaz in incinta statiei de epurare, de la postul de masura la balonul de inmagazinare existent in statie.

Aceasta solutie va duce la diminuarea costurilor pentru epurarea apei reziduale si protectie a mediului, ducand la economii insemnate, atat pentru Apa-Canal SA, cat si pentru Primaria Municipiului Galati.

Pentru punerea in aplicare a acestei solutii vor trebui achizitionate, montate si puse in functiune urmatoarele utilaje:

- instalatie alimentare balon de inmagazinare;
- filtru de ceramica cu pietris;
- statie de compresare si reglare inclusiv cabina acestuia;
- balon de inmagazinare 1500 mc, montarea acestuia si instalatii auxiliare;
- instalatie de distributie biogaz - groapa de gunoi statie de epurare apa-canal (conf. planșa nr.1);
- instalatie de racordare biogaz - post masura - balon de inmagazinare.

De asemenea, mai sunt discutii la aceasta ora intre reprezentanti ai operatorului de apa din Galati, reprezentanti ai Primariei Municipiului Galati, ai operatorului de salubritate Ecosal Galati cat si ai operatorului de termoficare municipal Calorgal SA Galati, cu privire la promovarea si

implementarea strategiei de termoficare a municipiului, prin crearea de centrale termice de cartier alimentate cu gaz metan, cat si cu biomasa.

Pentru centralele care vor fi alimentate cu biomasa s-au identificat ca si surse de combustie namolul de la epurare, in amestec cu rezidul procesului de productie de la fabrica de ulei din zona, si peleti/vegetatie uscata, de la utilajul pentru fabricat peleti din dotarea serviciului public Ecosal.

3.2 Bilantul energetic

Pornind de la debitul de 150 mc/h biogaz produs in medie de depozitul de deșuri inchis, la o concentratie de 60% CH₄ si o putere calorica a acestuia de 5000 kcal/h vom avea o putere termica produsa din arderea acestuia intr-un motor de producere curent electric si energie termica (cogenerare) conform urmatoarelor calcule:

$$E_t = Q_t P_c y \text{ [kcal/h]} \quad \text{in care: } E_t - \text{energie totala produsa in kcal/h}$$

Q_t - debitul de biogaz produs in mc/h; $Q_t = 150\text{mc/h}$; P_c - puterea calorica a biogazului la o concentratie de 60% CH₄; $P_c = 5000 \text{ kcal/h}$
 y - randamentul de ardere si de producere a energiei termice; $y = 0,9\%$

$$E_t = 150 \times 5000 \times 0.9 = 675000 \text{ kcal/h}$$

Exprimata in kW aceasta putere va fi:

$$E_t = 675000 : 860 = 785 \text{ kW/h}$$

Intrucat debitul de biogaz de 150 mc/h este produs numai in 8 h de functionare a statiei de ardere, iar un generator de curent consuma 140 mc/h, energia termica dezvoltata de acesta va fi:

$$E_t = 140 \times 5000 \times 0.9 = 630000 \text{ kcal/h}$$

Exprimata in kW aceasta putere va fi:

$$E_t = 630000 : 860 = 733 \text{ kW/h}$$

Din aceasta putere generatorul produce 300 kW/h energie electrica, iar restul este energie termica recuperata (~433 kW) pentru racirea acestuia.

3.3 Costurile estimate ale investitiei

Proiectare

- proiect modificari statie biogaz, instalatie de alimentare balon de inmagazinare, instalare balon inmagazinare 1500 mc, filtru ceramic cu nisip si statie de compresare si reglare - **25.000 lei**
- instalatie de distributie biogaz groapa de gunoi, statie epurare apa - canal, post de masura la limita de proprietate - **10.000 lei**
- proiect instalatie de racordare biogaz de la postul de masura la balonul existent in incinta statiei - **3.000 lei**
- proiecte de specialitate pentru subtraversare DN25 (2 pozitii) si subtraversare cale ferata Galati-Barbosi - **20.000 lei**

Total proiectare - **58.000 lei** (12.900 € la un curs de 4.5 lei/€)

Achizitionare utilaje, instalarea si montarea acestora

- modificare statie ardere biogas - **5.000 lei**
- instalatie alimentare balon de inmagazinare - **4.000 lei**
- filtru de ceramica cu nisip - **36.000 lei**
- statie de compresare si reglare inclusiv cabina acestuia - **90.000 lei**
- balon de inmagazinare 1500 mc, montarea acestuia si instalatii auxiliare - **370.000 lei**
- instalatie de distributie biogaz - groapa de gunoi statie de epurare apa-canal, conform plansa nr.1 - **550.000 lei**
- instalatie de racordare biogaz - post masura - balon de inmagazinare - **10.000 lei**

Total executie - **1065000 lei** (236.670 € la un curs de 4.5 lei/€)

Valorile totale ale investitiilor vor fi conform tabelului de mai jos:

Denumire investitie	Valoare [lei]	Valoare [€]
Proiectare	58.000	12.900
Executie cu montare si achizitionare utilaje	1.065.000	236.670
TOTAL	1.123.000	249.570

Mentionam ca preturile nu includ TVA.

3.4 Analiza cost-beneficiu

Costurile din statia de epurare, datorita consumului de energie, se pot reduce cu sumele:

$$300 \text{ kW} \times 0.4 \text{ lei/kW} = 120 \text{ lei/h} = 1.036.800 \text{ lei/an}$$

Pentru 20 de ani vom avea:

$$1.036.800 \text{ lei} \times 20 \text{ ani} = 20.736.000 \text{ lei}$$

$$20.736.000 \text{ lei} : 4.5 \text{ €} = 4.608.000 \text{ €}$$

Putem observa, daca raportam economia realizata la valoarea estimate a investitiei, ca recuperarea acesteia se va realiza in maxim doi ani.

4. CONCLUZII

Beneficiile globale de mediu asociate acestui proiect de productie si exploatare a biogazului se considera ca depasesc cu mult efectele negative.

Printre aceste efecte pozitive se numara:

- reducerea contribuției locale la încălzirea globală (în România emisiile de metan au contribuit cu 16% din totalul Emisiilor la Inventarul 2002 GES) - prin distrugerea metanului și reducerea emisiilor de gaze cu efect de seră din amoniac, asociate cu producerea de energie electrică (echivalenta producției realizate) din combustibili fosili;
- îmbunătățirea calității aerului în zonă, prin controlul gazelor generatoare de miros, cum ar fi amoniacul și compuşii sulfurului;
- reducere semnificativă a descărcării în mediu a agenților patogeni, ca urmare a efectului de igienizare microbiologică al fermentării anaerobe;
- îmbunătățirea calității apelor subterane prin protecție sporită;
- asigurarea unei surse alternative de energie regenerabilă, care îmbunătățește securitatea energetică și contribuie la economia verde.

Beneficiile sociale și economice asociate cu proiectul propus cuprind:

- noi locuri de muncă;
- contribuție locală la atingerea obiectivelor politicilor guvernamentale privind producția de energie din surse regenerabile;
- un centru local de instruire și diseminare a informației și bunelor practici privind acest domeniu.

5. BIBLIOGRAFIE

- [1] Direcția generală AM POS Mediu, Consultant: Consorțiu condus de Mott MacDonald Limited UK, în asociere cu ISPE, UTCB, BIOTEHNOL, Elaborarea politicii naționale de gestionare a namolurilor de epurare. Strategia națională de gestionare a namolurilor, Partea a II-a, București, România, ianuarie 2010;
- [2] Direcția generală AM POS Mediu, Consultant: Consorțiu condus de Mott MacDonald Limited UK, în asociere cu ISPE, UTCB, BIOTEHNOL, Elaborarea politicii naționale de gestionare a namolurilor de epurare. Strategia națională de gestionare a namolurilor, Partea a III-a, București, România, februarie 2012;
- [3] Guvernul României, Hotărâre nr. 188 din 28 februarie 2002, actualizată, pentru aprobarea unor norme privind condițiile de descărcare în mediul acvatic a apelor uzate;
- [4] Guvernul României, Ordonanța de Urgență nr. 78 din 16 iunie 2000 privind regimul deșeurilor (actualizată până la data de 30 iunie 2011);
- [5] Fizesanu Silvia, Catuneanu T., Gnanđt Fr., Bejan M. - Creșterea calității vieții prin realizarea de energie regenerabilă din deșeuri organice, Știința și inginerie, vol. 5, Editura AGIR, București;
- [6] Georgescu L., Iticescu C., Gheorghies C., Cananau N., - Studiul privind incinerarea namolului provenit de la tratarea apelor uzate, Universitatea "Dunărea de Jos" Galați, 2014;
- [7] Ministerul Mediului și Gospodăririi Apelor, Ordin nr. 95 din 12 februarie 2005 privind stabilirea criteriilor de acceptare și procedurilor preliminare de acceptare a deșeurilor la depozitare și lista națională de deșeuri acceptate în fiecare clasă de depozit de deșeuri, Monitorul Oficial nr. 194 din 8 martie 2005;
- [8] Ministerul Mediului și Gospodăririi Apelor, ORDIN nr. 757 din 26 noiembrie 2004, actualizat;
- [9] Mnerie D., Slavici T., Carcalian F., Tucu D. - Calitatea sistemelor de producere a biogazului, Buletinul AGIR nr. 2-3/2009 ;

- [10] Nascu H. – Metode si tehnici de analiza instrumental, Ed. U.T.PRES, Cluj-Napoca, 2003;
- [11] Neamt I., Ionel I., Vlaicu I., - Valorificarea energetic a namolului in statiile de epurare municipale din Romania, Buletinul AGIR, Supliment 1/2013;
- [12] Negulescu M., - Tratarea apelor uzate municipale, Editura Tehnica, București, Romania, 1978;
- [13] Rajvanshi A.K. - Biomass gasification, Published as a Chapter (No. 4) in book “Alternative Energy in Agriculture”, Vol. II, Ed. D. Yogi Goswami;
- [14] Ogaki M., Stanescu R. – Controlul calitatii mediului. Lucrari practice de laborator, Ed. Cartea Universitara, Bucuresti, 2003;
- [15] Paunoiu N., Grecov D., - Instalatii de ardere, Ed. Didactica si Pedagogica, Bucuresti, 1998;
- [16] Rusu T., Bejan M. - Deseul – sursa de venit. Editura MEDIAMIRA, Cluj-Napoca, 2006;
- [17] Seadi T., Rutz D., Prasl H., Kotner M., Ofiteru A., Adamescu M., Bodescu F., Ionescu D., - Biogazul– Ghid practic, Ed. BIG>EAST, 2004;
- [18] Smith S. R., - Waste management and minimization – Management, Use and Disposal of Sewage Sludge, Department of Civil and Environmental Engineering, Imperial College, London, UK;
- [19] Stevens Don J., Pacific Northwest National Laboratory - Conditioning: Recent Progress With Larger-Scale Biomass Gasification Systems, Publication NREL/SR-510-29952, 2001;
- [20] Vockrodt S., Leithner R. - Kombi-Anlage mit integrierter Klärschlamm-verbrennung-CISCO (Combined Cycle with Integrated Sewage Sludge Combustion), Journal "MÜLL und ABFALL", 2004;
- [21] http://instal.utcb.ro/conferinta_2010/articole/pecsi_2010.pdf;
- [22] <http://documents.tips/documents/tratarea-namolurilor-in-statiile-de-epurare.html#>;
- [23] <http://www.eolss.net/sample-chapters/c09/e4-13-01-11.pdf>.

ADVANCED MONITORING SYSTEM FOR WATER SUPPLY USING GIS MODELS

Iustina Lateş* and Mihail Luca**

* Drd. Stud. Faculty of Hydrotechnics, Geodesy and Environmental Engineering, Technical University of Iasi, 65 D. Mangeron str., Iasi, Romania, E-mail: *lates.iustina90@gmail.com*

** Prof., Dept. of Hydroamelioration and Environ. Prot., Technical University of Iasi, Romania, E-mail: *mluca2004@yahoo.com*

Abstract

The paper presents the studies and research carried in monitoring water supply networks by implementing GIS models for a pilot village in eastern Romania. Through the collaboration of several models of analysis it can be achieved hydro-urban land register, which can improve and optimize the operation of the water supply system. Textual data entities are attached to graphs entities. GIS models can create queries using digital maps and reports that facilitate communication with authorities and customers. Software's like AutoCAD Map and Arc Map allow to obtain thematic maps on specific areas of the system.

Keywords

Hydro-urban cadastre, pipe network, exploitation, GIS models.

1. INTRODUCTION

A geographical informational system of an activity presents an ensemble of information, sources of two or more interconnected elements, which are functioning with the purpose of achieving a certain object [1]. GIS models are used in many domains of work: real estate cadastre, hydro-urban cadastre, silviculture, economy, tourism. These are monitoring in an advanced mode, different elements of the realized GIS system.

GIS technology is applied more and more for the studies which are related to water distribution systems, these are managed by different applications. The used applications include mapping, modeling, facilities management, work order management and short or long term planning [2]. Water supply systems are big consumers of electrical energy, this consumption represents one of the highest costs in the process of its functioning and maintenance. Advanced monitoring of water supply systems through GIS models usage the development of different programs which at their base have different algorithms was followed, for the purpose of minimalizing the energetic cost. The cost reduction is mainly realized through the control of the feed flow rate and pumping height [3].

A hydraulic model usage inside of a water supply system assumes the determination of geometric and functional parameters of the pipes, of materials, pressure and consumers required debits. Analysis models can be used for quantity and quality evaluation of water distribution and for the development of the strategy for investigation of the system. The exploitation staff has the possibility of fast evaluation of the distribution network during the critical periods and to correctly take intervention measures (example: interruption of water supply determined by the cracking of a pipe) [2].

On an international plan, miscellaneous hydraulic models of analysis of water supply systems are used, and of these, some are correlated with modeling through GIS [4]. All GIS users can benefit from their data values through the quick construction of some study models. To provide important results of high accuracy, the study model needs supplementary functionality to manage import and export GIS data.

Increased effectiveness of GIS models implementation inside the water supply networks requires modernization of the system, through which to proceed to automatization takeover of cadastral data and storing them through digital format plans. This type of works come in a time in which the technology evolves fast and the water supply systems must undergo rehabilitation and modernization works, including modern monitoring of functional parameters.

2. SYNTHETIC ELEMENTS FOR HIDRO-URBAN CADASTRE

Town domain specific informational system represents a subsystem of urban cadastre with an inventory and systematic evidence of town and over ground features from a settlement perimeter role. The town features inventory is made both under technical aspect and under quality aspect as the maintenance and structural updating of works highlighting. A cadastral informatics system assumes automatic registering of information regarding the territory on which the interest works are taking place. The cadastral informatic system is realized under the analogical form, through text type or graphic register on by thematic maps.

The realization of an application through which the hydraulic network analysis is realized assumes more work steps. A first step is represented by the localization and identification of components of the study, the collection of constructive and hydraulic data of those and the system schematization subject to modeling. The first step is to identify the data on the location of the system components monitored by the model using GIS: locality, street, number, field, parcel, coordinates, photographic surveys of the land, etc. Topographic measurements on the analyzed object are realized in this step [5].

The second step is represented by the projection of the analysis model in GIS system and by the attachment of information of interest of every analyzed component. This step defines types of data given to the GIS model, where every time is associated with water supply system components. The main elements of system analysis can include location, geometrical parameters, structural parameters, functional parameters, technological parameters, execution materials, type of work done, etc. This step is about studying the technical documentation used at realization or rehabilitation/modernization of water supply system in correlation with conducted topographical measurements and those of cadastral type (cadastral plans, topographical plans, orthophotomaps plans). Work programs required to develop GIS model are chosen all at this stage. Among the most important work programs used, the following are included: AutoCAD Map, Arc Map, EPLANET, etc.

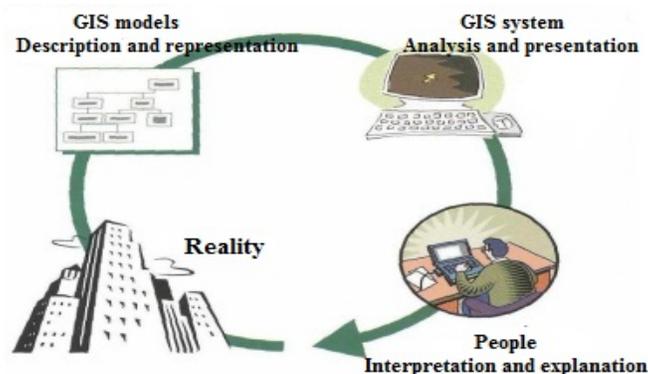


Figure 1. The role of data model in GIS models [4]

The third step is determined by the necessary operations of the interrogation process through delimitation of some parameters of GIS model. According to the chosen programs and of the GIS model attached data, a series of analysis and of digital thematic maps for the water supply system realization is accomplished.

The last step, the fourth, is represented by the continuous update of the database, attached to the hydraulic model, as well as maintenance of output data transfer functions. This step presents a special importance in the process of GIS model exploitation because through the continuous update of the database the conducted work in the water supply system can be determined.

The implementation of the works related to the realization of a GIS model for the water supply systems will lead to the creation of a modern hydro-urban cadastre system in the territorial informatic system. The realization of this information system will require many intensive working years, as well as important investment funds [6]. The promotion and realization of the monitoring systems require the use of the most modern measurement technologies and data processing as GPS satellite techniques.

In this process of land cadastre modernization, a special importance is heightened by the real estate cadastre through real estate limits validation from an administrative territorial unity through the introduction of these in a fine defined digital system. In this context, the real estate cadastral system will be correlated with the hydro-urban cadastral system in order to ensure a correct functioning in the water supply system territory.

At the actual moment, most of the topographical and cadastral plans are under the usual graphical form, but the actual consumer's requirements are heading to digital processing of the plans.

3. GIS MODELS FOR MONITORING WATER SUPPLY SYSTEMS

In Romania, various monitoring systems of land networks are used, but without an existent legal base through which their networks can receive cadastral identifiers and get registered in a database accessed by authorized staff. Considering this aspect, we can mention many cases where construction and installation companies have damaged utility networks because of insufficient knowledge of land network route and of water distribution networks in particular.

Through the implementation of GIS models in the case of water supply systems costs could be reduced in many perspectives:

- a) The correct monitoring of transport and distribution networks on every structural and functional component;
- b) Water supply system component management optimization (distribution networks, adduction, reservoir, pumping stations, etc.);
- c) Water loss management in the transport and distribution network;
- d) Costs relating to damage caused by mechanic shocks created by modernization works of the infrastructure and urban development as a result of lack of information relating to the localization of these;
- e) Costs relating to the pipes identification in case of water loss and of an interruption of water caused by breaking of some main distribution pipes.

GIS models can be attached to different types of information and differ from a water company to another. The models can vary from simple (just the location of the water supply network it is known) to complex (a series of extensive and diverse parameters that characterizes

the water supply network it is known). A series of monitored water supply systems with GIS models are presented in Romania, among which we can mention [7]:

a) **Bucharest city**, where to GIS model are attached localization data, textual information with address, damage, damaged elements, client name, counter number, command number, commercial status, billing locking number, etc.; with the help of the application faults can be detected and plans of actions can be realized;

b) **Râmnicu Vâlcea city**, where GIS model contain information about the localization of manhole vane, water gauge, hydrants, the name of the owners which are connected to the network;

c) **Turda city**, they combined surveying to pipelines routes, reservoir, pumping stations, manhole vane, with technical data such as flow rate, the diameter, the year of operation, the material of execution, etc.; all data were entered into a centralized analysis;

d) **Timisoara city**, where several parameters are tracked (for example at the pumping stations electrical parameters: phase voltages and currents, active power and energy), any failure of the network (flooding of manhole or run burglary), etc.;

e) **Iasi city**, where GIS model has assigned to it a set of information regarding the location, execution materials, the year of commissioning, diameters, etc.

GIS models elaborated for this domain is not covering all the necessary information of a good monitoring and intervention in water supply systems components. The monitoring system must be completed and updated continuously for it to be at the technical operation of the moment. Through completion new data referring to the constructive characteristics of the system, at the seismic ones, geotechnical, hydrogeological, the climate of the location, etc.

Also, the GIS model is filled with the chronological evolution in the exploitation of every water supply system components (damages, interventions, rehabilitation works, etc.) The GIS model can be filled with a series of analysis and calculation programs, which can consider the time modification of hydraulic pipes network parameters (example: roughness modification and the increase of loss of head). Also, new additional analysis programs can verify structural and resistance parameters of pipes or network constructions.

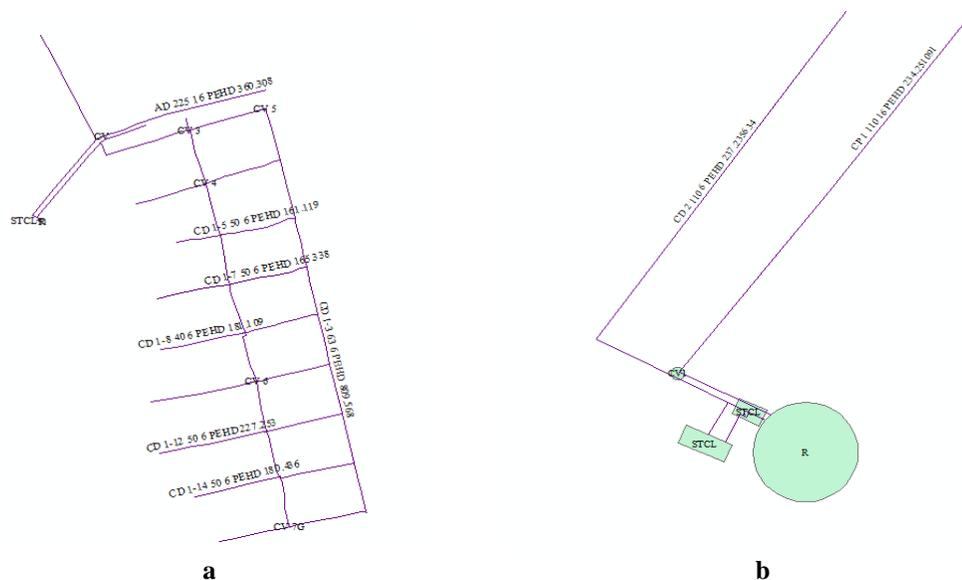


Figure 2. The scheme of water supply system processed in Arc Map: a – the scheme of distribution network; b – detail of reservoir area

GIS models must also be applied to water supply system realized in a rural environment. These systems do not have to monitor with GIS models on the actual stage. In this case, the GIS model can present a more simple structure, but also have the possibility of development through information update of textual type attached to the distribution networks and to the components of the water supply systems. Such a model was accomplished as “case study” for a rural locality from Iași County. The water supply system of Avântu locality is formed from a branched pipes network which is gravitationally powered from a tank with the capacity of 100 m³. A limited sector from the pipes network is powered through pumping. The rural type of water supply system is integrated into the „Regional water supply system of Iași County”. The system is powered by an action pipe connected to “Timișești – Iași adduction”. The system’s adduction powers two villages, respectively seven rural locations in total. For covering the geodesy odds and those of the loss of head a station of pumping was projected and realized after plugging the connection to Timișești – Iași adduction.

GIS system implementation for the water supply network of a locality presumes the conduction of activity on many working layers. The working layers are formed of different under layers which have necessary town cadastre management information attached. The collected and processed information assures the authenticity, topicality, and objectivity of the evaluations in founding, formulation, and implementation of control decisions on the water supply system. Taken data from the field and from the cadastral plans, orthophotomap plans, feasibility studies, etc., are structured in tables and are attached to special programs to be used in questioning execution on thematic domains and maps. GIS system requires two types of data: point data type that concerns to the hydro-technical constructions related to the system and line data type that make the network distribution object [2].

Implementation of a cadastre of water supply networks using GIS models, meet the following requirements:

- a) detect, recorded and describes the entire water supply system;
- b) provides maps and plans, based on field measurements and data specific network attached by conventional signs studied system;
- c) exploiting the information in the technical, economic and legal.

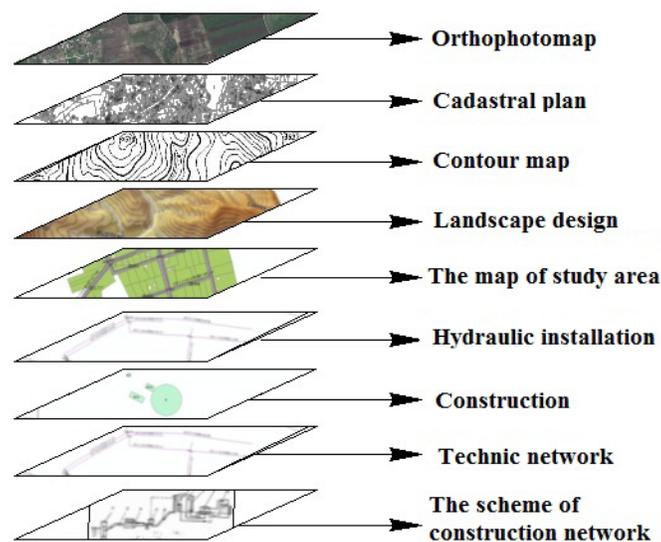


Figure 3. Characteristics layers for GIS models [5]

The monitoring system of the pipes network for Avântu rural locality is structured on many layers depending on the interest and necessity.

Every layer is customized on a particular domain of the pipes network.

The main characteristic parameters which define the water supply network of the locality are: a – geometrical parameters (pipes diameter, wall thickness, roughness, tube length, etc.); b - hydraulic parameters (concentrated flow, distributed flow, featured pressures, max speeds, imposed loss of head, etc.); c – execution material (cast iron, steel, plastic products, composition, etc.); d – mechanical parameters; e – fitting parameters, etc.

Analyzed supply network components from the case study have identification codes assigned to them.

This way, the main pipelines, distribution pipelines, branching pipelines, supply pipelines had received an identification code for fast identification in the program's framework.

Also, the same activities have been applied to network installations: homes (of ramification, drain, ventilation, hydraulic shock protection, etc.), anchorage massive, under crossings, hydrants, etc.

Tanks, pumping stations and treatment station have received specific identification codes.

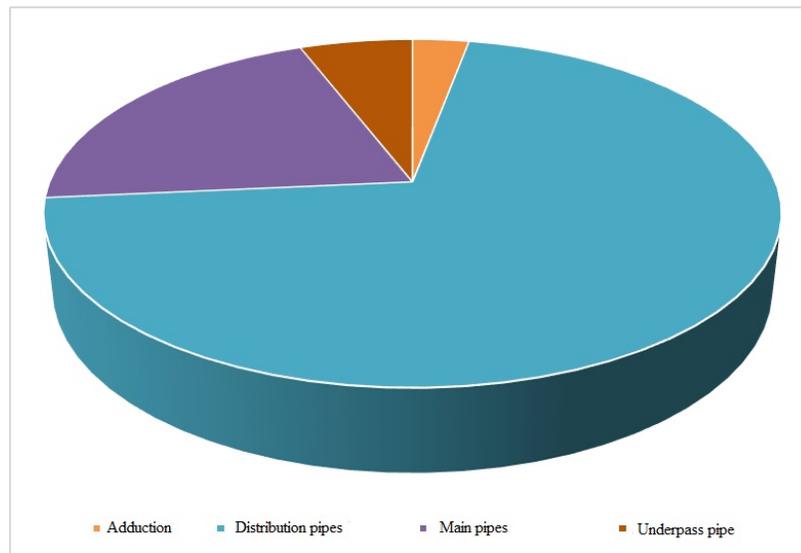


Figure 4. The chart of query sections for water system from Avântu village

An important and monitored problem is represented by the water loss evaluation from the distribution network in the exploitation process.

For the control of the flow, flow meters had been provided in characteristic sections of the network: supply system pipe (at the tank entrance), on the main pipes and a limited number of the distribution pipes.

Network's flow meters are related to the analysis program with flow counters of the water consumer.

Flow monitoring on the supply and distribution network must be realized with flow meters that have a high precision of a correct consume evaluation and in particular of the billed one [8].

The water supply network of the locality is composed of pipelines with different diameters, from which the predominant ones are the pipelines with Dn 110, followed by the ones with Dn 50.

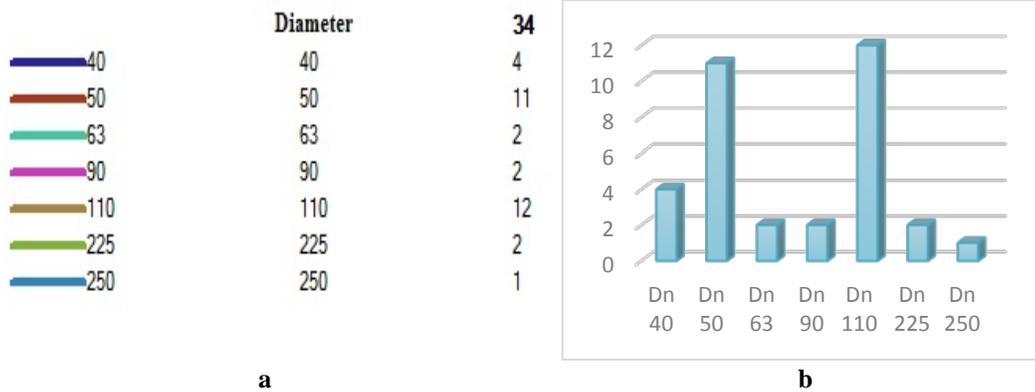


Figure 5. The proper diameter for the water system in the study area: a - query after the diameter of water system; b - the chart for the diameter of water system

Through the GIS application, sources of information from varied localities are related. These data are stocked in special files (flow requirements, service pressure value, daily variation, water quality, etc.). A spatial database is used and maintained in special departments in public – private and public administration companies and they should not be limited to just simple cadastral applications. The database attached to GIS application for the water supply system can provide related information with those that are existent in the locality cadastral system. Rehabilitation and extension of the water supply system are related through GIS monitoring models with information on public and private properties, on issuing building permits, on legislative restriction, on the management of disasters and of emergency situations, on systematization and territorial administration from a town perspective, etc.

4. CONCLUSIONS

1. GIS monitoring models had become monitoring instruments present in water – channel companies, but their development and usage differ on Romania’s territory and cooperation with other utilities systems like with the land cadastre which is in a relative incipient stage.

2. A water supply system becomes efficient through rehabilitation and modernization works in which an important place is taken by the GIS models, which through their analysis functions allow a continuous monitoring of the structural and functional parameters of the system and the improvement of the water – channel service company management.

3. GIS monitoring models are using questionings to create digital maps and reports through which the water – channel company communication is facilitated with the authorities and the clients, a position which determines a correct management in water distribution on the flow, pressure, and quality that is requested by the consumer.

4. Water supply system modeling through GIS which realizes the joining of textual data with the graphical ones facilitates the data interrogation process shortens the work time and reduces the maintenance, modernization and rehabilitation process cost.

5. Water supply systems are not monitored through GIS models, a situation which determines a reduced efficiency of the water distribution management to the consumer and the structural and functional status evaluation of the system.

6. Considering the continuous evolution of small cities extension, the implementation of GIS system is necessary for the water supply systems which should have a detailed database on specific

interface domains of the water distribution network with other town networks and with the beneficiaries' property limits.

5. BIBLIOGRAPHY

- [1] *I.E. Keller, D. Beale, G. Bădescu*, GIS and hydraulic modeling for water distribution and sewer networks, Buletinul Institutului Politehnic din Iași, Tomul LV(LIX), Fasc. 4, Secția Hidrotehnică, Editura Politehniun, Iași, 2009;
- [2] *A. Altadmory*, Dezvoltarea modelelor hidraulice pentru sistemele de distribuție a apei și sistemele de canalizare și aplicațiile GIS pentru apa reziduală și utilitățile apei pluviale (The development of hydraulic models for water distribution systems and sewage systems and waste water applications and utilities GIS rainwater), Buletinul Științific al Universității Tehnice de Construcții București, Nr.1, București, 2014.;
- [3] *E. Bârsan, C. Ignat*, Minimization of energetic costs in operation of water distribution systems, Buletinul Institutului Politehnic din Iași, Tomul LIV (LVIII), Fasc. 2, Secția Hidrotehnică, Editura Politehniun, Iași, 2008;
- [4] *M. Goodchild, D. Sui*, The convergence of GIS and social media: challenges for GIScience, International Journal of Geographical Information Science, S.U.A, 2005;
- [5] *I. Lateș*, Studiu documentar privind monitorizarea prin metode moderne a procesului de exploatare a sistemelor de alimentare cu apă (Documentary study on modern methods of process monitoring system operating water), Raport de cercetare 1, Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iași, 2017;
- [6] *F.I. Budea, D.E. Alecu*, Necesitatea realizării sistemelor teritoriale/geografice integrate ale sistemelor de irigații (The need for territorial systems / geographic integrated irrigation systems), Buletinul Științific al Universității Tehnice de Construcții București, Nr. 2, București, 2009;
- [7] *I. Lateș, M. Luca, G. Ilie, N. Iurist*, Studies on the implementation of GIS model in water supply systems. PESD, Vol. 10, no 2, Edit. Al. I. Cuza University of Iași, 2016;
- [8] *M. Luca, S.A. Alexandrescu*, Modern techniques for measuring the flow rate through water conveyance pipes, Buletinul Institutului Politehnic din Iași, Tomul LVI(LX), Fasc. 4, Secția Hidrotehnică, Editura Politehniun, Iași, 2010;
- [9] *A. Badea, Ghe. Badea*, Cadastru, bănci de date și aplicații GIS în zone urbane (Cadastru, databases and GIS applications in urban areas), Editura Conspress, București, 2013;
- [10] *Al. Mănescu, M. Sandu, O. Ianculescu*, Alimentari cu apă (Water supply), Editura Didactică și Pedagogică, București, 1994.

EFICIENȚA ENERGETICĂ

Presură Aurel*, Popa Mândița** și Angela Pană***

* S.C. RAJA S.A, Str. Călărași 22-24, Constanța, România

** S.C. RAJA S.A, Str. Călărași 22-24, Constanța, România

*** S.C. RAJA S.A, Str. Călărași 22-24, Constanța, România

Abstract

S.C. RAJA S.A. Constanța has done operational costs which include: living expenses, expenditures with electricity, with materials, damping, with maintenance and repair services, taxes and so on. An important part of costs is represented by electricity expenditure related with electricity registered at 422 consumption points (sources, water pumping stations, waste water pumping stations, waste water treatment plants, headquarters, and so on).

With the support of SOP-1 Environment there were constructed 7 waste water treatment plants, 61 waste water pumping stations, 30 wells, and there were retechnologized other 6 waste water treatment plants, 7 waste water pumping stations, 8 water pumping stations and 23 wells. Due to this fact, in the future period it is estimated an increase of electricity consumption, respectively, of related costs with approx. 20-25%.

In view of the above, we consider that at the level of the company, measures are needed to continue the energy efficiency process. So, S.C.RAJA S.A. Constanța has in progress a series of projects for energy efficiency, in order to reduce electricity (through modification of technical solutions of connection and SCADA system expansion), through alternative energy sources and recuperation of residual energy.

Keywords

Energy efficiency, SCADA, photovoltaic panels, termic hydrolysis.

1. INTRODUCERE

S.C. RAJA S.A. Constanța este un operator de servicii de alimentare cu apă și canalizare care asigură servicii în 152 de localități de pe teritoriul a 7 județe (Constanța, Ialomița, Călărași, Ilfov, Prahova, Dâmbovița și Brașov) și deservește, în mod permanent, peste 750 000 de locuitori, iar în timpul sezonului estival, cca 2 milioane de locuitori.

Activități principale:

- Alimentarea cu apă;
- Colectarea și evacuarea apelor uzate menajere și meteorice în 37 de localități;
- Epurarea și evacuarea apelor uzate în 15 stații de epurare;
- Întreținerea și repararea echipamentelor utilizate în activități specifice;
- Analize de laborator pentru apă potabilă și apă uzată, în laboratoare acreditate RENAR.

2. SOLUȚII PENTRU REDUCEREA COSTURILOR DE OPERARE

Pentru serviciile prestate, S.C. RAJA S.A. Constanța realizează costuri de operare, care înglobează cheltuieli cu munca vie, energia electrică, materiale, servicii de întreținere și reparații, taxe și impozite, etc.

O pondere importantă în costuri este reprezentată de cheltuiala cu energia electrică aferentă consumului înregistrat la cele **422 de puncte de consum**, alimentate atât pe joasă, cât și pe medie tensiune, precum:

- 115 Surse de adâncime și 3 surse de suprafață,
- 78 Stații de pompare apă potabilă,
- 161 Stații de pompare ape uzate,
- 15 Stații de epurare,
- 7 Sedii, ș.a.

În anul 2016, RAJA Constanța a realizat un consum de energie electrică de **82.418 Mwh**, pentru care a plătit suma de **33.800.820 lei (7.511.293 Euro)**.

Pe activități, situația consumului de energie electrică se prezintă astfel:

Activitatea de apă - 58.658 Mwh (71.17 %)

Din care: - Surse de apă - 44.446 Mwh
- Stații de pompare - 14.212 Mwh

Activitatea de canal - 22.764 Mwh (27.62 %)

Din care: - SP ape uzate - 7.555 Mwh
- Stații de epurare - 15.209 Mwh

Diverse - 996 Mwh (1.21%)

Consumul de energie electrică în anul 2016 față de anul 2015 a crescut cu 6.170 MWh care înseamnă **8.09%**, iar costurile aferente au crescut doar cu 1.05%, adică cu 351.109 lei.

Tabel 1. Diferență consum energie electrică 2016-2015

Nr. Crt	Activitatea	Consum energie electrică 2015	Cheltuieli	Consum energie electrică 2016	Cheltuieli	Diferența 2016-2015	
		(MWh/an)	Lei	(MWh/an)	Lei	MWh	Lei
1	Captare apă	42.214	19.741.323	44.446	19.492.318	2.232	-249.005
2	Stații de pompare apă potabilă	13.341	5.168.134	14.212	5.180.977	871	12.843
3	Stații de pompare apă uzată	6.655	2.979.790	7.555	3.146.678	900	166.888
4	Stații de epurare	13.005	5.039.942	15.209	5.515.356	2.204	475.414
5	Diverse	1.033	520.522	996	465.491	-37	-55.031
6	Total	76.248	33.449.711	82.418	33.800.820	6.170	351.109

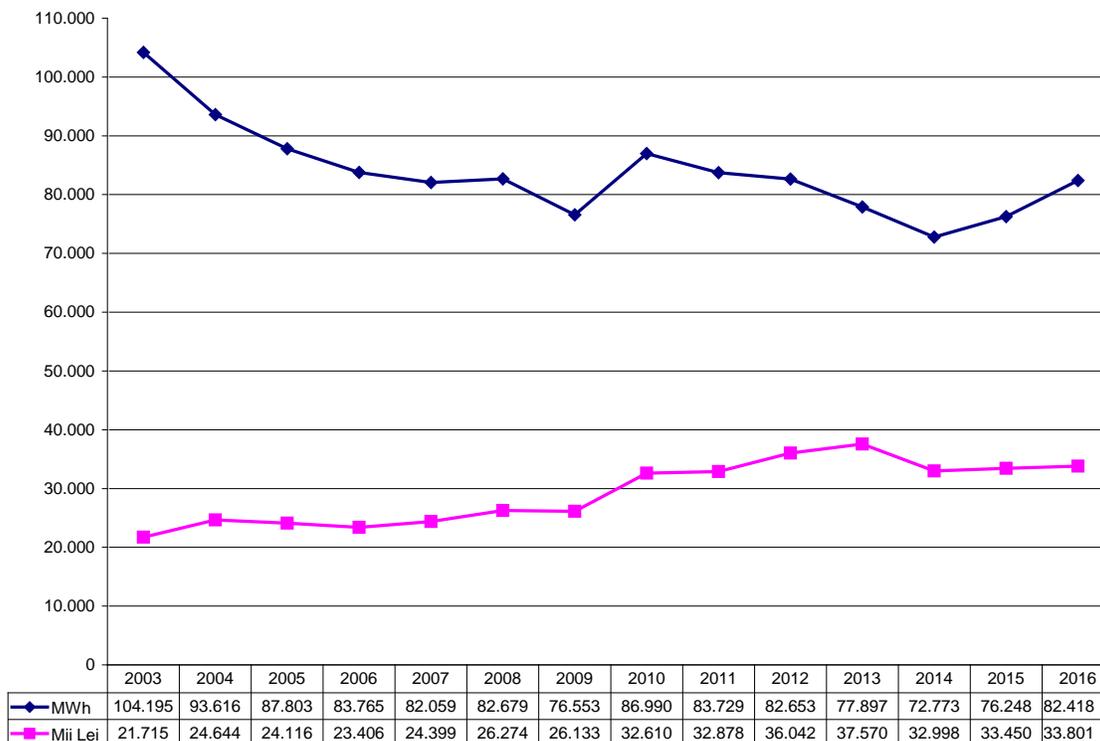


Figura 1. Evoluția valorică și consumul de energie electrică 2003-2016

Din grafic se observă dinamica descrescătoare a consumului de energie electrică până în anul 2009, după care urmează o creștere la nivelul anului 2010 care se datorează preluării de noi sisteme de alimentare cu apă și canalizare în localitățile Medgidia, Cernavodă, Căzănești, Fetești, Țândărei, ș.a. În continuare, curba descrește ca urmare a măsurilor luate în zonele preluate, prin înlocuirea pompei, montarea convertizoare de frecvență, etc.

Curba evoluției cheltuielilor este crescătoare datorită majorării prețului energiei electrice de pe piața de energie.

În perioada următoare se estimează o creștere a consumului de energie electrică respectiv a cheltuielilor aferente, cu cca 20-25%, datorită punerii în funcțiune a obiectivelor construite sau reabilitate prin programul de investiții POS 1Mediu, după cum urmează:

- 7 stații de epurare,
- 61 de stații de pompare apă uzată,
- 30 de puțuri,
- 2 stații de pompare apă.

Retehnologizate:

- 6 stații de epurare,
- 7 stații de pompare apă uzată,
- 8 stații de pompare apă,
- 23 de puțuri.

Măsuri realizate

Pentru reducerea cheltuielilor cu energia electrică, pe tot parcursul activității, s-au realizat o serie de măsuri, și anume:

- S-au înlocuit peste 250 de utilaje de pompare cu randament scăzut;
- S-au procurat și s-au montat convertizoare de frecvență la toate sursele și stațiile de pompare apă care pompează apă în rețeaua de distribuție;
- S-a contractat energia electrică de pe piața liberă, prin procedura de licitație;
- S-a realizat automatizarea centralizată a surselor de apă din zona rurală (32 de localități) prin implementarea sistemului SCADA.

Măsuri propuse

Având în vedere cele de mai sus, la nivelul companiei se impun măsuri de continuare a procesului de eficientizare energetică și astfel au fost identificate următoarele proiecte:

- Modificarea soluțiilor tehnice de racordare la rețeaua de energie electrică a surselor de apă din Constanța: Caragea Dermen, Cișmea A, Cișmea B, Cișmea C, Cișmea II, Murfatlar;
- Extinderea implementării sistemului SCADA în localități din întreaga arie de operare a RAJA, cu prioritate în zona rurală;
- Construirea unui parc fotovoltaic în localitatea Fetești;
- Valorificarea energetică a nămolurilor de la stațiile de epurare.

2.1. MODIFICAREA SOLUȚIILOR TEHNICE DE RACORDARE LA REȚEAUA DE ENERGIE ELECTRICĂ A SURSELOR DE APĂ

2.1.1 Necesitatea și oportunitatea investiției

Investiția este necesară pentru trecerea facturării energiei electrice de pe joasă tensiune pe medie tensiune datorită tarifului mai avantajos. Pentru ca trecerea la facturarea pe Medie Tensiune să se efectueze, trebuie modificată soluția tehnică de racordare la rețeaua de distribuție de energie electrică.

Delimitarea instalațiilor electrice va fi pe medie tensiune, iar posturile de transformare vor aparține S.C. RAJA S.A.

Obiective cuprinse în proiect

- 7 Surse de apă;
- 9 posturi de transformare;
- Consumul de energie electrică realizat la cele 7 surse de apă este de 21.024 Mwh/an și reprezintă **47.3%** din consumul de energie electrică total al surselor de apă RAJA, iar din punct de vedere al costurilor aferente, procentul este de **50,78%**.

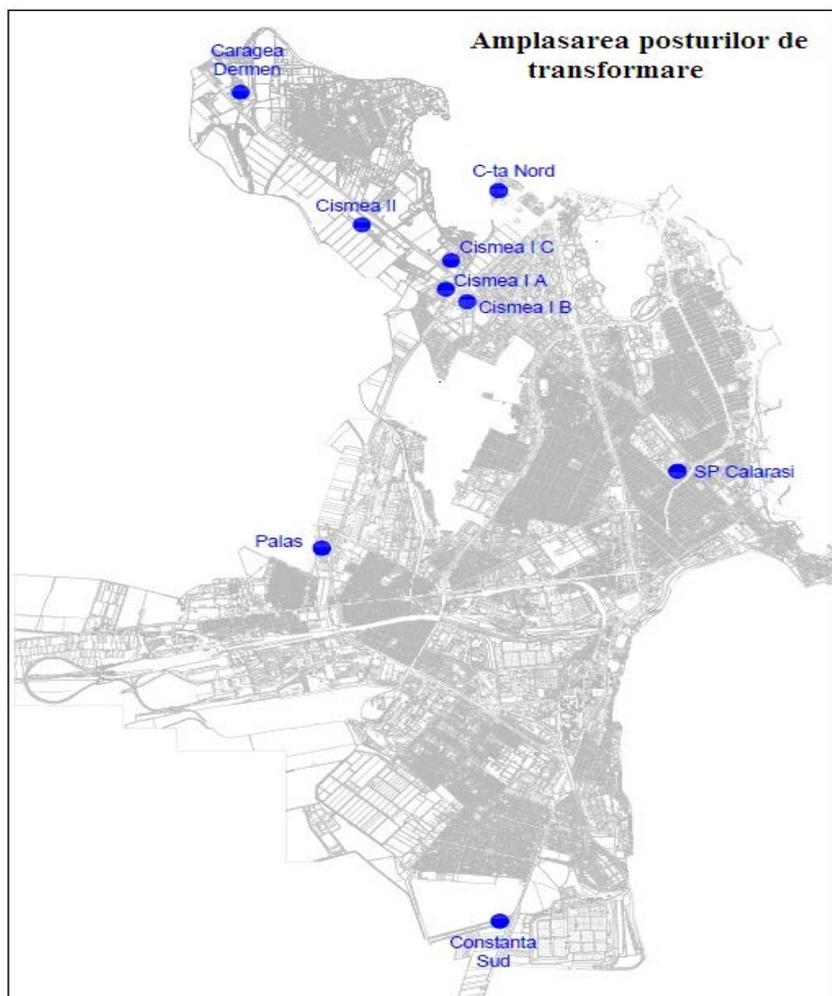


Figura 2. Amplasarea posturilor de transformare

Prezentul proiect presupune:

1. **Construirea de posturi de transformare proprii**, în incinta surselor, în clădirile existente.
2. **Monitorizarea energiei electrice.**
3. **Refacerea instalațiilor** electrice de iluminat din posturile și camerele celulelor de medie tensiune.
4. **Reabilitarea instalațiilor** de legare la pământ.

2.1.2 Eficiența realizării proiectului

Eficiența modificării constă în eliminarea tarifului specific de distribuție a energiei electrice de pe joasă tensiune din componenta reglementată, care are o valoare de **118.74 lei** și reprezintă **29%** din preț total de facturare.

Tabel 2. Structură tarif medie și joasă tensiune

STRUCTURĂ TARIF	MT	JT
Componenta reglementată	84,0	202,74
1. Preț injecție energie în sistem: Tg	0,85	0,85
2. Preț pt. extragere energie din sistem: Tl	16,17	16,17
3. Tarif servicii de sistem: Ss	12,88	12,88
4. Tarif administrare piața de en. el.: OPCOM	0	0
5. Tarif specific distribuție IT zona Dobrogea/Muntenia/Transilvania	18,11	18,11
6. Tarif specific distribuție MT zona Dobrogea/Muntenia/Transilvania	35,99	35,99
7. Tarif specific distribuție JT zona Dobrogea/Muntenia/Transilvania		118,74

Calculul Eficienței

Costurile totale ale investiției sunt de aproximativ 1.042.650 euro.

Prin modificarea sistemului de tarifare, se vor reduce cheltuielile cu energia electrică la acești mari consumatori cu 2.496.425 lei/an, respectiv cu **25,28%**.

$$21024299 \cdot 0.11874 = 2496425 \text{ lei/an } (554761 \text{ euro/an})$$

Durata de recuperare a investiției, numai din eliminarea tarifului specific de distribuție pe joasă tensiune, va fi de aproximativ **1.9 ani**.

2.1.3 Mentenanța posturilor de transformare

Mentenanța și exploatarea posturilor de transformare aflate în proprietate se face fie prin intermediul personalului propriu, calificat și autorizat, fie prin intermediul unui agent economic autorizat.

În primii 5 ani de la punerea în funcțiune a posturilor de transformare, cheltuielile de mentenanță sunt **zero**, având în vedere fiabilitatea echipamentelor, perioada de garanție de 24 luni și durata mare de viață a acestora.

În funcție de gradul de complexitate a instalațiilor, se poate încheia un contract de mentenanță, prin care se va asigura păstrarea disponibilității, performanțelor, fiabilității și siguranței în exploatarea instalațiilor.

Un cost mediu pentru lucrările de mentenanță preventivă pentru cele 9 posturi de transformare este de 18.000 euro/an/post de transformare.

$$18000 \text{ euro/an/post} \cdot 9 \text{ posturi} = 162000 \text{ euro/an}$$

Dacă se adaugă cheltuielile de mentenanță la valoarea totală a investiției, încă din primul an de la punerea în funcțiune, atunci perioada de amortizare a costurilor se va prelungi cu maxim **3 luni**.

Personalul de exploatare poate executa, pe lângă manevre în instalații, activități de monitorizare, testare, și alte activități de mentenanță, determinând astfel scăderea costurilor pentru mentenanța preventivă.

2.2. EXTINDEREA SISTEMULUI SCADA ÎN CADRUL S.C. RAJA S.A

2.2.1 Sistemul SCADA – Pilot Cobadin

Obiectivul proiectului a fost modernizarea sistemelor de alimentare cu apă a 25 de localități din raza județului Constanța și extinderea ulterioară pentru încă 7 localități.

Modernizarea a constat în automatizarea, monitorizarea și dispecerizarea acestor sisteme. Proiectul “Pilot Cobadin” a fost finalizat în anul 2013.

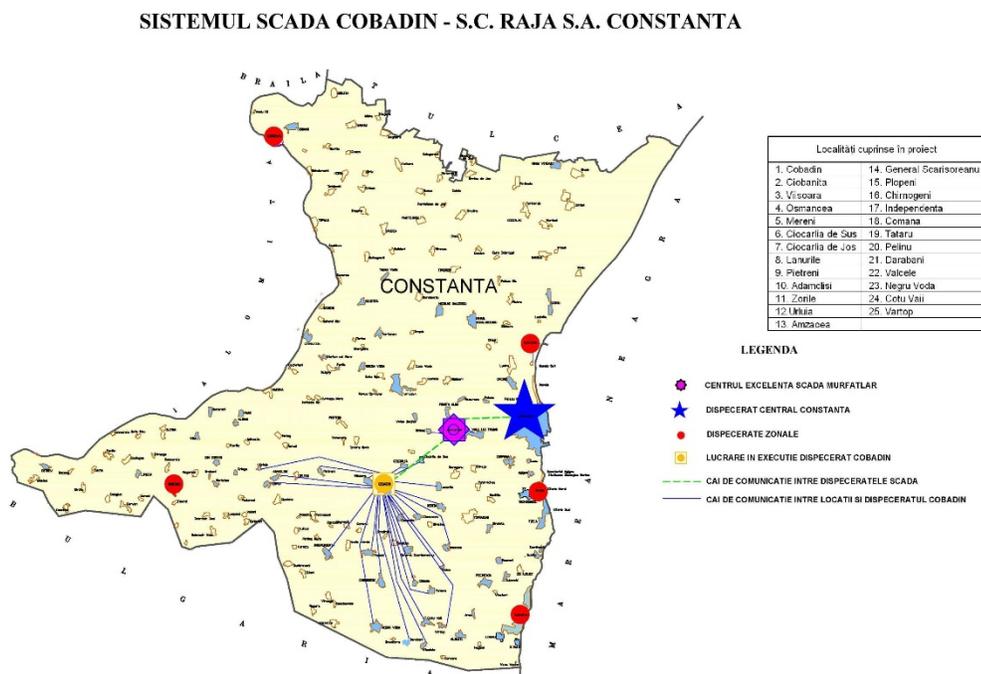


Figura 3. Sistemul SCADA Cobadin

2.2.1.1 Eficiența implementării sistemului SCADA Cobadin

1. Reducerea consumului de energie electrică cu 21.53 %

- iunie - decembrie 2013 = 967 535 kwh
- iunie - decembrie 2012 = 1 233 000 kwh
- Reducere consum: $\frac{265465}{7} = 37924 \text{ kwh} / \text{lună}$
- Economie: $37924 \text{ kwh} \cdot 0.6 \text{ lei} / \text{kwh} \cdot 12 \text{ luni} = 273052 \text{ lei} / \text{an}$

2. Reducerea numărului de personal cu 20 persoane

- Vechea organizare 2012: 48 persoane
- Noua organizare 2013: 28 persoane

3. Reducerea cheltuielilor cu personalul

$$20 \text{ persoane} \cdot 2500 \text{ lei / luna} \cdot 12 \text{ luni} = 600000 \text{ lei / an}$$

- Total: $273052 + 600000 = 873052 \text{ lei / an}$ (194012 euro/an)
- Durata de recuperare a investiției este de **cca 3 ani**.

4. Reducerea numărului de avarii (de la 15 avarii la 4-5 avarii/lună)

2.2.2 Extinderea sistemului SCADA din cadrul RAJA

Având în vedere rezultatele obținute privind eficiența energetică a “Pilotului Cobadin”, s-a propus extinderea sistemului SCADA pentru încă 74 de localități și 360 de locații, cu pondere din mediul rural. În acest moment, pentru acest proiect este întocmit Studiul de Fezabilitate care include și Studiul Radio pentru toate locațiile prevăzute în proiect. Soluția tehnică este cu comunicație radio prin crearea unei rețele radio proprii. Valoarea estimată a investiției este de cca 14.8 mil de euro.

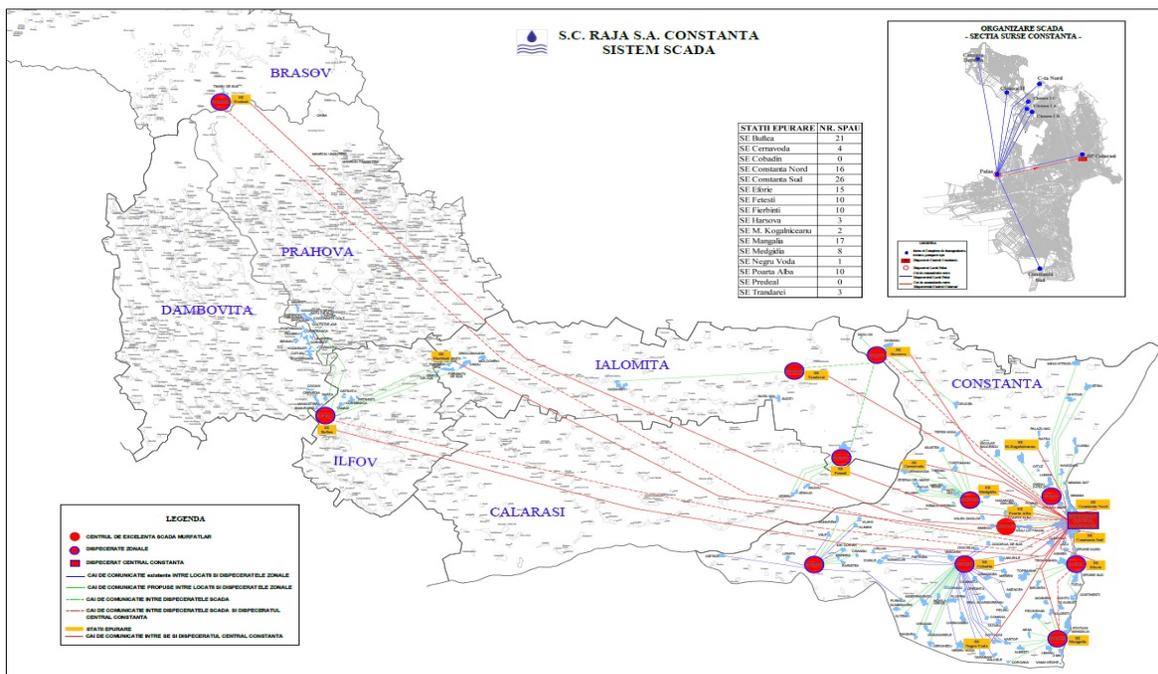


Figura 4. Extindere SCADA – Sistem Dispecerizare Surse și Stații Epurare Ape Uzate

Scopul proiectului

- Protejarea surselor de apă din mediul rural;
- Creșterea calității serviciului de alimentare cu apă prin asigurarea continuității furnizării apei 24h/24h;
- Creșterea operativității în remedierea avariilor;
- Monitorizarea funcționării echipamentelor individuale, a sistemelor de captare, tratare, transport, înmagazinare și distribuție a apei potabile;

- Automatizarea sistemelor de alimentare cu apă cu prioritate în zonele rurale și transmiterea datelor la distanță către Dispeceratele Zonale.
- Crearea rapoartelor necesare pentru o analiză operativă și sistematică a evenimentelor.
- Reducerea costurilor de operare a sistemului de alimentare cu apă și de canalizare în mediul rural:
 - Reducerea consumului de energie electrică, respectiv a cheltuielilor cu energia electrică, cu cca 10% (cca 6.600 mwh/an, 550.000 euro/an);
 - Reducerea cheltuielilor cu personalul;
 - Reducerea pierderilor de apă și a numărului de avarii, prin monitorizarea presiunilor din rețea;
- Echiparea Dispeceratelor Zonale și realizarea comunicației cu Dispeceratul Central.

2.2.2.1 Dispecerate Zonale SCADA

Rolul principal al dispeceratelor Zonale SCADA este de monitorizare, control și comandă a echipamentelor electrice individuale, instalate la obiectivele de automatizare (puțuri, rezervoare, stații de pompare), și la punctele de automatizare locală din raza de responsabilitate, urmărind indicațiile de stare, parametrii principali și alarmele furnizate de sistemul SCADA:

- Prezența/absența alimentării cu energie electrică;
- Starea comunicațiilor;
- Starea pompelor (pornit, oprit, stand-by, defect)
- Parametrii electrici ai echipamentelor și instalațiilor;
- Debite, presiuni, volume de apă pompate, nivelul apei în rezervoare, nivelul hidrostatic/hidrodinamic;
- Concentrația de clor dizolvat în apă.

Dispeceratele Zonale SCADA preiau informațiile de la Dispeceratele Locale și le transmit către Dispeceratul Central.

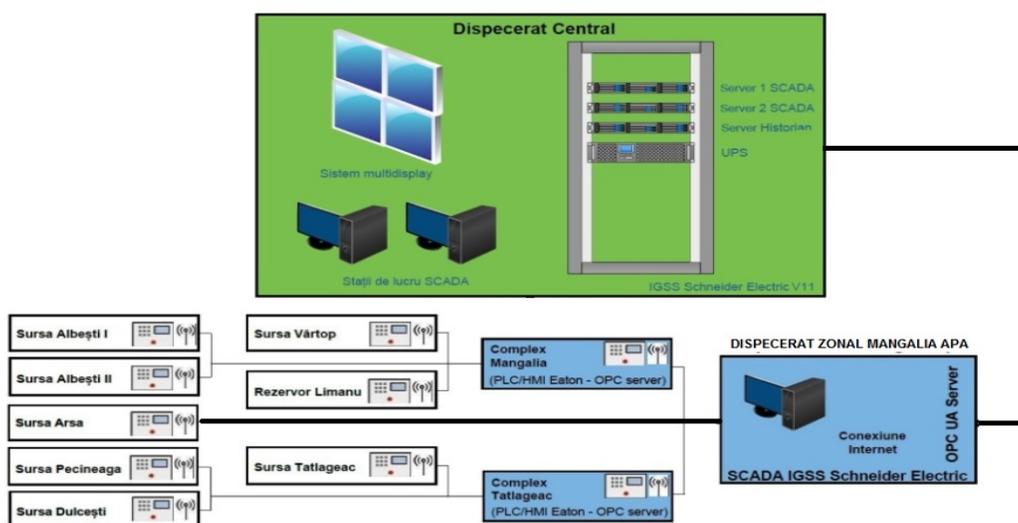


Figura 5. Flux informațional Dispecerat Zonal – Dispecerat Central SCADA

Dispeceratul Central SCADA este realizat în incinta sediului RAJA, din Constanța, și este echipat cu servere de date și prevăzut cu echipamente de comunicație, astfel încât să poată prelua și prelucra datele primite de la cele 9 sisteme SCADA din Dispeceratele Zonale:

- Dispecerat Zonal Constanța
- Dispecerat Zonal Eforie
- Dispecerat Zonal Ovidiu
- Dispecerat Zonal Mangalia
- Dispecerat Zonal Murfaltar
- Dispecerat Zonal Cernavodă
- Dispecerat Zonal Slobozia
- Dispecerat Zonal Buftea
- Dispecerat Zonal Predeal

În vederea preluării și monitorizării datelor de la toate locațiile tratate în prezentul proiect, precum și de la locațiile automatizate în cadrul altor proiecte, Dispeceratul Central va fi extins cu două servere redundante și două stații de lucru.

Dispeceratul Central va produce următoarele grafice și rapoarte:

- volum apă pompată la puțuri și stații de pompare;
- volum apă captată la sursele naturale;
- consum de energie electrică (la locațiile alimentate din rețea);
- numărul de porniri/pompă;
- ore de funcționare/pompă;
- nivele hidrostatice și hidrodinamice la puțuri;
- nivelul apei în rezervoarele de înmagazinare;
- volumul de apă distribuit în rețea din rezervoare;
- concentrația de clor rezidual dizolvat în apă (la stațiile de clorinare);
- presiunea pe conducta de refulare;
- parametrii electrici în funcționarea pompei;
- alarme și avarii în sistem.

Pentru toate aceste rapoarte va exista posibilitatea ca datele să fie analizate pe orice perioadă solicitată, atât pentru o singură locație, cât și pentru toate odată, în același timp (orar, zilnic, lunar, săptămânal sau oricare alt interval de timp).

Transmiterea Radio

Transmiterea datelor de la Dispeceratele Zonale la Dispeceratul Central RAJA se va realiza prin **radio**, utilizând rețeaua proprie.

Obiectivele de automatizare din teren vor fi dotate cu echipamente de comunicație radio, care vor transmite datele culese din teren, către stația de bază cea mai apropiată, prin intermediul unor antene unidirecționale, fiind cea mai sigură și rapidă modalitate de transmisie.

Rețeaua de comunicație de date va permite programarea de la distanță și rularea unui instrument de diagnosticare. Sistemul informatic va fi protejat contra accesului neautorizat.

- Parcul fotovoltaic va fi amplasat pe o suprafață de 61.552 mp.
- Puterea instalată va fi de 4,42 MW.
- Parcul va conține un număr de 13.824 panouri solare de dimensiune 320 W, cu celule monocristaline.
 - **Celulele solare monocristaline** asigură conversia luminii în energie electrică, atât din radiația incidentă cât și din fasciculul de lumină reflectată din spatele modulului, generând o cantitate suplimentară de energie, crescând astfel eficiența panoului până la 21%.
- Producția de energie electrică va fi de 6606,51 MWh/an.
- Panourile vor fi grupate în șiruri de câte 18 legate în serie.
- Toate cele 13.824 de panouri se vor conecta la 4 invertoare a câte 850 kW fiecare și un inverter de 900 kW.
- Invertoarele vor avea transformator ridicător integrat, inclusiv echipamente de comutație pentru conectarea la rețeaua de medie tensiune, 20kV, existentă în zonă.
- Valoarea de investiție a proiectului este de 7.367.320 euro.
- Veniturile realizate vor fi de 817.806 euro/an, din care: 583.802 euro din certificate verzi (3 CV/MWh) și 234.004 euro din energia electrică produsă (preț energie 35,42 euro/MWh, aplicat la energia electrică produsă de 6606,51 MWh).
- **Perioada de amortizare a investiției este de 7,6 ani.**

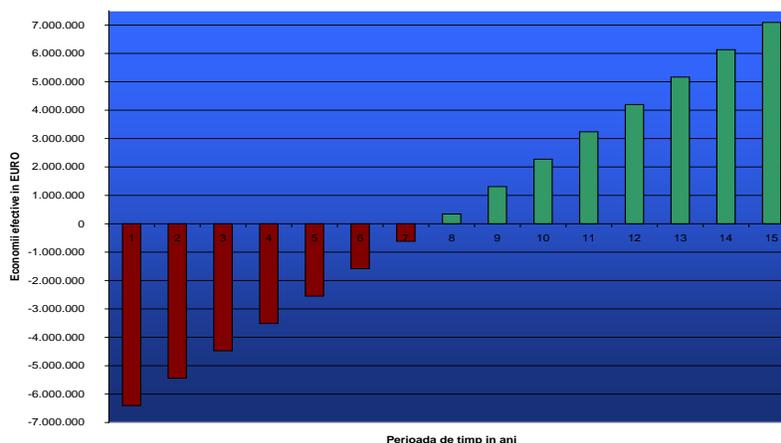


Figura 8. Amortizarea investiției

Avantajele parcului fotovoltaic Fetești

- Achiziționarea energiei electrice la un preț mai mic decât prețul pieței;
- Crearea unor locuri de muncă suplimentare pentru întreținerea și exploatarea parcului fotovoltaic;
- Cantitatea de energie produsă anual este mai mare decât cea produsă de panoul solar convențional, datorită celulelor solare monocristaline.

4. RECUPERAREA ENERGIEI REZIDUALE

4.1 Valorificarea energetică superioară a nămolului prin utilizarea procedului de hidroliză termică

Avantaje principale:

- Creșterea digestibilității nămolului în metantanc și reducerea duratei de fermentare anaerobă;
- Creșterea producției de biogaz și implicit a cantității de energie produse prin cogenerare;
- Reducerea cantității de nămol deshidratat rezultat.

4.1.1 Etapele procesului tehnologic:

Etapa I – omogenizarea nămolului

- ◆ Se amestecă toate tipurile de nămol și se obține un amestec omogen de nămol cu **16-18 % S.U.**

Etapa II – hidroliza termică

- a) omogenizare, **macerare** și preîncălzire până la **80°C** - în primul rezervor (pulper)
- b) hidroliza termică la **165 °C** și presiunea de **7 bar**, timp de **30 minute** – în al doilea rezervor (reactor);
- c) răcirea nămolului la **102 °C** și scăderea presiunii la valoarea **presiunii atmosferice** - în rezervorul al treilea (flash tank).

Etapa III – fermentare anaerobă mezofilă

- ◆ Nămolul hidrolizat este răcit la **37-40 °C** înainte de intrarea în digester unde are loc fermentarea anaerobă mezofilă cu producerea de biogaz.

Etapa IV – deshidratarea până la 35-40% SU și uscarea nămolului până la 90% SU.

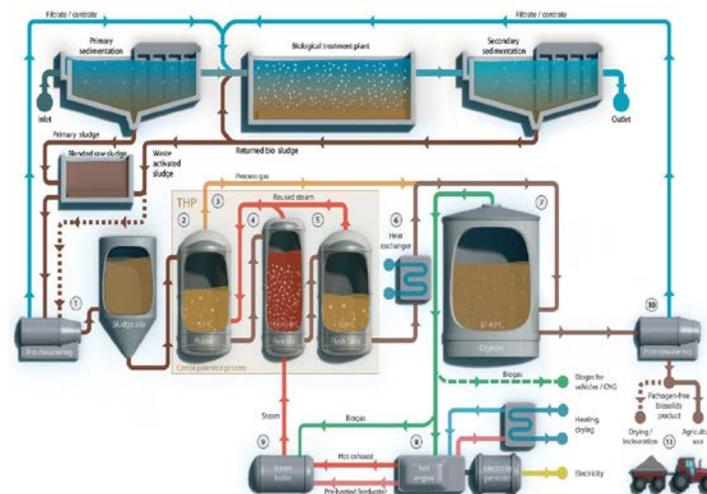


Figura 9. Schema tehnologică

4.1.2. Cogenerarea

În vederea valorificării potențialului energetic al nămolului, se propune instalarea unei unități de cogenerare care să transforme biogazul obținut în energie electrică și energie termică.

Prin realizarea cogenerării se asigură:

- **Independența instalației din punct de vedere al consumului de energie termică;**
- **Independența instalației din punct de vedere al consumului de energie electrică;**
- **Energie electrică suplimentară ce poate fi utilizată în cadrul Stației de epurare.**

4.2 Studiu de caz - SEAU Constanța Sud

Transportarea nămolului stabilizat de la stațiile de epurare Constanța Nord și Eforie Sud, la stația de epurare Constanța Sud și tratarea împreună cu nămolul acestei stații.

Tratarea amestecului de nămoluri (16-18% SU) constă în condiționare prin hidroliză termică, fermentarea anaerobă în metantancurile existente, deshidratarea nămolului rezultat și uscarea avansată a acestuia.

Tabel 3. Proveniența nămolului

Proveniență	Tip nămol	Cantitate medie (t/zi)	Substanță uscată (%)	Substanță organică (%)
SE Constanța Nord (tehnologie AAO)	nămol stabilizat aerob și deshidratat	30	25 %	55-62 %
SE Eforie Sud (tehnologie SBR)	nămol stabilizat aerob și deshidratat	10	25 %	40-43 %
SE Constanța Sud (tehnologie AO)	nămol primar + nămol exces (nestabilizat)	1333	1 %	47-56 %
		250	5 %	54-61 %

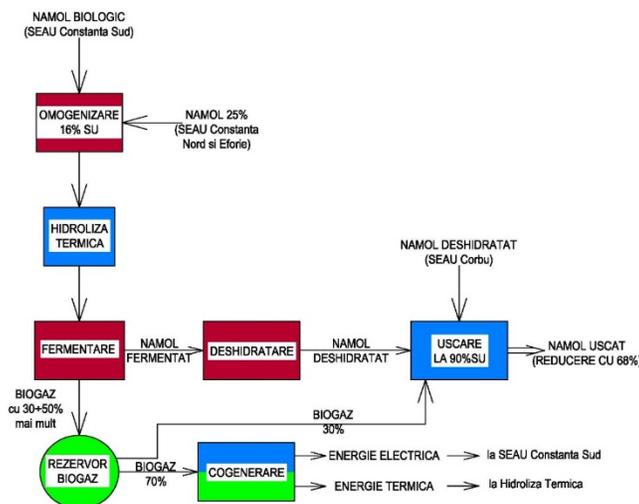


Figura 10. Etapele tehnologice

- Îmbunătățirea calității nămolului, în vederea utilizării/valorificării în agricultură - rezultă un îngrășământ biologic valoros, fără risc de contaminare microbiologică;
- Reducerea costurilor de operare pentru întreaga stație (costul energiei electrice, costuri pentru transport și depozitare a nămolului, taxe de mediu, etc.);

5. CONCLUZII

Ca urmare a celor prezentate, menționăm că la nivelul companiei se impun măsuri de continuare a investițiilor de eficientizare energetică, ce duc la o bună funcționare a întregului sistem de distribuție a apei potabile, la securitatea și protecția tuturor echipamentelor, precum și la reducerea consumului de energie electrică și a costurilor de operare.

Astfel prin implementarea proiectelor, se urmărește:

- Eliminarea tarifului specific de distribuție a energiei electrice de pe joasă tensiune;
- Automatizarea, monitorizarea, dispecerizarea și modernizarea sistemelor de alimentare cu apă dar și extinderea acestora;
- Achiziționarea energiei electrice la un preț mai mic decât prețul pieței, prin înlocuirea energiei produse în instalațiile termoelectrice cu energia electrică produsă din surse regenerabile;
- Producerea de energie electrică și termică prin cogenerare.

6. BIBLIOGRAFIE

- [1] “Studiu de fezabilitate - Modificarea soluțiilor tehnice de racordare la rețeaua de energie electrică a surselor de apă Cișmea A, Cișmea B, Cișmea C, Cișmea II, Basarabi.”;
- [2] S.C. *PET COMMUNICATIONS S.R.L.*, “Memoriu tehnic - Extindere SCADA pentru monitorizarea sistemelor de alimentare cu apă în cca 74 localități din aria de operare a S.C. RAJA S.A.”;
- [3] S.C. *ALLS GROUP SRL*, “Memoriu tehnic - Construire parc fotovoltaic în municipiul Fetești.”;
- [4] “Studiu de fezabilitate –Instalații de valorificare a nămolului provenit din stațiile de epurare.”.

VALORIFICAREA CĂLDURII EFLUENTULUI ȘI UTILIZAREA EI ÎNTR-O STAȚIE DE EPURARE MUNICIPALĂ

Ilie Vlaicu*, Ioan Neamț** and Eugen Brânzei***

* Compania AQUATIM Timișoara, str. Gheorghe Lazăr, nr. 11 A, Timișoara, România,
E-mail: ilie.vlaicu@aquatim.ro

** Compania AQUATIM Timișoara, str. Gheorghe Lazăr, nr. 11 A, Timișoara, România,
E-mail: ioan.neamt@aquatim.ro

*** Compania AQUATIM Timișoara, str. Gheorghe Lazăr, nr. 11 A, Timișoara, România,
E-mail: eugen.brinzei@aquatim.ro

Abstract

This paper presents certain aspects regarding the thermal dewatering of sewage sludge using a combined system of greenhouses and heat pumps, by recovering the solar energy and the heat of the effluent. Starting from the diagram of a classic system with the mechanical driven heat pump, this paper presents a flow diagram, with heat transfer from the cold source (the effluent of the wastewater treatment plant) to the warm source (the heating thermal agent), for the thermal dewatering of the sludge from Timișoara City Wastewater Treatment Plant.

The paper makes an analysis of the energy balance and it presents the results of the thermal dewatering tests, at the same time comparing the obtained experimental values with the design data.

Keywords

Effluent, recovery, heat pumps, thermal agent, dewatered sludge.

1. INTRODUCERE

Epurarea apelor uzate urbane este reglementată la nivel comunitar de Directiva Consiliului nr. 91/271/CEE, modificată de Directiva Comisiei nr. 98/15/CE. Aceasta Directivă este transpusă în România ca stat membru U.E., prin H.G. 188 din 28.02.2002, cu modificările și completările ulterioare [1].

În conformitate cu prevederile acestei hotărâri, având în vedere așezarea geografică în bazinul Dunării și a Mării Negre, și luând în considerare necesitatea protejării mediului înconjurător, România a declarat întregul său teritoriu ca zonă sensibilă. În acest context, pentru efluenții stațiilor de epurare care deservește aglomerări urbane cu mai mult de 10.000 locuitori echivalenți (l.e.), sunt necesare reduceri ale concentrațiilor de azot și fosfor, cu cel puțin 80% față de încărcarea influentului, aceste componente fiind considerate principalii poluatori ai emisarului [1].

Asigurarea acestor nivele de reducere a poluanților, presupune printre altele și consumuri energetice specifice ridicate. În acest context, operatorii din stațiile de epurare trebuie să identifice cele mai bune practici de tratare, valorificare și eliminare a apei uzate și a nămolului, pentru a preveni poluarea mediului și a asigura sustenabilitatea și eficiența proceselor de tratare. O alternativă de reducere a costurilor de operare, o reprezintă producerea de căldură și electricitate prin valorificarea surselor regenerabile de energie, cum ar fi apa uzată, nămolul, biogazul și energia solară, în interiorul stației de epurare.

Valorificarea căldurii din apele uzate urbane, menajere și industriale, cu ajutorul pompelor de căldură, a început să prezinte interes și în România, fiind considerată o soluție sustenabilă economic pe termen mediu și lung, oferind o alternativă durabilă la soluțiile clasice de încălzire, care utilizează combustibili convenționali, în special gazul metan.

Utilizarea pompelor de căldură pentru producerea de energie termică, prin valorificarea temperaturii efluentului, a fost aleasă ca soluție tehnică pentru deshidratarea termică a nămolului, la stația de epurare municipală din Timișoara, fiind în acest sens o premieră pentru România.

Scopul lucrării a fost acela de a face cunoscută specialiștilor din domeniu, posibilitatea valorificării energetice a apelor uzate epurate, înainte de deversarea în emisar, prin utilizarea pompelor de căldură de tip apă-apă.

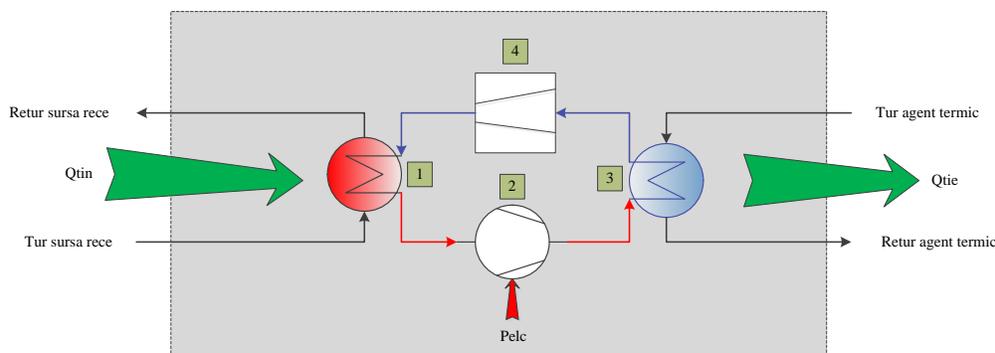
2. PRINCIPIUL DE FUNCȚIONARE A POMPELOR DE CĂLDURĂ CU COMPRESOR

Tehnologia care stă la baza funcționării unei pompe de căldură este similară cu cea a unui frigider, căldura fiind transferată de la locația cu temperatură mai scăzută/sursa rece, la locația cu temperatură mai ridicată/sursa caldă.

Schema de principiu [2] este prezentată în Figura 1.

Fluidul de lucru (agentul frigorific) este recirculat în interiorul unei instalații prin 4 componente de bază. În evaporator, fluidul de lucru este încălzit de sursa rece (apa epurată din efluent), transformându-se în vapori. Agentul frigorific vaporizat, este apoi comprimat în compresor, acest lucru determinând și creșterea temperaturii sale de lucru. Vaporii calzi intră în condensator, unde prin condensare cedează căldura, care este preluată de către sursa caldă (agentul termic). Agentul frigorific este apoi expandat în ventilul de expansiune, unde se reduce presiunea de lucru înainte de intrarea în vaporizator, astfel reluându-se un nou ciclu de lucru.

Piesa cea mai importantă (și cea mai scumpă) a unei astfel de instalații este compresorul, care poate fi acționat cu ajutorul unui motor electric sau a unui motor termic.



Legendă:

1 – vaporizator;

2 – compresor;

3 – condensator;

4 – ventil de expansiune.

Q_{in} – energia termică de intrare, preluată de la sursa rece;

Q_{te} – energia termică de ieșire, cedată către agentul termic;

P_{elc} – energia electrică consumată de compresor.

Figura 1. Schema bloc de principiu, pentru o pompă de căldură apă-apă, cu compresor

Cea mai importantă caracteristică a pompei de căldură este dată de coeficientul de performanță (COP) [2], [3], [4]. Valoarea teoretică a acestui coeficient reprezintă raportul între

energia termică rezultată în urma condensării agentului frigorific și energia electrică consumată de compresor.

Valoarea reală a COP este dată de diferența dintre temperaturile sursei reci, respectiv calde. Dacă se dorește o eficiență maximă a pompei de căldură, diferența dintre temperaturile celor două surse trebuie să fie redusă. Pentru realizarea acestei cerințe, trebuie folosite sisteme de încălzire cu temperaturi reduse ale agentului termic (30-40 °C), cum ar fi încălzirea în pardoseală, în pereți sau ventilatoare cu serpentină de încălzire a aerului.

3. CONSIDERAȚII TEHNICE PRIVIND UTILIZAREA POMPELOR DE CĂLDURĂ APĂ-APĂ

Aceste tipuri de pompe de căldură pot realiza cele mai mari valori ale COP, comparativ cu celelalte tipuri de pompe de căldură existente. Instalațiile de încălzire realizate cu acest tip de pompe de căldură, pot atinge cu ușurință un COP=5, și chiar îl pot depăși dacă sunt bine și corect proiectate.

Este esențial ca în calculele de proiectare, la stabilirea valorii COP a unei pompei de căldură, să fie clar menționate sursele, caldă și respectiv rece, precum și temperaturile lor, utilizând notații ca W10/W35, conform literaturii de specialitate [3], [4].

Pentru a stabili un COP cât mai realist, la calculul de bilanț energetic trebuie să se ia în considerare toate consumurile de energie auxiliare sistemului de încălzire, cum ar fi cel al pompelor de extracție, recirculare, transfer, etc.

Sistemul de captare cu pompă de căldură apă-apă, este numit în literatura de specialitate, în „bucă deschisă”, și poate furniza puteri semnificative, atingând valori de mii de kW pe o singură unitate sau pe un ansamblu de unități de puteri mai mici [2], [4].

Cerințe care trebuie îndeplinite pentru sistemele cu pompe de căldură apă-apă, conform cu datele din literatura de specialitate [4]:

- Viteza apei în circuitul vaporizator $\leq 0,8$ m/s;
- Temperatura sursei reci > 8 °C;
- Apa sursei reci, trebuie să îndeplinească practic cerințele de calitate a apei potabile;
- Fiecare kW termic instalat, necesită un debit de apă al sursei reci de minim 160 l/h, ceea ce înseamnă că în punctul de extracție trebuie asigurat un debit minim de 0,16 mc/h.

Avantaje [2]:

- Transferul căldurii necesare pentru diferite aplicații specifice, de la sursa rece la sursa caldă, se face în condiții de înaltă eficiență energetică;
- Consumul redus de energie electrică, raportat la producția de energie termică;

Dezavantaje [3]:

- Pentru extragerea căldurii este necesară o sursă de energie electrică;
- Costurile de investiție cu echipamentele necesare.

4. STUDIU DE CAZ - UTILIZAREA POMPELOR DE CĂLDURĂ APĂ-APĂ, PENTRU DESHIDRATAREA TERMICĂ A NĂMOLULUI ÎN SERE, LA STAȚIA DE EPURARE MUNICIPALĂ DIN TIMIȘOARA

Stația de epurare din Timișoara a fost construită în anul 1912, având astăzi peste 100 de ani de operare. Finanțată prin programul european ISPA, în valoare de aproximativ 30 milioane de euro, din care grant ISPA de peste 70%, reabilitarea și modernizarea stației a fost finalizată în iulie

2011. Investițiile au inclus și construcția unei etape de deshidratare mecanică a nămolului, până la 20% substanță uscată (S.U.), conform cu datele de proiectare.

La momentul demarării proiectului de modernizare nu era implementată o strategie națională pentru gestionarea nămolului, iar după aderarea României la UE, a apărut o nouă legislație în ceea ce privește condițiile de eliminare/acceptare a nămolului la depozite ecologice. A apărut astfel necesitatea construirii unei noi etape de deshidratare suplimentară a nămolului, de la 20% la 35% substanță uscată (S.U.), în conformitate cu prevederile O.M. 757 din 26.11.2004, cu modificările și completările ulterioare [5].

În alegerea soluției tehnice de deshidratare s-a ținut cont de strategia națională privind valorificarea surselor regenerabile de energie și creșterea eficienței energetice, în contextul unei dezvoltări durabile a proceselor de tratare pentru apa potabilă și apa uzată.

Prin programul de finanțare POS – MEDIU 2007-2014, în anul 2012 a fost începută construcția unei noi etape de deshidratare a nămolului în sere, în sistem combinat cu energie solară și pompe de căldură, energia produsă din surse regenerabile fiind disponibilă astfel, pe tot parcursul anului.

4.1. Descrierea procesului de deshidratare și a fluxurilor de căldură

Deshidratarea termică a nămolului se face în interiorul serelor, cu ajutorul căldurii furnizate de către un sistem dual de încălzire, cu pompe de căldură și energie solară. În perioada rece a anului (în zilele fără radiație solară, sau când aceasta este insuficientă), când temperatura exterioară scade sub 15 °C, este necesar un aport extern de căldură, aceasta fiind recuperată din efluent cu ajutorul pompelor de căldură. În sezonul cald este utilizată doar energia solară.

Din considerente de ordin tehnic și de exploatare, au fost prevăzute pentru recuperarea căldurii din efluentul stației de epurare 5 pompe de căldură (PDC). Pentru deshidratarea nămolului s-au prevăzut un număr de 10 sere și 10 centrale de tratare a aerului (C.T.A.), 5 pentru încălzire și 5 pentru răcire, un C.T.A. asigurând încălzirea/răcirea aerului pentru 2 sere simultan.

Pe timpul iernii, în lipsa radiației solare, deshidratarea nămolului se face cu ajutorul unui sistem de încălzire tubular, montat în pardoseală și în partea inferioară a pereților laterali (aticuri). Agentul termic utilizat este etilen-glicolul, care preia căldura din circuitul de condensare al pompelor de căldură. Evaporarea apei din nămol se face cu ajutorul unui sistem de ventilație cu aer cald, care preia căldura de la agentul termic prin schimbătoarele de căldură ale centralelor de încălzire a aerului. Dezumidificarea aerului evacuat din sere se face prin schimbătoarele de căldură ale centralelor de răcire a aerului, folosind drept agent de răcire apa din circuitul de vaporizare al PDC-urilor. În interiorul fiecărei sere, nămolul este întors și transportat de la un capăt la altul al serei, din zona de alimentare (intrare) spre zona de evacuare (ieșire), cu ajutorul unui sistem similar cu un pod rulant.

Schema bloc a fluxurilor de transfer de căldură, pentru etapa de deshidratare termică a nămolului, la stația de epurare municipală din Timișoara, este prezentată în Figura 2.

Pentru valorificarea căldurii efluentului, a cărui temperatură medie multianuală este mai mare de 10 °C, din canalul de deversare către emisar, este extras un debit de apă epurată, corespunzător pentru a asigura necesarul termic al pompelor de căldură. Apa epurată, filtrată în punctul de extracție, este circulată cu ajutorul unei pompe centrifuge cu turație variabilă, printr-o baterie de 10 schimbătoare de căldură în plăci, confecționate din oțel. Aceste schimbătoare de căldură intermediare au fost prevăzute de proiectant, cu scopul de a proteja schimbătoarele pompelor de căldură și a preveni astfel posibilele avarii, în special înfundări, datorate faptului că efluentul nu este suficient de curat. În aceste schimbătoare, efluentul (agentul cald) transferă

căldura agentului rece (apă tratată/tehnologică). Acesta este recirculat în circuitul vaporizatoarelor pompelor de căldură, cu ajutorul a 5 pompe de circulație centrifuge, monoetajate, cu turație variabilă, existând câte o pompă de circulație pentru fiecare pompă de căldură.

Pentru a respecta cerința de temperatură impusă de literatura de specialitate ($> 8\text{ }^{\circ}\text{C}$), pentru sursa rece a pompei de căldură, apa răcită din circuitul vaporizatoarelor, până la $4,6\text{ }^{\circ}\text{C}$, este circulată spre centralele de răcire a aerului umed evacuat din sere, după vaporizarea apei din nămol. După preluarea căldurii de condensare, în urma dezumidificării aerului, apa preîncălzită este recirculată prin schimbătoarele de căldură intermediare, unde prin preluarea căldurii din efluent, este încălzită în continuare până la $9,5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Fluidul vehiculat în circuitul condensatoarelor celor 5 pompe de căldură, (agentul termic) este etilenglicol, cu o concentrație de 35%. Circulația agentului termic între pompele de căldură și distribuitorul instalațiilor de termovenilație, se face cu ajutorul centrifuge monoetajate, cu turație constantă. Temperatura agentului termic la intrarea/ieșirea în/din distribuitor/colectorul instalațiilor de termovenilație, este $45/40\text{ }^{\circ}\text{C}$.

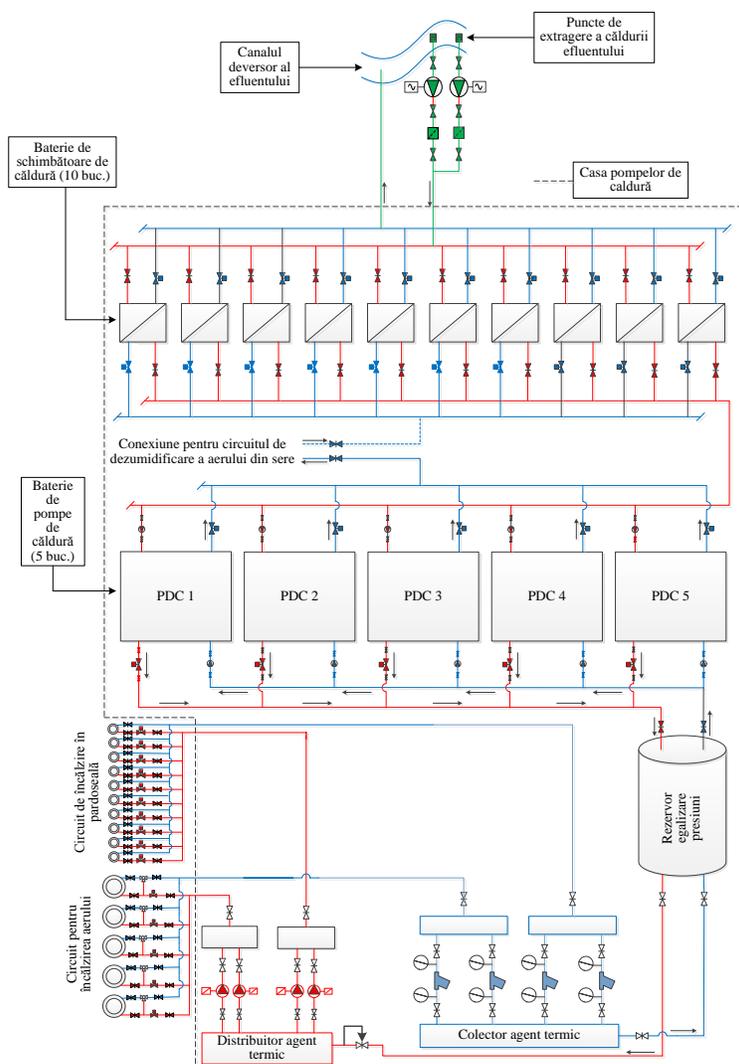


Figura 2. Schema bloc privind valorificarea căldurii efluentului cu ajutorul pompelor de căldură, la stația de epurare din Timișoara

5. BILANȚUL ENERGETIC AL INSTALAȚIILOR DE DESHIDRATARE TERMICĂ CU POMPE DE CĂLDURĂ

Avantajul deshidratării termice a nămolului cu ajutorul pompelor de căldură, constă în faptul că nu este necesară o sursă de energie termică, singurul consum este acela de energie electrică, al instalațiilor de pe fluxul de transfer al energiei termice preluată din efluent.

Consumurile energetice anuale și cantitatea de apă evaporată în urma deshidratării termice a nămolului în sere, sunt prezentate în tabelul 1.

Valorile privind consumurile de energie electrică pentru instalațiile de pe fluxul de deshidratare termică a nămolului, sunt valori estimate conform datelor de proiectare la capacitatea nominală. Cantitatea estimată de nămol supus deshidratării termice în sere este egală cu cea rezultată din procesul de deshidratare mecanică, ambele considerate la capacitatea nominală de funcționare.

Costurile aferente consumurilor de energie pentru deshidratarea termică în sere, comparativ cu deshidratarea în uscătoarele cu bandă (cele mai utilizate pentru uscarea termică a nămolului) sunt prezentate în tabelul 2.

Pentru factorul de consum termic, respectiv electric, tarifele luate în calculul costurilor energetice, sunt cele practicate de furnizorii cu care compania AQUATIM are contract. Pentru factorii de consum termic, respectiv electric, în cazul uscătoarelor de nămol cu bandă, datele au fost luate din literatura de specialitate [6].

Se poate observa din analiza costurilor că, sistemul de deshidratare termică/uscarea a nămolului în sere, combinat cu recuperarea căldurii din efluent cu ajutorul pompelor de căldură, este mai avantajos din punct de vedere economic.

6. TESTE CU USCAREA NĂMOLULUI EFECTUATE ÎN SERELE DE LA TIMIȘOARA, VALORI DETERMINATE ȘI INTERPRETAREA REZULTATELOR

În tabelul 3, sunt prezentate valori ale principalilor parametri ai procesului de uscare în sere, rezultate în urma efectuării testelor/probelor de funcționare a instalațiilor cu pompe de căldură.

Testele au fost efectuate în perioada 29 februarie - 7 aprilie 2016, pe o baterie de 2 sere, ținând cont de faptul că sunt prevăzute 1 pompă de căldură și 1 centrală de tratare a aerului, pentru fiecare grup de 2 sere.

Pentru a se verifica capacitatea de uscare a instalațiilor, media cantităților de nămol introduse zilnic în fiecare seră a fost sensibil egală cu cantitatea de nămol prevăzută din calculele de proiectare.

Din analizele graficelor referitoare la umiditatea nămolului înainte și după uscare, conform cu figurile 3 și 4, se observă că, deși umiditatea nămolului la intrarea în seră este mai mare decât cea prevăzută în proiect, la ieșire, umiditatea nămolului uscat este mai mică decât cea prevăzută în datele de proiectare.

Explicația constă în faptul că, transferul de căldură se face eficient pe fiecare etapă de proces în parte și performanța energetică a echipamentelor, în special a pompelor de căldură, este mai mare decât cea estimată în calculul de bilanț termic.

Tabel 1. Consumuri lunare de energie electrică a instalațiilor de pe fluxul de deshidratare termică cu PDC și solar, și cantități de apă evaporate, conform cu datele de proiectare

Luna	Ian	Feb	Mar	Apr	Mai	Iun	Iul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	TOTAL AN
Nr. zile/luna	31	28.25	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	
Nr de mediu de ore/zi, fără radiație solară	15	14	12	10	10	10	10	10	12	14	14	16	
Nr de mediu de ore/zi, cu radiație solară	9	10	12	14	14	14	14	14	12	10	10	8	
Consum orar de energie electrică a instalațiilor de deshidratare în orele fără radiație solară [kWh]	1407	1366	1274	1149	282	281	282	283	1123	1157	1278	1386	
Consum orar de energie electrică a instalațiilor de deshidratare în orele cu radiație solară [kWh]	1156	984	797	665	282	281	282	283	666	775	896	1003	
Consum lunar de energie electrică, a instalațiilor de uscare cu PDC și solar [MWh]	976.78	818.23	770.41	624.00	209.81	202.32	209.81	210.55	644.04	742.39	805.56	936.20	7,150
Cantitate lunară de nămol introdus în sere [to]	4154	3752	4154	4020	4154	4020	4154	4154	4020	4154	4020	4154	48910
Cantitatea lunară de nămol evacuat din sere [to]	2365	2103	2086	1730	2120	1893	1948	2187	1806	2220	2289	2365	25112
Cantitate lunară de apă evaporată [to]	1,789	1,649	2,068	2,290	2,034	2,127	2,206	1,967	2,214	1,934	1,731	1,789	23798

Tabel 2. Estimarea reducerii costurilor cu energia, la deshidratarea nămolului cu PDC și solar în sere, raportat la uscătoarele cu bandă

Consum lunar de energie electrică, a instalațiilor de uscare cu PDC și solar (cf. cu datele de proiectare) [MWh]	7,150
Cantitate lunară de apă evaporată (cf. cu datele de proiectare) [to]	23,798
Factorul de consum electric al procesului de deshidratare, cu PDC și solar [MWh/to apă evap.]	0.30
Factorul de consum termic al uscătoarelor cu bandă (cf. literaturii de specialitate) [MWh/to apă evap.]	0.85
Factorul de consum electric al uscătoarelor cu bandă (cf. literaturii de specialitate) [MWh/to apă evap.]	0.06
Tarif energie electrică la stația de epurare Timișoara [EURO/kWh]	0.1
Tarif energie termică (pentru gaz metan) la stația de epurare Timișoara [EURO/kWh]	0.04
Cost specific pentru deshidratarea nămolului cu PDC și solar în sere [EURO/to apă evap.]	30
Cost specific pentru uscarea nămolului în uscătoarele cu bandă [EURO/to apă evap.]	40
Cost anual cu energia consumată pentru deshidratarea nămolului cu PDC și solar în sere [EURO/an]	715,010
Cost anual cu energia consumată pentru uscarea nămolului în uscătoarele cu bandă [EURO/an]	951,920
Reducerea anuală a costurilor energetice, la deshidratarea nămolului în sere, comparativ cu uscătoarele cu bandă [EURO/an]	236,910
Reducerea anuală a costurilor energetice, la deshidratarea nămolului în sere, comparativ cu uscătoarele cu bandă [%]	25

Tabel 3. Valori ale umidității nămolului măsurate în timpul testelor de deshidratare termică, în serele de la SE Timișoara

Ziua	Curenta	Cantitate de nămol introdusă [to]	Conținut S.U. la intrare [%]	Umiditatea nămolului la intrare [%]	Conținut S.U. la ieșire [%]	Umiditatea nămolului la resire [%}	Gradul de reducere a masei de nămol [%]	Cantitatea de apă de evaporată [to]	Temperatura exterioară [°C]		Temperatura interioară sera [°C]		Temperatura efluent [°C]		Temperatura agent termic [°C]		Temperatura agent rece [°C]			
									Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Tur	Retur	Tur	Retur
29 feb. - 06 apr. 2016	1	19.05	15.97	84.03						9	18	20	23	12	16	32	28	6	9	
	2	18.06	16.59	83.41						9	14	18	25	14	17	34	31	9	12	
	3	18.2	15.72	84.28						2	11	18	28	12	14	34	30	4	10	
	4	16.37	16.28	83.72						6	16	18	24	10	14	34	30	6	9	
	5	20.01	16.23	83.77						7	9	16	18	9	12	30	26	6	9	
	8	16.97	16.53	83.47	49.83	50.17	3.12	12.94		10	14	15	17	13	14	37	34	8	12	
	9	20.28	16.51	83.49	51.21	48.79	3.09	12.21		8	16	25	34	12	12	45	41	7	11	
	10	19.11	16.93	83.07	39.15	60.85	2.49	10.89		5	18	13	25	10	14	44	39	5	8	
	11	18.18	16.97	83.03	37.34	62.66	2.29	9.23		10	16	16	22	12	13	37	32	6	9	
	12	18	17.49	82.51	34.81	65.19	2.14	10.68		10	15	21	23	10	12	43	39	5	8	
	15	18.67	18.11	81.89	36.43	63.57	2.20	9.27								43	39	5	8	
	16	13.67	18.99	81.01	35.09	64.91	2.13	10.74												
	17	12.59	19.43	80.57	28.75	71.25	1.70	7.86		8	16	15	24	14	16	37	33	4	8	
	18	13.4	17.81	82.19	35.73	64.27	2.11	9.55		10	16	16	27	14	15	40	36	4	8	
	19	16.9	16.85	83.15	32.47	67.53	1.86	8.30		4	16	15	28	12	13	44	40	7	12	
	22	20.14	17.61	82.39	28.06	71.94	1.55	6.62		6	17	17	29	14	14	45	39	5	10	
	23	17.16	17.69	82.31	35.6	64.4	1.87	6.38		10	14	19	27	14	14	45	40	6	10	
	24	21.43	17.84	82.16	36.9	63.1	1.90	5.96		6	9	18	19	14	14	36	32	6	9	
	25	21.42	20.4	79.6	41.5	58.5	2.33	7.65		5	11	8	19	10	11	36	32	6	9	
	26	24.87	18.91	81.09	36.1	63.9	2.14	9.01		0	10	15	28	10	11	36	32	7	10	
	29	23.1	20.55	79.45	31.53	68.47	1.79	8.89		6	17	17	27	14	14	45	40	7	11	
	30	25.43	18.14	81.86	31.19	68.81	1.76	7.43		9	22	19	33	14	16	40	35	5	9	
	31				48.1	51.9	2.70	13.48		10	22	21	33	16	16	46	42	5	9	
	32				47.5	52.5	2.33	12.22		10	21	16	32	14	15	44	40	7	11	
	33				48.81	51.19	2.58	15.23		12	26	18	34	14	16	46	42	7	12	
	36				39.93	60.07	1.94	11.21		12	29	18	36	14	16	46	42	6	11	
	37				36.92	63.08	2.04	12.94		16	29	19	36	14	16	46	42	6	11	
	Valori medii experimentale		18.77	17.62	82.38	38.32	61.68	2.18	9.94	8.00	16.88	17.24	26.84	12.64	14.20	40.19	36.00	5.96	9.81	
	Valori medii cf cu datele de protectare		18.8	20	80	35	65	1.75	8.06											

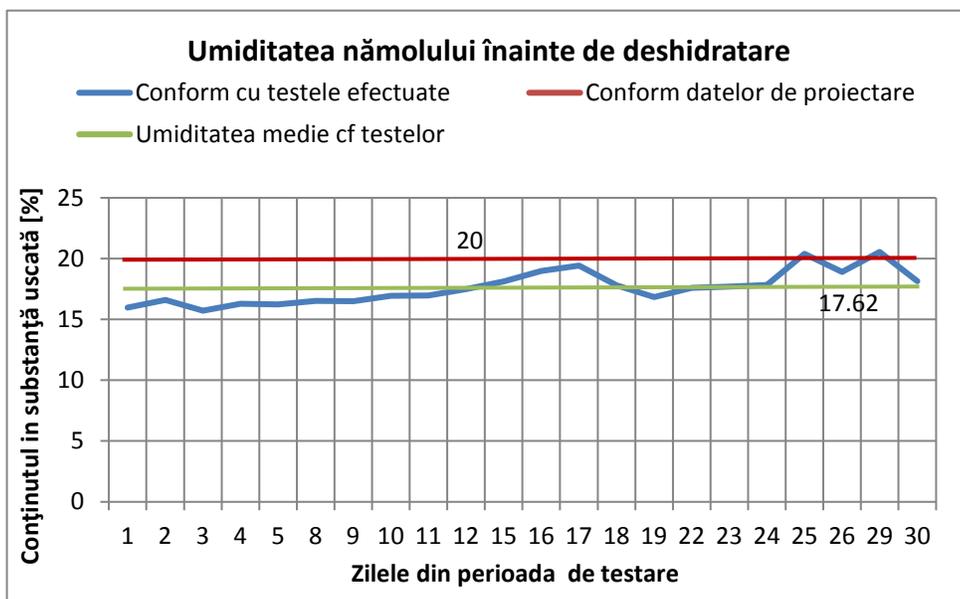


Figura 3. Umiditatea nămolului înainte de uscare în sere

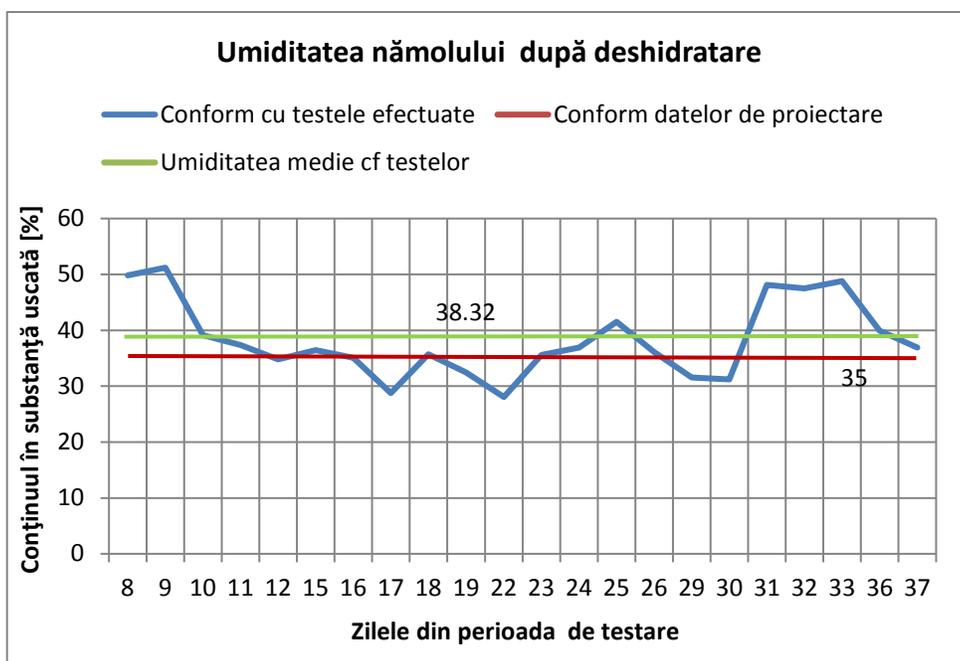


Figura 4. Umiditatea nămolului după uscare în sere

7. CONCLUZII

1. Căldura conținută în efluentul unei stații de epurare reprezintă o sursă regenerabilă de energie, care poate fi eficient valorificată, în special în perioada rece a anului, cu ajutorul pompelor de căldură.

2. Pompele de căldură oferă avantajul obținerii unor cantități mari de energie termică, cu un consum redus de energie electrică. Eficiența energetică pentru sistemele de încălzire prevăzute cu

pompe de căldură se măsoară prin coeficientul de performanță energetică (COP), care în cazul aplicației descrise în lucrarea de față, depășește valoarea de 4,5, luată în calculul de proiectare.

3. Soluția de deshidratare termică a nămolului în sere, utilizând un sistem combinat cu pompe de căldură și energie solară, are o eficiență energetică superioară, comparativ cu alte tipuri de uscătoare clasice a nămolului, cum ar fi uscătoarele cu bandă.

4. Avantajul combinării celor două metode de uscare termică, constă în faptul că 6-8 luni pe an, deshidratarea termică a nămolului este asigurată doar de căldura solară, eventual un aport energetic redus al pompelor de căldură în zilele fără radiație termică.

8. BIBLIOGRAFIE

[1] *Guvernul României*, Hotărârea de Guvern nr. 188/28.02.2002 pentru aprobarea unor norme privind condițiile de descărcare în mediul acvatic a apelor uzate, cu modificările și completările ulterioare;

[2] *European Commission Joint Research Centre, Institute for Energy and Transport*, Best available technologies for the heat and cooling market in the European Union, Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2012 (<http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC72656/eur%2025407%20en%20-%20heat%20and%20cooling%20final%20report-%20online.pdf>);

[3] <https://www.solartec.ro/mod-de-functionare-pompe-de-caldura>, accesat în Feb. 2017;

[4] <http://www.el-mont.ro/resources/PrincipiiDeFunctionare.pdf>, accesat în Feb. 2017;

[5] *Ministerul Mediului și Gospodăririi Apelor*, Ordin nr. 757 din 26 noiembrie 2004, actualizat, pentru aprobarea Normativului tehnic privind depozitarea deșeurilor, , Monitorul Oficial nr. 86 din 26 ianuarie 2005;

[6] <http://www.huber.de/huber-report/ablage-berichte/sludge-treatment/sludge2energy-a-way-to-energy-autarkic-operation-of-sewage-treatment-plants.html>, accesat în Mar. 2017.

ECONOMISIREA ENERGIEI ELECTRICE ÎN TRATAREA APELOR UZATE PRIN SOLUȚII DE AERARE ȘI AMESTECARE DE ULTIMĂ GENERAȚIE

Iulia Mihai* and Marius Pavel**

* M.Eng., Cefain Construct SRL, B-dul Lacul Tei nr. 1-3, sector 2, Bucuresti, România (E-mail: *office@cefain.ro*), România, E-mail: *iulia.mihai@cefain.ro*

** Eng., Cefain Construct SRL, B-dul Lacul Tei nr. 1-3, sector 2, Bucuresti, România (E-mail: *office@cefain.ro*), România, E-mail: *marius.pavel@cefain.ro*

Abstract

By combining the features of Sanitaire aeration with Flygt mixers, Xylem offers an advanced wastewater treatment solution to help operators around the world to achieve their required effluent, while delivering optimal performance, reliable operations and substantial energy savings no matter what industry or application. The continuous development of innovation make the processes and equipment more energy efficient, more reliable, more water efficient, and easier to operate.

Keywords

Energy savings, aeration, “banana” mixer, efficiency.

1. INTRODUCERE

Este cunoscut ca sistemele de aerare influenteaza 25-60 % din totalul energiei consumate intr-o statie de epurare ape uzate. Prin eficientizarea procesului biologic in epurare, se obtine reducerea consumului de energie si a costurilor de operare. Economii importante se pot atinge combinand mixere de ultima tehnologie cu sisteme de aerare eficiente energetic.

2. TEORIA AMESTECĂRII

In mod ideal, performanta amestecarii ar trebui evaluata in functie de obiectivul principal al amestecarii, de obicei obtinerea rezultatelor procesului si nu amestecarea in sine. Acest lucru este dificil, deoarece procesul depinde si de alti factori. In practica, amestecarea este evaluata pe baza parametrilor de amestecare de baza, cum ar fi viteza volumului total, omogenizarea, depunerea de sedimente sau timpul de retentie. Cel mai adesea rezultatele amestecarii sunt evaluate in functie de viteza debitului total sau omogenitatea suspensiilor. In acelasi mod, garantiile de amestecare sunt conferite in aceleasi conditii.

Aplicatiile amestecarii necesita diverse grade de turbulenta la scara redusa si volum total. Eficienta in amestecare este obtinuta in conditii de debit total, unde intregul volum din bazin este in miscare si, de aceea, este parte din procesul de amestecare. Majoritatea aplicatiilor de amestecare genereaza turbulenta mare si rezistenta volumului total dicteaza eficienta amestecarii.

Amestecarea se poate diviza in cel putin cinci scopuri: prevenirea depunerii suspensiilor solide, amestecarea, circulatia, destratificarea si dispersia.

1. Prevenirea sedimentarii - necesita o combinatie de forta de forfecare la partea inferioara, pentru a disloca suspensiile de pe radier si viteza volumului total, pentru o distributie omogena a particulelor suspendate. Suspensia include, de asemenea, functia de a trage in jos de la suprafata solidele cu densitate mai mica decat a lichidului.
2. Amestecarea - mixarea lichidelor miscibile.
3. Circulatia - transport de materie sau caldura

4. Destratificarea - Previne separarea lichidelor cu densitati diferite
5. Dispersia - Maximizeaza contactul dintre doua sau mai multe faze imiscibile.

Pentru dimensionarea mixerului se calculeaza forta de impingere necesara pentru mixare Freq (N), datele de intrare necesare fiind: geometria tancului, reologia lichidului si scopul amestecarii. Scopul amestecarii se poate traduce in criterii cantitative de mixare, utilizate pentru calcularea fortei necesare a mixerului.

Fora unui mixer depinde de forma, marimea si viteza elicei, precum si de densitatea si viscozitatea lichidului amestecat.

Un mixer eficient, exploatat la turatie gresita, reprezinta energie irosita si ineficienta procesului de epurare.

3. SISTEMUL DE AERARE SANITAIRE

SANITAIRE este considerat un lider in procesul de aerare, acesta fiind un proces prin care se introduce aer intr-un lichid, oferind un mediu favorabil pentru degradarea materiei organice. Porii fini din difuzoarele de aer sunt foarte competitivi, deoarece au un transfer mare de oxigen si un consum redus de energie.

- In mod constant in curs de dezvoltare;
- Mii de instalari;
- Produse verificate;
- Marca de calitate;
- Peste cinci decenii de experienta;
- Gama larga de aplicatii;
- Experienta in intreaga lume.

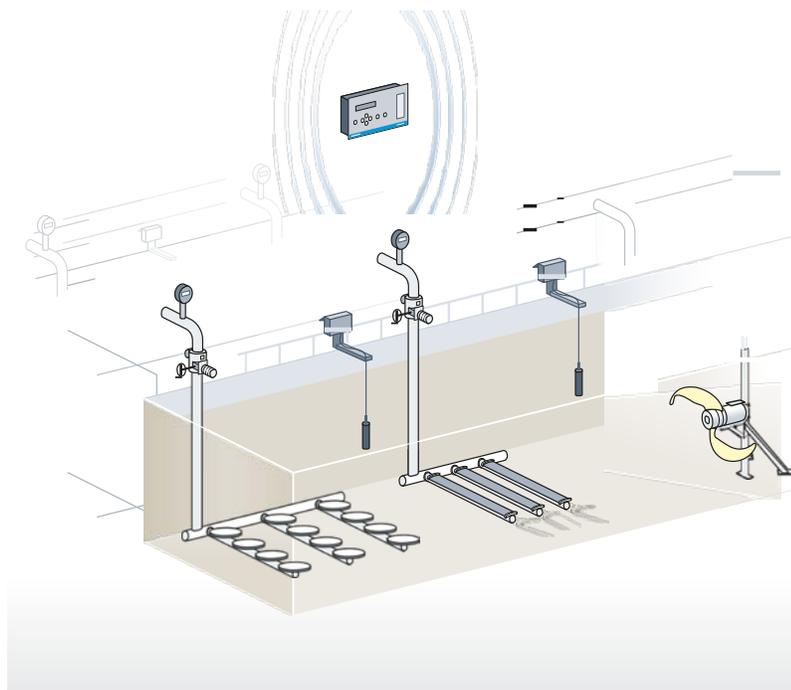


Figura 1. Echipamente de aerare si mixare combinate

4. MIXERELE FLYGT 4320 - SE ADAPTEAZĂ PENTRU ASTĂZI, SE ADAPTEAZĂ PENTRU MÂINE, SE ADAPTEAZĂ PENTRU EFICIENȚĂ

Flygt, lider in mixarea apelor uzate municipale, a reusit sa dezvolte un mixer care ofera eficienta optima si simplitate in operare. Designul revolutionar al mixerului Flygt 4320 imбина un mixer de inalta eficienta cu eficienta unui motor de ultima generatie, avand un convertizor de frecventa integrat. Rezultatul este un mixer submersibil care permite o mixare performanta, simpla si cu posibilitatea ajustarii, obtinandu-se economii de energie fara egal.

Reducerea consumului de energie este facilitata de ajustabilitatea mixerului - dupa instalare, forța de impingere sau viteza mixerului pot fi modificate pentru a răspunde la condițiile specifice ale locatiei; acest lucru poate reduce dramatic consumul de energie. De asemenea, asigura o mixare eficienta pe termen lung, intrucat viteza motorului poate fi modificata, atunci cand cerinta de mixare creste sau scade. Fiecare componenta este proiectata in cadrul companiei - de la elice și etanșări, la motoare și reductoare - astfel încât clienții pot fi siguri de calitatea și fiabilitatea Flygt.

Proiectat pentru aplicatii in tratarea apelor uzate, precum tratarea cu namol activ, bazine de stocare sau fermentare a namolului si pentru aplicatii de biogaz, prevenirea inghetarii si oxigenarea lacurilor si porturilor, mixerele Flygt 4320 pot fi usor adaptate pentru satisfacerea cerintelor in cazul modificarilor de proces sau conditii de incarcare. Combinand un mixer cu eficienta ridicata, cu un convertizor cu frecventa variabila (VFD), Flygt 4320 poate face posibila o minimizare a costurilor de mentenanta si de mixare.

Adaptat pentru optimizare

Flygt 4320 este usor de ajustat, astfel incat sa indeplineasca toate obiectivele tratarii cu un consum minim de energie.

Modificarile de process pot schimba cerintele fortei de impingere cu 50% sau chiar mai mult:

- Schimbarea tipului de gratar la intrare;
- Schimbarea volumului mediu;
- Ajustarea sistemului de aerare sau trecerea la alt sistem de aerare;
- Ajustarea nivelului MLSS;
- Adaugarea, eliminarea sau inchiderea si deschiderea anumitor zone, de exemplu zonele anoxice, anaerobe sau aerobe.

Cu Flygt 4320 este facila modificarea vitezei de mixare pentru indeplinirea noilor cerinte de proces. Permite utilizatorului controlul si optimizarea tratarii, pentru respectarea standardelor de epurare, fara a sacrifica eficienta energetica.

Ajustare pentru costuri reduse de exploatare și recuperare rapidă a investiției

- Economia de energie poate recupera investitia in cativa ani, datorită eficienței ridicate și forței de impingere ușor de ajustat, scăderii consumului de energie la nivelul minim necesar pentru îndeplinirea obiectivelor de proces.
- Instalarea este simplificata, fara VFD extern, scurtand durata de executie, cu pornire mai rapida si costuri mai mici de constructive.

- Pornirile soft-start si opririle reduc uzura componentelor mecanice si electrice, extinzand durata de viata si reducand costurile de mentenanta.
- Ajustand forta de impingere pentru cerintele actuale, se reduce stresul asupra mixerului in perioadele de putere redusa, pentru o durata de viata mai mare si reducere a mentenantei.
- Usor de manevrat, instalat, mentinut si controlat- simplitate prin proiectare.

Eficienta motorului mixerului Flygt 4320 este echivalenta cu nivelul IE4 (Super Premium Efficiency), iar integrarea VFD permite o instalare mai rapida si un cost mai redus. Designul elicei galbene “banana” ofera eficienta hidraulica si asigura o operare fara colmatare. Elicea este eficienta in producerea unei forte de impingere maxime cu consum minim de energie. Este, de asemenea, foarte rezistenta la imbatranire si robusta, asigurand o amestecare economica si fara probleme.

5. PROIECTARE PENTRU EFICIENȚĂ ENERGETICĂ

Exista anumite etape importante pentru obtinerea unui design eficient energetic, cu optimizarea cheltuielilor de investitii si de operare ale unei statii de epurare a apelor uzate:

a. Selectarea corecta a tehnologiei de aerare

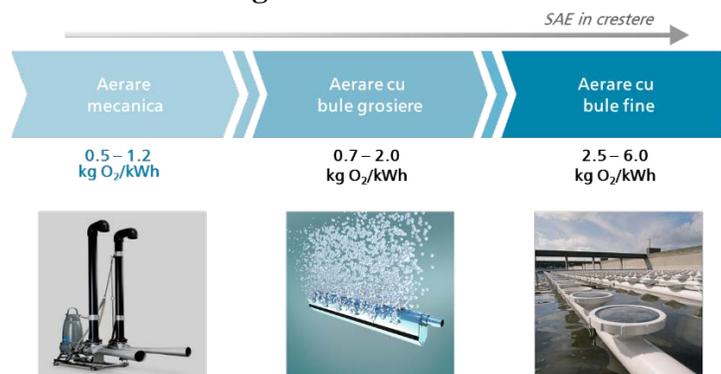


Figura 2. Diferite tehnologii de aerare

b. Proiectarea sistemului de aerare

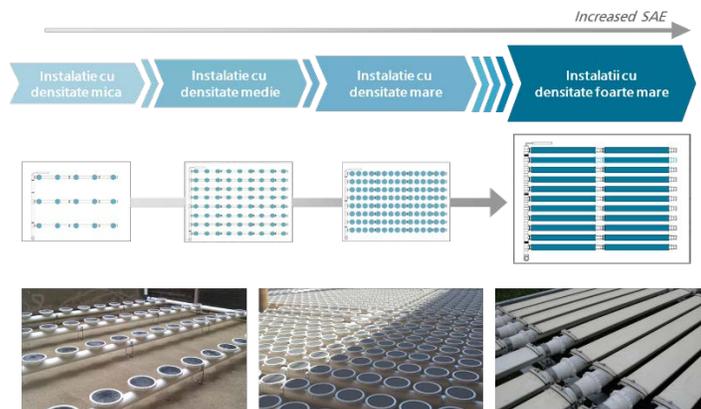


Figura 3. Densitate grid de aerare

Tabelul 1 de mai jos prezinta date principale referitoare la SOTE, debit de aer necesar, consum de energie, cost de investite pentru aceeași cerință de oxigen, în diferite scenarii ale densității sistemului de aerare.

Tabel 1. Date principale în diferite scenarii ale densității sistemului de aerare

	Cost de investitie redus	Cost de investitie mediu	Cost de investitie ridicat
Cerința de oxigen	1000 kg/h	1000 kg/h	1000 kg/h
Densitate difuzori	10 %	15 %	20 %
SOTE	31 %	34.2 %	37.7 %
Debit de aer necesar	10800 Nm ³ /h	9700 Nm ³ /h	8900 Nm ³ /h
Puterea consumata de suflante (P _i = 2 x 200 kW)	296 kW (P _i = 2 x 200 kW)	260 kW (P _i = 2 x 160 kW)	234 kW (P _i = 2 x 132 kW)
Cost de investitie, grid de aerare	\$72k	\$100k	\$174k
Amortizare cost	-	<1 year	1.6 years

c. Combinarea proceselor de aerare și mixare

Combinarea proceselor de aerare și mixare trebuie să prevadă:

- Debitul mixat suficient pentru a învinge curenții generați de sistemul de aerare
- Optimizarea timpului de retenție a bulelor de aer în apă
- Minimizarea pierderilor locale de energie prin optimizarea poziționării mixerelor în raport cu sistemul de aerare

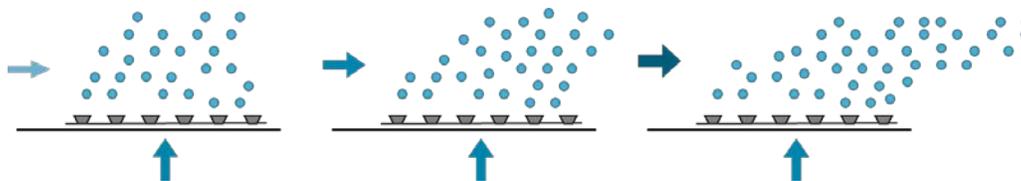


Figura 4. Combinarea procesului de aerare cu mixare

d. Optimizarea suflantelor și a sistemului de control

Un sistem de aerare eficient reduce debitul de aer solicitat pentru a asigura o anumită masă de oxigen transferat în apă. Suflantele cu eficiență ridicată contribuie la reducerea cantității de energie, necesare pentru a asigura o anumită cantitate de aer.

Un sistem performant de control al procesului asigură optimizarea nivelului de oxigen pentru a se atinge gradul solicitat de eliminare a nutrienților.

6. STUDIU DE CAZ: ECONOMISIREA DE ENERGIE PRIN OPTIMIZAREA AERĂRII ȘI AMESTECĂRII

Este importanta adaptarea tehnologiilor de aerare si mixare pentru indeplinirea cerintelor aplicatiei si geometriei bazinului.

Una dintre povestile de success ale utilizarii mixerelor Flygt in combinatie cu sistemul de aerare Sanitaire, amandoua marci Xylem, a avut loc intr-o statie de de epurare de 225.000 PE.

In situatia initiala, fiecare dintre cele patru bazine carusel din statie a fost echipat cu 4 mixere si griduri de aerare. S-au constatat pierderi sarcina mari si putere de mixare insuficienta, cauzand probleme in functionarea mixerelor si viteze mici ale apei (0.1 m/s).

Bazinele au fost reabilitate, numarul si pozitionarea mixerelor modificate si au fost instalati pereti interiori de ghidare "sicane". S-a constatat reducerea pierderilor de sarcina si a puterii necesare a mixerelor, in conditiile prelungirii timpului de retentie a bulelor de aer in apa, rezultand imbunatatirea transferului de oxygen.

Tabel 2. Studiu de caz - rezultate

	Inainte de modificari	Dupa modificari
Numarul necesar de mixere	4 x 4 = 16 buc.	2 x 4 = 8 buc.
Puterea consumata	42 kW	21 kW
Viteza medie a apei	0.1 m/s	0.3 m/s

7. CONCLUZII

Proiectarea combinatiei optimizate de aerare si mixare este vitala pentru eficienta totala a sistemului. In timp ce conformitatea nu este o optiune, alegerea tehnologiei este. Pompele si mixerere Flygt, impreuna cu sistemul de aerare cu bule fine Sanitaire, ofera o optiune eficienta energetic pentru conformarea la cerintele de epurare cu costuri minime de operare.

8. BIBLOGRAFIE

[1] Lucrarea este bazata pe studiile de caz si referintele departamentului de cercetare si dezvoltare ale Sanitaire si Flygt, branduri Xylem.

TOP - STAȚIA DE POMPARE „LA CHEIE” DE LA FLYGT ECHIPATĂ CU SISTEMUL FLYGT EXPERIOR™

Iulia Mihai* and Marius Pavel**

* M.Eng., Cefain Construct SRL, B-dul Lacul Tei nr. 1–3, sector 2, Bucuresti, România (E-mail: office@cefain.ro), România, E-mail: iulia.mihai@cefain.ro

** Eng., Cefain Construct SRL, B-dul Lacul Tei nr. 1–3, sector 2, Bucuresti, România (E-mail: office@cefain.ro), România, E-mail: marius.pavel@cefain.ro

Abstract

There is a large global concern to reduce operating costs and power consumption in water treatment and pumping, and Flygt's, a Xylem brand, R&D department is continuously progressing with high-efficiency equipment. This paper presents the benefits of the solution proposed by Flygt - turnkey pumping stations equipped with powerful pumps for Intelligent Water Handling.

Keywords

Turn-key pumping station, N technology, Premium efficiency, Smart Run.

1. INTRODUCERE

Preocuparile legate de mediu si presiunile economice impun operatorilor, producatorilor si proiectantilor, adoptarea solutiilor bazate pe echipamente eficiente cu consum minim de energie.

2. EFICIENȚA SUSTINUTĂ A POMPELOR FĂRĂ COLMATARE

Eficiența susținută este definită ca fiind abilitatea unei pompe de a-și menține eficiența inițială în timp, când este utilizată în aplicația dorită. Măsurători ale adevăratei eficiențe susținute ale pompelor fără colmatare au fost efectuate în locații de pe teren și în mediu controlat de laborator.

Cresterea gradului de constientizare asupra mediului inconjurator și presiunile legislative asupra micșorării consumului de energie, împreună cu dorința permanentă de reducere a costurilor operationale, au condus industria pompelor de apă uzată la o mai bună evaluare a adevăratei eficiențe operationale.

Inginerii Flygt au studiat fenomenul eficienței susținute a pompelor fără colmatare, încă de la mijlocul anilor 90. Utilizatorii finali sunt presăși să reducă costurile de operare și, în consecință, să pună accent pe reducerea vizitelor în teren și a mentenanței echipamentelor.

A devenit clar faptul că dezvoltând pompe fără colmatare mai eficiente energetic și cu hidraulică auto-curățare modernă, se va ușura munca operatorilor de pompe de apă uzată. Legislația Statelor Unite ale Americii, a Uniunii Europene și din lumea întreagă a atins un nivel la care pompele de apă, în general și “pompele speciale”, precum pompele fără colmatare, sunt incluse într-o etichetare viitoare a eficienței energetice.

Eficiența pompei este definită ca puterea de ieșire hidraulică (puterea apei) raportată la puterea de intrare la axul pompei. Nu poate fi măsurată direct, dar se poate obține dintr-un calcul simplu, compus din puterea măsurată la axul pompei, debit și înălțimea de pompare. Într-o locație de testare a pompei, eficiența devine o măsurătoare de moment a randamentului cu apă curată. Eficiența susținută pe de altă parte este definită ca abilitatea pompei de a-și menține randamentul instantaneu pe o lungă perioadă de timp, când este utilizată în aplicația dorită.

Performanta de necolmatare sub doua scenarii diferite, comparate cu pompa cu auto-curatare este ilustrata mai jos:

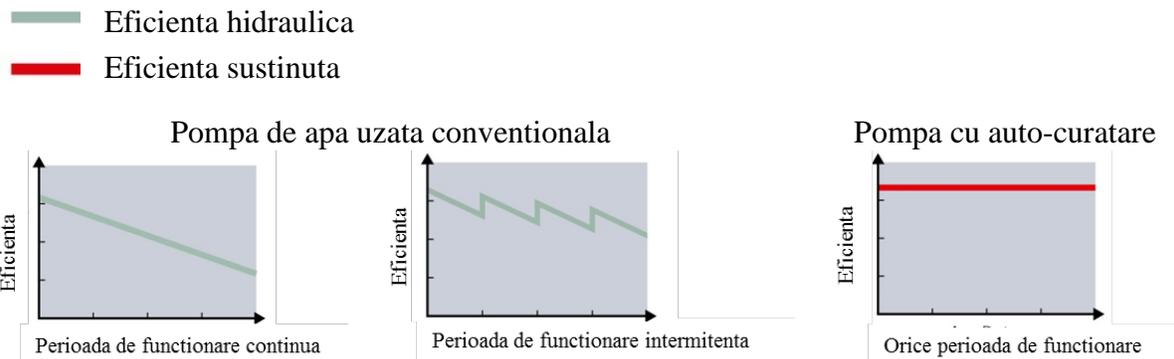


Figura 1. Eficiența pompei cu auto-curățare în comparație cu pompa convențională în diferite scenarii

Pompele fara colmatare, care nu pot oferi eficienta sustinuta, vor avea un consum de energie mai mare cu 25-40%, fata de o pompa moderna cu auto-curatare. Importanta livrarii unei eficiente sustinute este de 10 ori mai mare decat prevederea unui motor electric mai eficient, asa cum este IE3, care ofera cateva procente in plus, fata de motorul standard. In plus, fata de economia de energie, economiile la interventiile de urgenta cauzate de colmatare sunt substantiale.

Cercetările au dus la concluzii cu privire la importanta formei palelor rotorului si a unghurilor de ajustare a acestora, printre alte lucruri. Au fost lansate produse noi, cu geometrii radicale ale partii hidraulice, ce ofera o eficienta mai mare si un randament sustinut. Cu acest design auto-curățitor, industria a ajuns la fabricarea unei pompei fără colmatare cu eficiența susținută.



Figura 2. Rotor cu auto-curatare

3. STAȚII DE POMPARE “LA CHEIE” ȘI POMPELE FLYGT N

Statii de pompare pre-asamblate, gata de instalare

Statiile de pompare Flygt TOP “la cheie” ofera tot ce este nevoie pentru a obtine solutiile de pompare cele mai fiabile si eficiente din punct de vedere al costurilor. Statia de pompare Flygt TOP este pre-asamblata cu pompe fiabile Flygt, vane, conducte de evacuare si racorduri de admisie si evacuare care indeplinesc cerintele locatiei. Instalarea si pornirea sunt usoare si necesita un timp minim. Flygt a schitat viitorul in bazele cu auto-curatare prin designul baselor TOP.

Eficiență susținută cu pompa Flygt N

Renunata pentru functionarea eficienta, fara colmatare, pompa Flygt N reprezinta inima hidraulica revolutionara a statiei de pompare. Capacitatea superioara de auto-curatare si eficienta ridicata si sustinuta cu un consum remarcabil de redus de energie fac din pompele Flygt N numarul 1 in lume in domeniul pomparii apelor reziduale. Conceptul sau modular flexibil permite adaptarea elementelor hidraulice, selectarea capacitatii, materialelor si inserarea sau modularea inelului de insertie taietor pentru a indeplini cerintele specifice aplicatiei necesare.

4. TOP - STAȚIA DE POMPARE “LA CHEIE” DE LA FLYGT ECHIPATĂ CU SISTEMUL FLYGT EXPERIOR™

Proiectată cu auto-curățare

Utilizarea pompelor submersibile poate reduce costul constructiei unei statii de pompare, dar forma plata a unei baze colectoare conventionala favorizeaza in continuare acumularea de namol, care necesita curatarea periodica si intretinere costisitoare pentru desfundarea pompei. Acest lucru nu este doar consumator de timp si costisitor, dar reprezinta, de asemenea, un pericol pentru sanatate si siguranta personalului, iar prezenta gazelor nocive generate de namol face ca mediul de lucru sa fie departe de a fi ideal.

In plus, configuratia geometrica brevetata a statiei de pompare Flygt TOP si racordul de evacuare special proiectat optimizeaza fluxul la nivelul planseului statiei de pompare. Fluxul genereaza turbulenta, care, la randul sau, reduce in suspensie toate materiile solide depuse in apa reziduala pentru transportul prin sistem.

Montati si uitati

Datorita designului cu auto-curatare, o statie de pompare Flygt TOP se poate instala si virtual sa uitati de ea. Combinata cu o vana de spalare unica Flygt si alte fittinguri de la Flygt pentru o mai buna performanta si monitorizare, controlata de la panoul de control Flygt, statia de pompare Flygt TOP va avea rareori nevoie de mentenanta. Foarte simplu, este alegerea de TOP pentru costuri eficiente si pompare fara probleme.

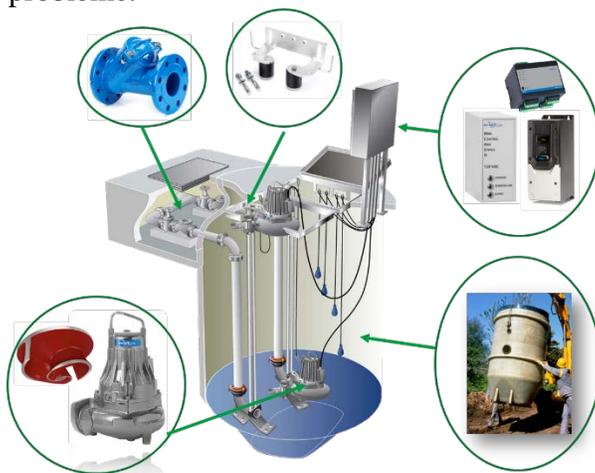


Figura 3. Statie de pompare TOP

Tehnologia N

Designul basei Flygt TOP curata namolul si particulele solide din statia de pompare cu aceeasi rata cu care intra. Dar ce se intampla cand anumite tipuri de solide sau material textil ameninta sa blocheze axul? Pompele Flygt N mentin un nivel inalt de eficienta in pompare, chiar si in lichide cu continut mare de solide si materiale textile, datorita formei rotorului in combinatie cu un relief special al canelurii. Cu debitul de auto-curatare prin pompa, acest design reduce riscul colmatarii. Rezultatul este o reducere de consum de energie, chiar si in cele mai deosebite conditii.

Flygt Experior™: sistem de pompare bazat pe tehnologie la varf

Deoarece piesele sunt critice pentru intreg

Flygt Experior este construita pe faptul ca, cel mai eficient sistem de pompare este realizat numai atunci cand motoarele de eficienta Premium sunt combinate cu sistemele hidraulice de nivel superior si sistemele de control inteligente de ultima ora. Aceasta combinatie este cea care ofera un sistem imbatabil de pompare a apelor uzate. In totalitatea ei, pompa Flygt Experior demonstreaza un nivel nou de sistem de pompare fiabil. Ea confera o siguranta absoluta, prin operare fara probleme si cu eficienta maxima.

La inceput tehnologia N, in prezent revolutionarul N Adaptiv

Tehnologia N de auto-curatare Flygt asigura o pompare eficienta, indiferent de provocarile apei uzate si va permite sa economisiti pana la 25% la facturile de energie electrica. Pe langa aceasta, sistemul hidraulic N Adaptiv contribuie la obtinerea unei pompari continue si fara probleme. Acest lucru se realizeaza prin miscarea axiala unica a rotorului N-Adaptiv. Deplasarea axiala a acestui rotor hidraulic reduce presiunea asupra arborelui, etansarilor si lagarelor, extinzand astfel durata de viata a acestora. In cele din urma, functionarea performanta, fara colmatare, necesita o intretinere simpla sau aproape deloc. In concluzie, tehnologia hidraulica N Adaptiv asigura functionarea economica si de lunga durata, fara probleme, a pompelor.

- Performanta fara colmatare
- 25% economii de energie
- Gama vasta de produse



SmartRun™ care ofera controlul total

SmartRun este inteligenta integrata intr-o unitate de control a pompei, care ofera toate avantajele unei pompari cu turatie variabila. SmartRun, cu functiile sale de putere si de curatare, este pre-programat pentru a-l simplifica si a-l face usor de utilizat pentru beneficiari - de la instalare pana la operare.

- Pre-programat si usor de utilizat
- Reduce consumul de energie cu 30%
- Curatarea conductelor si bazei



Motoarele de eficienta Premium cu durata de functionare prelungita

Motoarele de eficienta Premium sunt proiectate si fabricate de Flygt, ceea ce le face optime pentru aplicatiile de pompare a apelor uzate. Competenta Flygt in inginerie creeaza un motor mic si usor, dar extrem de puternic si durabil. Ceea ce este important, operatorii vor beneficia de o durata de viata a motorului si o rezistenta la uzura crescute.

- Eficienta premium
- Eficienta mentinuta la viteza redusa
- Pornire cu sau fara convertizor



Avantajele Flygt Exporior™

- Sistemul hidraulica-N adaptat imbunatateste si mai mult performanta pompei cu privire la economisirea energiei si rezistenta la infundare;
- Tehnologia-N este potrivita pentru reglarea turatiei, precum si functionalitatea de auto-curatare functioneaza in mod independent de viteza de rotatie;
- Sistemul de control SmartRun este pre-programat pentru a satisface cerintele specifice ale clientului privind apele uzate;
- Eficienta motorului cu pana la 4% mai mare decat standardul nominal de motor de eficienta Premium;
- Singurul furnizor care poate livra solutia optima de pompare. Aceasta include pompa, motorul si sistemul de control inteligent.

5. INDEPĂRTEAZĂ CONTINUU SUSPENSILE SOLIDE

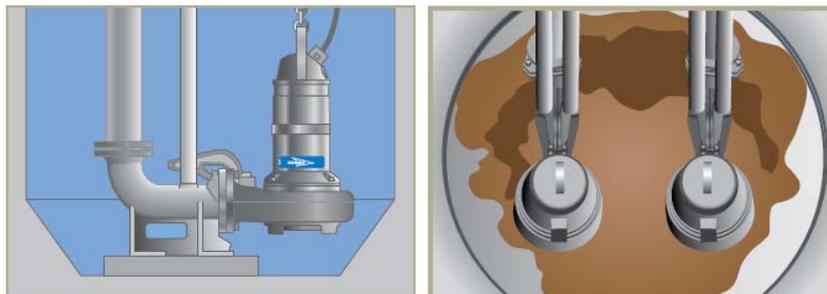
Statiile de pompare Flygt TOP „la cheie” ofera performante deosebite de auto-curatare atat in testele de laborator cat si in conditii de utilizare in viata reala.

In testele de laborator „back-to-back” doua baze - una conventionala si una Flygt TOP - au fost umplute fiecare cu 400 litri de apa si 49 kilograme de materii solide. Apa a fost pompata de zece ori inainte si inapoi dintr-un bazin in altul.

Un total de 94 kilograme de materii solide acumulate in colectorul conventional, doar patru kilograme de materii solide au ramas in colectorul Flygt.

Aceste rezultate ale testelor de laborator sunt replicate zilnic in mii de statii de pompare Flygt TOP functionale in lume. Rezultatele sunt definitive: statiile de pompare Flygt TOP au mai putin sediment si necesita timp mai scurt de mentenanta si intrerupere a functionarii.

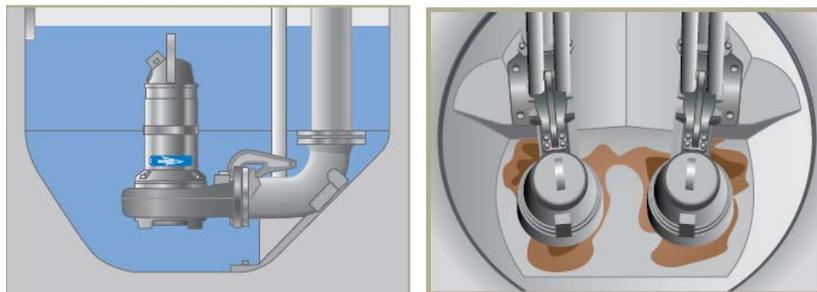
Colector conventional pompă



Radierul mare si plat al pompelor conventionale faciliteaza depunerea namolului si materiilor solide

Cu cat sunt mai departe peretii colectorului pompei, cu atat mai mare este stratul de sedimente

Statie de pompare Flygt TOP



Suprafata minima a zonei radierului si caracteristicile geometrice optimizate asigura viteza ridicata si suspensia eficienta a materiilor solide in apa reziduala

Geometria optimizata directioneaza orice materii solide ramase in colector, in apropierea pompelor, unde forta de succiune este maxima. Aceasta elimina riscul depunerii materiilor solide

Figura 4. Test de indepartare a suspensiilor solide

6. STUDIU DE CAZ - STAȚIE DE POMPARE DIN FRANȚA

Sistemul revolutionar de pompare a apelor uzate Flygt Experior a redus costul anual de intretinere a unei statii de pompare a apelor uzate dintr-un oras din Franta cu 14 000 euro.

Statia de pompare este situata intr-o zona urbana aglomerata, in aval de o casa de batrani. In plus, fata de gestionarea unui debit mare de apa uzata, in statie intra si apa pluviala, adesea cu cantitati mari de solide, ceea ce conduce la dese colmatari. Fiind pozitionata la 8,5 m fata de nivelul solului, este dificil accesul operatorilor pentru decolmatare. Ca urmare, in anul 2012, operatorii statiei au solicitat echipa Flygt pentru a dezvolta o solutie sustenabila de rezolvare a problemelor frecvente si costurilor cauzate de colmatare.



Figura 5. Mari cantitati de solide conduc la dese colmatari

Pentru a demonstra eficacitatea sistemului de transport a apei uzate Flygt Experior, echipa Flygt a inlocuit una dintre cele doua pompe ale statiei cu o pompa Flygt Adaptive-N, cu puterea de 5,9 kW. Flygt Experior combina sisteme hidraulice cu performanta ridicata, motoare cu eficienta maxima si sisteme de control inteligente, pentru a oferi fiabilitate, eficienta si simplitate.

Pompa este conceputa pentru statiile de pompare a apei uzate si ofera o pompare eficienta si fara probleme.

Pompa puternica Flygt Adaptive-N a imbunatatit imediat fiabilitatea statiei, reducand presiunea asupra celei de a doua pompe si, ca rezultat, cererile de mentenanta au scazut de la trei interventii pe saptamana, la o interventie la doua luni.

Ca urmare a acestor rezultate incurajatoare, operatorii statiei au hotarat sa inlocuiasca si cea de a doua pompa cu revolutionara si premiata tehnologie Flygt N. In plus, a fost incorporata in sistem si unitatea inteligenta de control a pompei SmartRun™ pentru a asigura o operare optima.

Usor de instalat si operat, SmartRun este un sistem avansat de monitorizare, cu functii de pre-curatare pentru a elimina ulei, grasimi si alti poluatori plutitori de la suprafata apei uzate. Acesta mentine basa curata si reduce semnificativ numarul de interventii de urgenta.

Dupa instalarea Flygt Experior, nu au mai fost probleme cu colmatarea si nu a mai fost nevoie de interventii neprogramate la statie. In plus, baza este mult mai curata decat inainte, reducand semnificativ numarul de curatari si operatiuni de curatare. Toate aceste imbunatatiri au avut un impact pozitiv asupra costurilor de operare ale statiei de pompare.

Sistemul Flygt Experior, care include doua pompe Flygt Adaptive N si convertizor inteligent SmartRun, a transformat statia de pompare intr-o unitate fiabila, fara probleme, cu risc redus de deversare in raurile apropiate. De asemenea, presupune cerinte minime de interventii. Personalul operator nu mai este expus la situatii periculoase in timpul intretinerii. Cele aproximativ 140 de cereri de interventie pe an, la un cost minim de 100 euro fiecare, nu mai sunt necesare, economisind astfel 14.000 euro anual.

7. STUDIU DE CAZ - SISTEMUL EXPERIOR® ÎNJUMĂTĂȚEȘTE CONSUMUL DE ENERGIE LA STAȚIA DE POMPARE A AEROPORTULUI HEATHROW - LONDRA

Departamentul de Servicii de Apa al aeroportului Heathrow a angajat Xylem pentru a evalua sistemul de pompare a apelor uzate din zona centrala de marfa a aeroportului, in care se defasoara un volum mare de trafic si se manipuleaza zilnic o cantitate vasta de marfuri. Echipa Xylem a fost insarcinata cu dezvoltarea si punerea in aplicare a unei solutii fiabile si economice energetic pentru aceasta statie de pompare, care a fost supusa zilnic unei constante presiuni.

Ian Jolly, de la Departamentul de Servicii de Apa al aeroportului Heathrow a spus: “Avand o activitate continua, trebuie sa ne asiguram ca sistemele functioneaza in cel mai eficient mod. Fiind unul dintre cele mai mari si aglomerate aeroporturi, cu aproape 70 de milioane de calatori care au trecut prin terminale in anul 2012, aeroportul Heathrow este determinat sa lucreze cu tehnologii inovatoare, fiabile, pentru a face fata numarului constant mare de pasageri”.

Xylem a instalat un system Flygt Experior, inclusiv doua pompe cu tehnologia Flygt N si doua unitati inteligente de control Flygt SmartRun™ in canalizarea zonei de cargo. Trei functii complementare – hidraulica, motoare si control - diferentiaza sistemul integrat Flygt Experior de sistemul traditional de pompare a apei uzate. Pompa Flygt Adaptive N de la Xylem a fost recunoscuta de catre Water Environment Federation drept “cel mai inovator produs al anului 2011”.

Hidraulica Adaptive N imbunatateste rotorul pompei originale Flygt N si ingaduie rotorului o miscare axiala in sus, miscare destul de ampla pentru a permite materialelor voluminoase sau altor reziduuri sa treaca mai usor. Acest lucru reduce semnificativ stresul pe ax, etansari si rulmenti in perioada acestor intruziuni.

Cele doua unitati inteligente de control Flygt SmartRun monitorizeaza consumul de energie al pompei si ajusteaza continuu viteza pompei ca sa se asigure un consum minim de energie pentru toate ciclurile pompei, fara a fi necesare o vizita in teren sau recalibrarea sistemului.

De cand a fost instalat sistemul, in cursul unei singure zile, in ianuarie 2013, solutia Xylem a furnizat rezultate impresionante. Pompele din zonele aglomerate ale aeroportului s-au stabilizat la functionarea in 33-37 Hz, reducand consumul de energie a statiei de pompare la aproape jumatate, iar interventiile de urgenta au fost eliminate.

8. CONCLUZII

Extinsele cunostinte in dinamica fluidelor ale companiei Flygt si vasta experienta in proiectare, operare si mentenanta a unui sistem de transport eficient al apei uzate sunt premize pentru a asista beneficiarii in controlul si optimizarea performantei fiecarei componente a sistemului. Acesta contribuie la reducerea stresului asupra pompelor, vanelor si componentelor, permite o operare fiabila si eficienta si prelungeste durata de viata a serviciului.

9. BIBLIOGRAFIE

[1] Lucrarea se bazeaza pe studii de caz si referinte ale departamentul R & D Flygt, un brand Xylem.



Protectnature



**INEVA**

"Dedicated Expertise For The Environment"

PROTECT NATURE

Wastewater treatment sludges are among the major environmental problems. Sludge amounts are increasing day by day. INEVA, by its **in-house sludge incineration technology which requires no pre-drying process**; provides permanent and sustainable solution for the problem.

INDEX OF AUTHORS

Adina Păcală		
CASE STUDY: COMPARATIVE AND PARALLEL STUDY FOR AMMONIUM REMOVAL FROM GROUNDWATER BY BIOLOGICAL AND ELECTROOXIDATION TREATMENT THROUGH A MODULAR AND FLEXIBLE PILOT PLANT		49
Adriana Pienaru		
A CASE FOR A COORDINATED LOW IMPACT DEVELOPMENT AND GREEN INFRASTRUCTURE POLICY IN ROMANIA		191
Alexandru Lucian Luca		
MANAGEMENT OF ADDUCTION PIPES - REHABILITATION UNDERCROSSING		37
Alexandru Mănescu		
OPTIMIZATION THROUGH REHABILITATION FOR WATER DISTRIBUTION NETWORK		86
Allan Lambert		
HOW CAN PRESSURE MANAGEMENT HELP REDUCE OPERATIONAL COSTS?		92
Andreea Chiriguț		
NEW TECHNOLOGIES USED IN EXECUTION OF SEWAGE NETWORK IN THE LIVADA TOWN		22
Andrei Ștefan Mihai		
ASPECTE LEGATE DE MEDIU PRIVIND STAȚIA DE EPURARE CĂLĂRAȘI		144
Angela Pană		
EFICIENȚA ENERGETICĂ		256
Aurel Condurache		
STUDIU PRIVIND INCINERAREA NĂMOLULUI PROVENIT DE LA STAȚIA DE TRATARE A APELOR UZATE LA STAȚIA DE EPURARE A MUNICIPIULUI GALAȚI. SOLUȚII DE UTILIZARE A BIOGAZULUI ÎN COGENERARE		221
Aurel Presură		
EFICIENȚA ENERGETICĂ		256

Bogdan Văduva		
PORTAL WEB, APLICAȚIE WEBGIS PENTRU EVALUAREA RISCURILOR ÎN CAZUL DEFECȚIUNILOR LA SISTEMUL DE CANALIZARE		133
Brîndușa Mănescu		
OPTIMIZATION THROUGH REHABILITATION FOR WATER DISTRIBUTION NETWORK		86
Carmen Teodosiu		
PILOT SCALE ULTRAFILTRATION FOR MUNICIPAL WASTEWATER REUSE		3
Călin Vasile Neamțu		
IMPACTUL SCHIMBĂRILOR CLIMATICE ÎN SECTORUL APEI		207
REDUCTION OF OPERATION AND MAINTENANCE COSTS IN WATER SUPPLY SYSTEMS BY NON-REVENUE WATER MANAGEMENT		200
HOW CAN PRESSURE MANAGEMENT HELP REDUCE OPERATIONAL COSTS?		92
Ciugulea Oana Ștefania		
REDUCEREA DEFICITULUI DE APĂ SUBTERANĂ PRIN APLICAREA TEHNICILOR DE ALIMENTARE ARTIFICIALĂ A ACVIFERELOR		99
Corina Petronela Musteret		
PILOT SCALE ULTRAFILTRATION FOR MUNICIPAL WASTEWATER REUSE		3
Cosmin Tobolcea		
SUSTAINABLE TECHNOLOGIES IN ENGINEERING PRACTICE FOR WASTE WATER TREATMENT IN WASTE WATER TREATMENT PLANTS		64
Crețu Flaviu Aurel		
SUSTAINABLE TECHNOLOGIES IN ENGINEERING PRACTICE FOR WASTE WATER TREATMENT IN WASTE WATER TREATMENT PLANTS		64
Cristiana Cosma		
SUBSTANTIATION OF HALOGENATED BY-PRODUCTS GENERATION IN THE CHLORINATION PROCESS OF NATURAL DRINKING WATER RESOURCES BY ANALYTICAL INVESTIGATION		59

Cristina Mihali		
NEW TECHNOLOGIES USED IN EXECUTION OF SEWAGE NETWORK IN THE LIVADA TOWN		22
Dan Popovici		
PILOT SCALE ULTRAFILTRATION FOR MUNICIPAL WASTEWATER REUSE		3
Dan Rădulescu		
A CASE FOR A COORDINATED LOW IMPACT DEVELOPMENT AND GREEN INFRASTRUCTURE POLICY IN ROMANIA		191
Daniela Arsene		
PILOT SCALE ULTRAFILTRATION FOR MUNICIPAL WASTEWATER REUSE		3
Daniela Cailean		
PILOT SCALE ULTRAFILTRATION FOR MUNICIPAL WASTEWATER REUSE		3
Daniela Simona Moldovan		
IMPACTUL SCHIMBĂRILOR CLIMATICE ÎN SECTORUL APEI		207
SOLUȚII DE MINIMIZARE A IMPACTULUI DE MEDIU PRIN NOI METODE DE EVALUARE A ASPECTELOR DE MEDIU DIN COMPANIILE DE APĂ		173
ABORDAREA ȘI GESTIONAREA RISCURILOR ÎN EXPLOATAREA REȚELELOR DE ALIMENTARE CU APĂ		125
Daniela Stoica		
RISURI PRIVIND ADMINISTRAREA SISTEMELOR DE ALIMENTARE CU APĂ ȘI CANALIZARE/EPURARE ÎN LOCALITĂȚI DIN MEDIUL RURAL ÎN JUDEȚUL IAȘI, ROMÂNIA		111
Dănuțiu Stegorean		
NEW TECHNOLOGIES USED IN EXECUTION OF SEWAGE NETWORK IN THE LIVADA TOWN		22
Elena Adriana Mierloiu		
REUTILIZAREA APEI - REVIEW		214
Eugen Brânzei		
VALORIFICAREA CĂLDURII EFLUENTULUI ȘI UTILIZAREA EI ÎNTR-O STAȚIE DE EPURARE MUNICIPALĂ		272

Fabian Tămășanu		
MANAGEMENT OF ADDUCTION PIPES - REHABILITATION UNDERCROSSING		37
Florica Manea		
CASE STUDY: COMPARATIVE AND PARALLEL STUDY FOR AMMONIUM REMOVAL FROM GROUNDWATER BY BIOLOGICAL AND ELECTROOXIDATION TREATMENT THROUGH A MODULAR AND FLEXIBLE PILOT PLANT		49
Gabriel Racovițeanu		
A CASE FOR A COORDINATED LOW IMPACT DEVELOPMENT AND GREEN INFRASTRUCTURE POLICY IN ROMANIA		191
George Barjoveanu		
PILOT SCALE ULTRAFILTRATION FOR MUNICIPAL WASTEWATER REUSE		3
Ilie Vlaicu		
VALORIFICAREA CĂLDURII EFLUENTULUI ȘI UTILIZAREA EI ÎNTR-O STAȚIE DE EPURARE MUNICIPALĂ		272
	CASE STUDY: COMPARATIVE AND PARALLEL STUDY FOR AMMONIUM REMOVAL FROM GROUNDWATER BY BIOLOGICAL AND ELECTROOXIDATION TREATMENT THROUGH A MODULAR AND FLEXIBLE PILOT PLANT	49
Ioan Bica		
MĂSURI DE PREVENIRE A INUNDAȚIILOR ÎN ORAȘE ÎN CURS DE EXPANSIUNE		183
Ioan Neamț		
VALORIFICAREA CĂLDURII EFLUENTULUI ȘI UTILIZAREA EI ÎNTR-O STAȚIE DE EPURARE MUNICIPALĂ		272
Ioana Dăscălescu		
PILOT SCALE ULTRAFILTRATION FOR MUNICIPAL WASTEWATER REUSE		3
Ioana Ionescu		
ULTRASONIC DISINFECTION OF DRINKING WATER		17
Ion Toma		
PILOT SCALE ULTRAFILTRATION FOR MUNICIPAL WASTEWATER REUSE		3

Ionuț Cristea		
SUBSTANTIATION OF HALOGENATED BY-PRODUCTS GENERATION IN THE CHLORINATION PROCESS OF NATURAL DRINKING WATER RESOURCES BY ANALYTICAL INVESTIGATION		59
Iulia Mihai		
TOP - STAȚIA DE POMPARE “LA CHEIE” DE LA FLYGT ECHIPATĂ CU SISTEMUL FLYGT EXPERIOR™		288
ECONOMISIREA ENERGIEI ELECTRICE ÎN TRATAREA APELOR UZATE PRIN SOLUȚII DE AERARE ȘI AMESTECARE DE ULTIMĂ GENERAȚIE		282
REDUCTION OF OPERATION AND MAINTENANCE COSTS IN WATER SUPPLY SYSTEMS BY NON-REVENUE WATER MANAGEMENT		200
HOW CAN PRESSURE MANAGEMENT HELP REDUCE OPERATIONAL COSTS?		92
Iustina Lateș		
ADVANCED MONITORING SYSTEMS FOR WATER SUPPLY USING GIS MODELS		248
Johan Remijin		
TURNING WASTE WATER INTO GREEN ENERGY AND RESOURCES; THE DUTCH GOVERNANCE APPROACH		76
Katalin Bodor		
CASE STUDY: COMPARATIVE AND PARALLEL STUDY FOR AMMONIUM REMOVAL FROM GROUNDWATER BY BIOLOGICAL AND ELECTROOXIDATION TREATMENT THROUGH A MODULAR AND FLEXIBLE PILOT PLANT		49
Laura Alexandra Stănescu		
MEMBRANES IN WASTEWATER TREATMENT: CHALLENGES AND OPPORTUNITIES		121
Laura Elena Tucan		
MĂSURI DE PREVENIRE A INUNDAȚIILOR ÎN ORAȘE ÎN CURS DE EXPANSIUNE		183
Lăcrămioara Diana Robescu		
MEMBRANES IN WASTEWATER TREATMENT: CHALLENGES AND OPPORTUNITIES		121
REUTILIZAREA APEI - REVIEW		214

Ligia Todea		
NEW TECHNOLOGIES USED IN EXECUTION OF SEWAGE NETWORK IN THE LIVADA TOWN		22
Mandița Popa		
EFICIENȚA ENERGETICĂ		256
Marcel de Ruijter		
TURNING WASTE WATER INTO GREEN ENERGY AND RESOURCES; THE DUTCH GOVERNANCE APPROACH		76
Marian Alexandru Radu		
PORTAL WEB, APLICAȚIE WEBGIS PENTRU EVALUAREA RISCURILOR ÎN CAZUL DEFECȚIUNILOR LA SISTEMUL DE CANALIZARE		133
Marius Minea		
PILOT SCALE ULTRAFILTRATION FOR MUNICIPAL WASTEWATER REUSE		3
Marius Pavel		
TOP - STAȚIA DE POMPARE “LA CHEIE” DE LA FLYGT ECHIPATĂ CU SISTEMUL FLYGT EXPERIOR™		288
	ECONOMISIREA ENERGIEI ELECTRICE ÎN TRATAREA APELOR UZATE PRIN SOLUȚII DE AERARE ȘI AMESTECARE DE ULTIMĂ GENERAȚIE	282
Mihai Ștefănescu		
ULTRASONIC DISINFECTION OF DRINKING WATER		17
Mihail Doruș		
RISURI PRIVIND ADMINISTRAREA SISTEMELOR DE ALIMENTARE CU APĂ ȘI CANALIZARE/EPURARE ÎN LOCALITĂȚI DIN MEDIUL RURAL ÎN JUDEȚUL IAȘI, ROMÂNIA		111
Mihail Luca		
ADVANCED MONITORING SYSTEMS FOR WATER SUPPLY USING GIS MODELS		248
	MANAGEMENT OF ADDUCTION PIPES - REHABILITATION UNDERCROSSING	37
Mircea Ioan Mecea		
PORTAL WEB, APLICAȚIE WEBGIS PENTRU EVALUAREA RISCURILOR ÎN CAZUL DEFECȚIUNILOR LA SISTEMUL DE CANALIZARE		133

Moroşanu I.		
PILOT SCALE ULTRAFILTRATION FOR MUNICIPAL WASTEWATER REUSE		3
Nicoleta Lungar		
CASE STUDY: COMPARATIVE AND PARALLEL STUDY FOR AMMONIUM REMOVAL FROM GROUNDWATER BY BIOLOGICAL AND ELECTROOXIDATION TREATMENT THROUGH A MODULAR AND FLEXIBLE PILOT PLANT		49
Orest Trofin		
PILOT SCALE ULTRAFILTRATION FOR MUNICIPAL WASTEWATER REUSE		3
	RISCURI PRIVIND ADMINISTRAREA SISTEMELOR DE ALIMENTARE CU APĂ ŞI CANALIZARE/EPURARE ÎN LOCALITĂȚI DIN MEDIUL RURAL ÎN JUDEȚUL IAȘI, ROMÂNIA	111
Petru Vlădeanu		
RISCURI PRIVIND ADMINISTRAREA SISTEMELOR DE ALIMENTARE CU APĂ ŞI CANALIZARE/EPURARE ÎN LOCALITĂȚI DIN MEDIUL RURAL ÎN JUDEȚUL IAȘI, ROMÂNIA		111
Ramona Cenușă		
RISCURI PRIVIND ADMINISTRAREA SISTEMELOR DE ALIMENTARE CU APĂ ŞI CANALIZARE/EPURARE ÎN LOCALITĂȚI DIN MEDIUL RURAL ÎN JUDEȚUL IAȘI, ROMÂNIA		111
Sorin Murariu		
RISCURI PRIVIND ADMINISTRAREA SISTEMELOR DE ALIMENTARE CU APĂ ŞI CANALIZARE/EPURARE ÎN LOCALITĂȚI DIN MEDIUL RURAL ÎN JUDEȚUL IAȘI, ROMÂNIA		111
Ștefania Chirică		
MANAGEMENT OF ADDUCTION PIPES - REHABILITATION UNDERCROSSING		37
Thomas Dippong		
NEW TECHNOLOGIES USED IN EXECUTION OF SEWAGE NETWORK IN THE LIVADA TOWN		22
Traian Olinici		
RISCURI PRIVIND ADMINISTRAREA SISTEMELOR DE ALIMENTARE CU APĂ ŞI CANALIZARE/EPURARE ÎN LOCALITĂȚI DIN MEDIUL RURAL ÎN JUDEȚUL IAȘI, ROMÂNIA		111

Valentin Crețu	
SUSTAINABLE TECHNOLOGIES IN ENGINEERING PRACTICE FOR WASTE WATER TREATMENT IN WASTE WATER TREATMENT PLANTS	64
Victor Vladimirov	
CIRCULAR ECONOMY: RECYCLING GLASS FIBRE REINFORCED COMPOSITES (GRP) ACCORDING TO EN 15804 MODULE D (END-OF-LIFE) THROUGH APPLIED LCA SCENARIOS	157
Vintilă Daniela Andreea	
ASPECTE LEGATE DE MEDIU PRIVIND STAȚIA DE EPURARE CĂLĂRAȘI	144
Viorel Patroescu	
SUBSTANTIATION OF HALOGENATED BY-PRODUCTS GENERATION IN THE CHLORINATION PROCESS OF NATURAL DRINKING WATER RESOURCES BY ANALYTICAL INVESTIGATION	59
Viorel Tobolcea	
SUSTAINABLE TECHNOLOGIES IN ENGINEERING PRACTICE FOR WASTE WATER TREATMENT IN WASTE WATER TREATMENT PLANTS	64
Xavier Swamikannu	
A CASE FOR A COORDINATED LOW IMPACT DEVELOPMENT AND GREEN INFRASTRUCTURE POLICY IN ROMANIA	191



Protectnature



**INEVA**

"Dedicated Expertise For The Environment"

PROTECT NATURE

Wastewater treatment sludges are among the major environmental problems. Sludge amounts are increasing day by day. INEVA, by its **in-house sludge incineration technology which requires no pre-drying process**; provides permanent and sustainable solution for the problem.