

Szennyvítelepek távvezérlése SCADA rendszerrel

Remote control of wastewater treatment plants using SCADA systems

*Drd. TÓKOS Attila¹, Drd. BARTHA Csaba¹, Drd. JIPA Monica¹,
Dr. VOINA Andreea², BARTHA Áron³*

¹ Research-Development Institute for Environmental Protection Technologies and Equipment – ICPE Bistrița SA, Str. Parcului, Nr. 7, 420035, Bistrița, BN-RO, E-mail: icpe@icpebn.ro , csaba.bartha@icpebn.ro, Fax: +40 263 210938, <https://www.icpebn.ro/en>

² National Institute for R&D in Electrical Engineering ICPE-CA, Splaiul Unirii Nr. 313, 030138 București sector 3, RO, E-mail: office@icpe-ca.ro; andreea.voina@icpe-ca.ro , Fax: 40-21-346.82.99, <http://www.icpe-ca.ro>

³ Andrei Mureșanu Főgimnázium, Beszterce, RO, E-mail: bartha.aron@icpebn.ro

Abstract

This paper presents a Supervisory Control and Data Acquisition system (SCADA) and its communication network, tailored for a 20.000 m³/month wastewater treatment plant's technological flow. The presented system provides the following functions: closed-loop equipment control, autonomous operation (without local service personnel) at the optimal technological parameters, acquisition and continuous storage of the main operating parameters and secure remote access for monitoring and settings adjustment using a VPN network.

Keywords: wastewater treatment plant, process control, SCADA, control interface, communication network

Kivonat

Dolgozatunkban egy 20.000 m³/hónap kapacitású szennyvízkezelő-telep technológiai folyamatára illesztett automatizált folyamatirányítás, felügyelt ellenőrző és adatgyűjtő rendszer (SCADA) valamint ezek kommunikációs hálózata van bemutatva. A bemutatott rendszer a következő funkciókat látja el: a gépezetek zárt hurkú automata vezérlése, autonóm működés (helyi kezelőszemélyzet nélkül), az optimális technológiai paraméterek betartása, a főbb működési paraméterek folyamatos mérése és tárolása valamint a távolsági felülvizyázást és a működési paraméterek állítását / szabályozását (VPN hálózaton keresztül).

Kulcsszavak: szennyvízkezelő-telep, folyamatirányítás, SCADA, vezérlőfelület, kommunikációs hálózat

1. BEVEZETŐ

A fenntartható fejlesztés egyik kiemelt fontosságú problematikája az emberiség, megfelelő minőségű, ivóvíz szükségleteinek a biztosítása. Az emberi tevékenységekből nagy mennyiségű szennyvíz keletkezik [1], ezek megfelelő tisztítás/kezelés után a felszíni vizekbe (folyók, tavak stb.) vannak kibocsátva. A felszíni vizek minőségének alakulását elsősorban az ezekbe kibocsátott szennyvizek szennyezettsége (az emberi tevékenységekből eredő szennyező anyagok koncentrációja) határozza meg [2-4].

Általában a vidéki, kis kapacitású, szennyvíztisztító telepek (max. 20.000 m³/hónap – 1. ábra) önállóan (személyzet nélkül) működnek. Az energiafogyasztás optimalizálását [1, 5-7] technológiai paraméterek ellenőrzését és monitorozását, az adott szennyvíztelep technológiájára alkalmazott, speciális felügyelt ellenőrző és adatgyűjtő rendszerrel (*supervised control and data acquisition system* - SCADA) oldják meg [8].

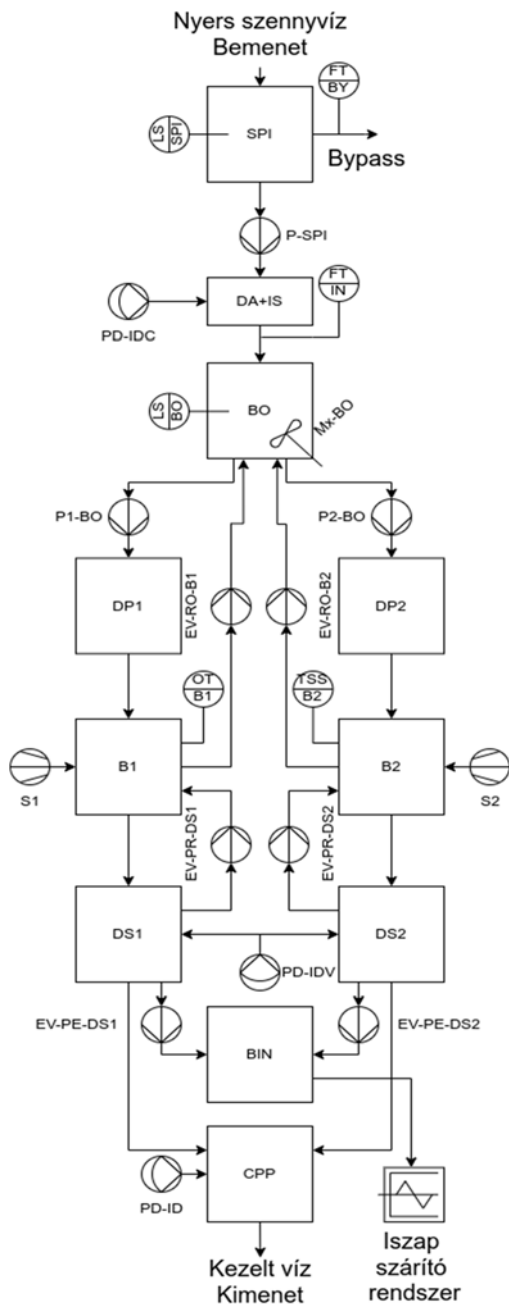
A fentiekre való tekintettel, dolgozatunk célja bemutatni, egy általunk tervezett és kivitelezett (Alsógárd / Galda de Jos, RO – Fehér megye) szennyvíztelep SCADA rendszerét.



1. ábra. Kis kapacitású szennyvíztelepek

2. AZ ALSÓGÁLDI SZENNYVÍZTELEP

Az alsógáldi szennyvíztelep technológiai folyamatának a vázlata a 2. ábrán van bemutatva.



- ✓ SPI - Bemeneti szivattyúállomás;
- ✓ P-SPI - Bemeneti szivattyú;
- ✓ LS-SPI - Bemeneti szivattyúállomás szintkapcsoló;
- ✓ FT-BY - Bypass hozammérő;
- ✓ DA+IS - Bemeneti szita és üleptetés;
- ✓ PD-IDC - Koaguláns adagoló szivattyú;
- ✓ FT-IN - Bemeneti hozammérő;
- ✓ BO - Homogenizáló tartály;
- ✓ P1-BO, P2-BO - Homogenizáló tartályszivattyúk;
- ✓ Mx-BO - Homogenizáló tartálykeverő;
- ✓ LS-BO - Homogenizációs tartály szintkapcsoló;
- ✓ DP1, DP2 - Elsődleges derítők;
- ✓ B1, B2 - Biológiai reaktorok;
- ✓ S1, S2 - Légfűvők;
- ✓ EV-RO-B1, EV-RO-B2 – Recirkulációs szivattyúk;
- ✓ OT-B1 - Oldott oxigénérzékelő;
- ✓ TSS-B2 - Lebegőanyag-érzékelő;
- ✓ DS1, DS2 - Másodlagos derítők;
- ✓ EV-PR-DS1, EV-PR-DS2 - Recirkulációs iszapszivattyúk;
- ✓ EV-PE-DA1, EV-PE-DS2 - Felesleges iszapszivattyúk;
- ✓ PD-IDV - mészadagoló szivattyú;
- ✓ BIN - Iszapsűrítő tartály;
- ✓ CPP - mintavevő tartály;
- ✓ PD-ID - Fertőtlenítőszer adagoló szivattyú

2. ábra. Az alsógáldi szennyvíz-tisztítótelepének technológiai folyamata

Az 1. ábra elemzése azt mutatja, hogy a mechanikai előszűrés után a csatornahálózaton keresztül összegyűjtött háztartási szennyvíz az SPI bevezető tartályban halmozódik fel, majd továbbszivattyúzva a DA+IS tartályban ülepitéssel történik a szemcsék (főleg homok) eltávolítása. Az ülepités után a víz a homogenizáló tartályba kerül (amely MIX-BO mechanikus keverővel van ellátva), ahol flokkuláló és pH korrekciós reagenseket (mésztej) adagolnak. A szennyvízkezelő telep két párhuzamosan üzemelő biológiai vonallal (DP1, B1, DS1 és DP2, B2, DS2) van felszerelve. A bioreaktorokban az oldott oxigéntartalom (OT-B1) és lebegőszemcse koncentráció (TSS-B2) monitorozása történik - ezen paraméterek alakulásától függően kell vezérelni a légszivattyúk (S1 és S2) és az EV-PR recirkulációs szivattyúk működését. A DS1 és DS2 ülepitő medencék pH-érzékelőkkel vannak ellátva, amelyek a reagens-adagoló szivattyút (PD-IDV) vezérlik, hogy a pH-t (mésztej adagolással) az eleveniszapban lévő mikroorganizmus-flóra anyagcseréje által megszabott optimális tartományban tartsák. A kezelt víz kiürítés előtti fertőtlenítése hipoklorit oldat adagolással (PD-ID) van megoldva.

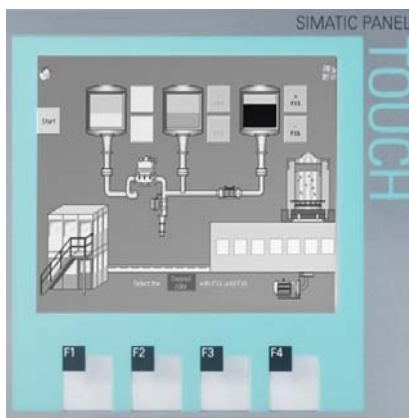
3. A KIVITELEZETT FOLYAMAT-FELÜGYELŐ, SCADA ÉS KOMMUNIKÁCIÓS HÁLÓZAT

A szennyvíztisztító telep folyamat-felügyelő és SCADA rendszere valamint kommunikációs hálózata több, több rétegben rendezett komponensből áll. A komplex automatizálási és felügyeleti rendszer főbb összetevői a következők: érzékelők és működtetők; programozható logikai vezérlők (PLC); ember-gép interfészek; felügyeleti számítógépek; kommunikációs hálózat.

Az érzékelők és működtetők a fizikai üzem szintjén helyezkednek el. Ezek az alkatrészek kapcsolják össze a szennyvíz-tisztítótelep felszereléseit a vezérlőrendszerrel.

A PLC-k biztosítják folyamat-felügyelő és a SCADA rendszer vezérlőelemét, amely összegyűjti az érzékelők által szolgáltatott adatokat, és vezérlőjeleket továbbítja a működtetőkhöz, amelyek vezérlik a gépeket.

Az ember-gép interfész HMI (*Human-Machine Interface*) egy grafikus felhasználói felület (2. ábra), amellyel a kezelő a technológiai folyamat paramétereit figyelheti és módosíthatja.



2. ábra. A szennyvíztelep ember-gép interfésze (HMI). F1, F2, ... Funkció gombok

A felügyeleti számítógépek a folyamatadatok gyűjtéséért és archiválásáért biztosítják, valamint egy HMI komponenszt futtatnak (jelen esetben a szennyvíz-tisztítótelep fő HMI-jét).

Mindezeket az összetevőket az üzem kommunikációs hálózata köti össze.

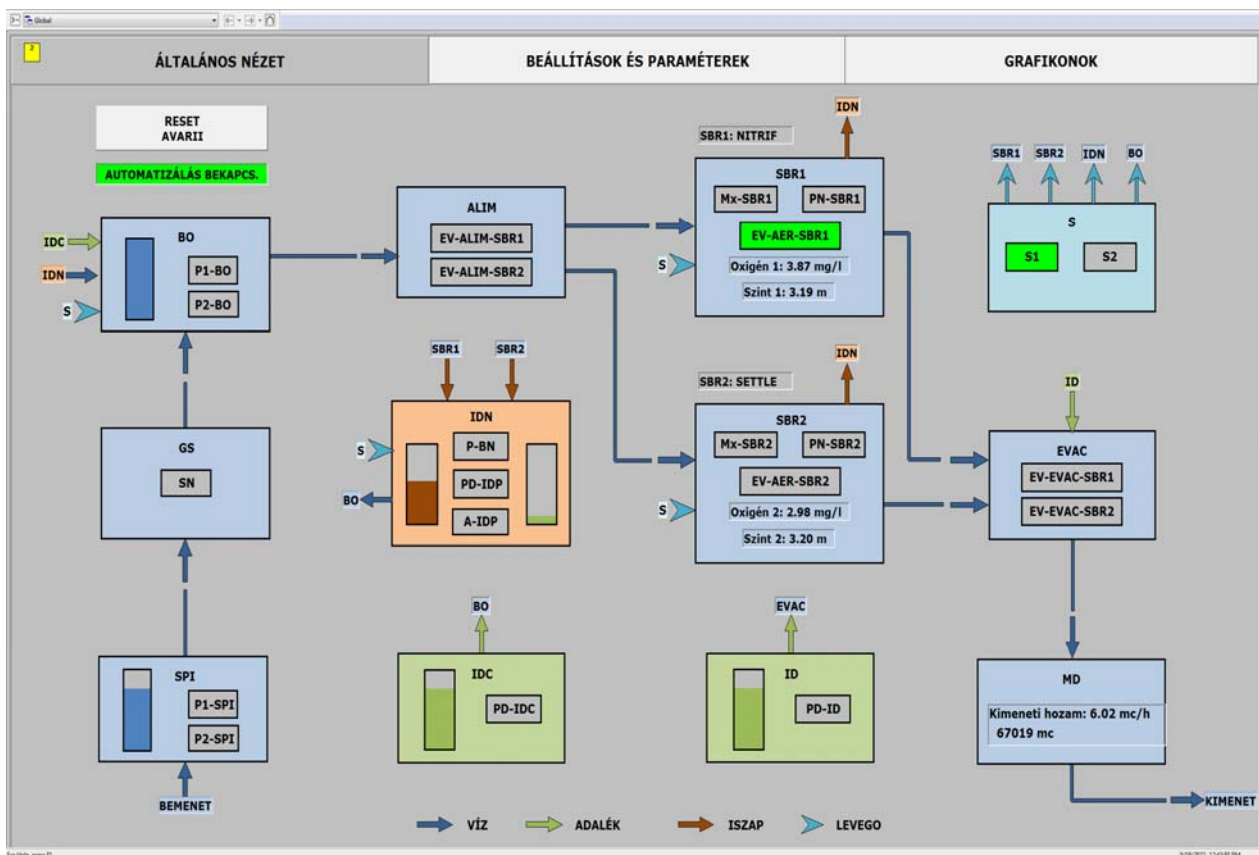
A SCADA rendszer több rétegre szerveződik a 3. ábrán felvázoltak szerint.



3. ábra. A SCADA rendszer hálózata

A 3. ábra szerint a 0. réteget az érzékelők, működtetők és egyéb elektromos áramkörök képezik. Ezek kapcsolódnak a technológiai folyamatot manipuláló gépekhez. Az 1. réteg a programozható logikai vezérlőkből (PLC) áll, amelyek az érzékelőktől gyűjtött adatok alapján, a bennük megvalósított programozás szerint vezérlőjeleket küldenek az működtetőknek. A felügyeleti számítógépek a HMI-kel együtt a 2. réteget képezik. Ezek az eszközök a PLC-ken átszűrt folyamatállapot-információkat gyűjtenek, és visszaküldik a kezelőszemélyzet által elvégzett beállításokat és kiadott parancsokat.

Az 1. ábrán bemutatott technológiai folyamatának megfelelő SCADA rendszer került kidolgozásra és volt üzembe helyezve. Ez biztosítja Alsógárd község szennyvíz-tisztítótelepének vezérlését és automatikus működését, valamint a folyamat-számítógépen keresztül figyelemmel kíséri a működést és a műszaki adatok gyűjtését és tárolását. A 4. ábra a kifejlesztett és megvalósított SCADA rendszer vázlatát mutatja be.



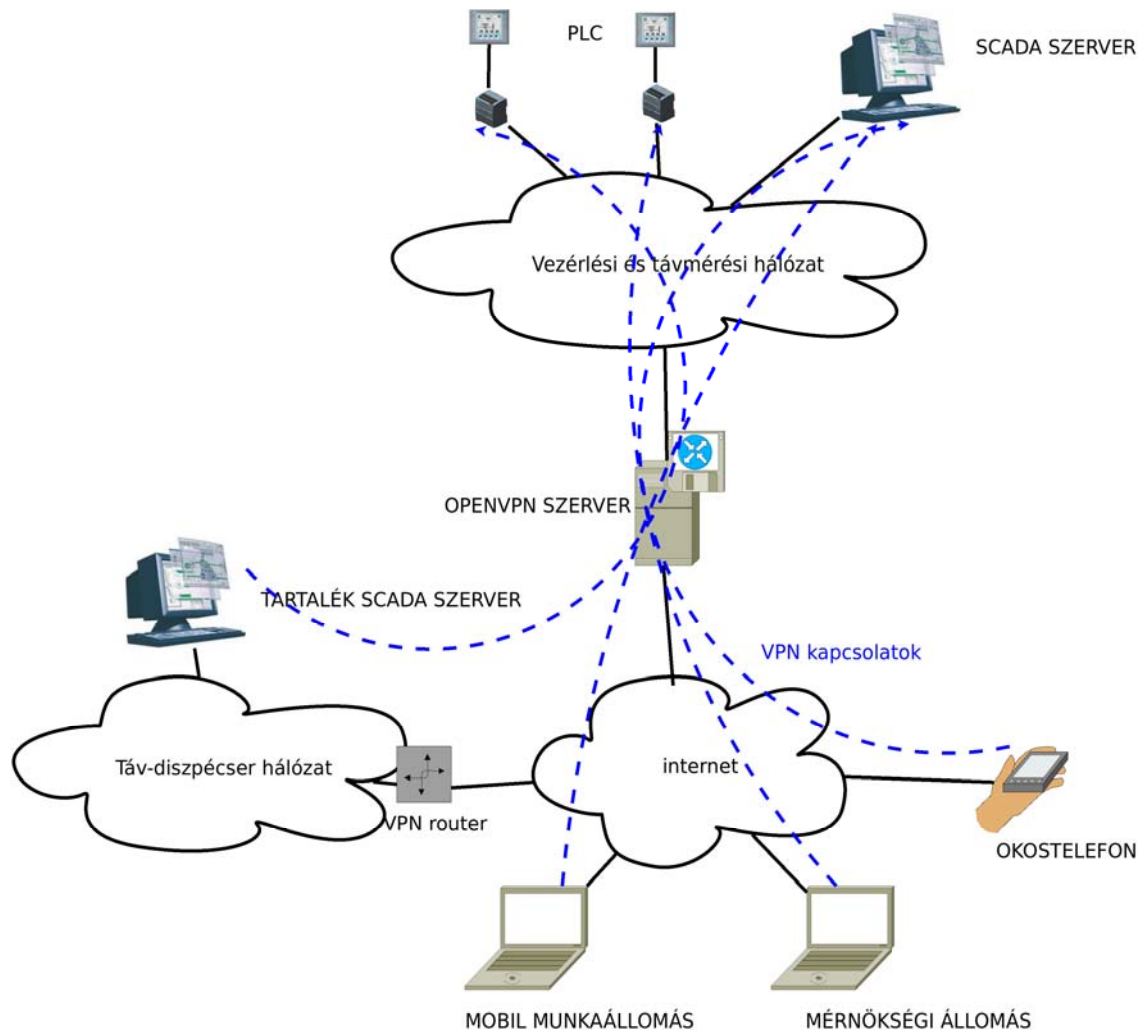
4. ábra. Az alsógárdi szennyvíz-tisztítótelepének SCADA vezérlőfelület képernyőképe

A SCADA számítógép össze van kötve a technológiai folyamatirányító számítógéppel, így a SCADA rendszerbe bejelentkezve változtatások hajthatók végre a technológiai berendezések működési paramétereinek beállításában, ezzel biztosítva a kezelési folyamat minőségi (maradék szennyezőanyag szint) és gazdasági (fajlagos villamosenergia-fogyasztás, vegyszerfogyasztás stb.) optimalizálását.

Mivel a vízi infrastruktúra általában földrajzilag megosztott, a felügyelő és SCADA rendszerekhez való távoli hozzáférés nagy előnyt jelent a válaszidő és a működési költségek optimalizálása szempontjából. Manapság nagyon elterjedt a megbízható internet-hozzáférés. Ez lehetőséget ad arra, hogy távolról elérjük a szennyvíz-tisztítótelep a kommunikációs hálózatát. A kommunikáció létrejöttét követően a szennyvíz-tisztítótelep üzemeltetői hozzáférhetnek az üzem HMI-jéhez olyan technológiák segítségével, mint a távoli képernyő vagy újabban a html.

Ebben az esetben nagy gondot jelent a hálózat biztonsága. Az ipari kommunikációs hálózatok hagyományosan a megbízhatóságot helyezik előtérbe a biztonsággal szemben. Ezeknek, a hálózatoknak az internethez való közvetlen csatlakoztatása veszélyeztetheti a biztonságos üzemeltetést. A hálózat biztonságának növelése érdekében az IT olyan technológiákat alkalmaz, mint a VPN (Virtual Private Network) és a „tűzfal”. Ezen technológiák használatával a kommunikációs hálózathoz való hozzáférés szigorúan ellenőrizhető [9]. A SCADA rendszert VPN-en keresztül távoli eléréssel kombinálva a földrajzilag szétszórott szennyvíz-tisztítótelepek üzemeltetési költségei optimalizálhatók.

Az 5. ábrán az alsógáldi szennyvíz-tisztítótelep folyamat-felügyelő, SCADA és kommunikációs komplex hálózata van felvázolva. Ennek főbb összetevői: folyamat-felügyelő számítógép, SCADA szerver, kommunikációs hálózat (internet), VPN router virtuális magánhálózattal VPN PLC-k, HMI-k és biztonságos távoli terminálok.



5. ábra. Az alsógáldi szennyvíztelep folyamat-felügyelő, SCADA és kommunikációs hálózatának vázlata.

Az 5. ábrának megfelelően a SCADA számítógép virtuális magánhálózati VPN-vel rendelkező routeren keresztül csatlakozik az internethez. Így a biztonságos távoli elérés biztosítva van. Ez lehetővé teszi a szükséges módosítások (technológiai üzemi paraméterek változtatása) elvégzését és a tárolt adatok letöltését és a szükség szerinti feldolgozását.

A bemutatott SCADA rendszer továbbfejleszthető (megfelelő RNS-fehérje szelektív szenzorok beépítésével lehetséges a lakosság fertőzöttségének a követése - pl. SARS-CoV-2 [10], vírusos májgyulladás stb.). vagy módosítható más biotechnológiai folyamatokra (például mikroalga termelő berendezések távvezérelt automatizálására, aminek a kifejlesztésén csapatunk jelenleg dolgozik).

4. KÖVETKEZTETÉSEK

Az alsógáldi szennyvíz-tisztítótelep automata vezérlésére egy SCADA rendszer lett megvalósítva, ami a következő funkciókat látja el:

- a szennyvíz-tisztítótelep gépezeteinek zárt hurkú automata vezérlése;
- helyi kezelőszemélyzet nélküli autonóm működés - az optimális technológiai paraméterek betartásával;
- VPN-útválasztón az internetre biztosítottan csatolt SCADA számítógép hálózaton keresztül engedélyezi a távolsági felügyeletet, és lehetővé teszi a távvezérlést (működési paraméterek

ellenőrzése, módosítása stb.) valamint a begyűjtött és tárolt adatok/paraméterek megjelenítését és/vagy szükségeszerű feldolgozását.

A begyűjtött és tárolt adatok/paraméterek számát a szennyvíz-tisztítótelepre felszerelt érzékelők és jelátalakítók határozzák meg (gazdaságossági okokból korlátozott).

A kifejlesztett és megvalósított SCADA rendszer továbbfejleszhető (speciális szenzorok és jelátalakítók felszerelése) további paraméterek (például az ammóniás nitrogén és foszfor szennyezőanyag-tartalom, szelektív RNS-fehérje tartalom – a lakosság vírusos májgyulladás, COVID, stb. fertőzőségének felmérése érdekében) mérésére. Az üzemeltetett és ipari alkalmazásban bevált rendszer módosítható más biotechnológiai folyamatokra (például mikroalga termelő berendezések távvezérelt automatizálására).

7. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Dolgozatunkat a Romániai Oktatási és Kutatási Minisztérium (CCCDI - UEFISCDI) támogatta anyagilag a PN III-PTE tudományos program keretében - kutatási szerződések: PTE/2020-012 „ESELFBio” és PTE-2021-0075 „EPS μ ALG”.

8. IRODALMI HIVATKOZÁSOK

- [1] Bartha C., Jipa M., Ignat D. M., Tókos A., Lingvay I., *The energy efficiency of domestic wastewater treatment processes: case analysis*, *Electroteh. Electron. Autom.*, 2020. 68 (4), 30-36.
- [2] Frîncu R. M., Iulian O., *Long-term water quality trends in the lower Danube (1996-2017)*, *U.P.B. Sci. Bull., Series B*, 2020. (4), 147-158.
- [3] Nistor M.M., Man T. C., *Water availability variation under climate change in Turkey during 21st century*, *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 2019. 14 (1), 19 - 28
- [4] Frîncu R. M., Iulian O., *Impact of Bucharest wastewater on Dâmbovita river water quality (2010-2015)*, *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 2021. 16 (1), 47 – 58.
- [5] Castellet Viciano & al., *The relevance of the design characteristics to the optimal operation of wastewater treatment plants: energy cost assessment*, *J. Environ. Manage.*, 2018. 222, 275-283.
- [6] Tókos A., Micu D.D., Caramitu A.R., Nascu I., Bartha C., Jipa M., Marin D., Lingvay I., *Long-term Energy Analysis of a Wastewater Treatment Plant with Biogas Production - Case Analysis*, *9th International Conference on Modern Power Systems (MPS)*, IEEEExplore 2021, Doi: 10.1109/MPS52805.2021.9492535
- [7] Tókos A., Bartha C., Micu D. D., Jipa M., Nascu I., Lingvay I., *Energy Consumption in Wastewater Treatment Plants*, *9th Int. Conf. on Modern Power Systems*, IEEEExplore, 2021, Doi: 10.1109/MPS52805.2021.9492616
- [8] Tokos A., Micu D.D., Bartha C., Jipa M., Lingvay I., *SCADA Systems for Wastewater Treatment Plants*, *Electrotehnica , Electronica, Automatica (EEA)*, 2021. 69(3), 39-45.
- [9] Butts J., Sheno S., *Critical infrastructure protection VIII: 8th IFIP WG 11. 10 international conference*, ICCIP 2014, Arlington, VA, USA, March 17-19, 2014, revised selected papers, Berlin: Springer, 2014, p. 246.
- [10] Mallapaty S., *How sewage could reveal true scale of coronavirus outbreak- wastewater testing could also be used as an early-warning sign if the virus returns*, *Nature*, 2020. 580 (7802), 176-177.