

Potencijal upotrebe otpadnih voda iz termoenergetskog postrojenja HEP Proizvodnja Zagreb u navodnjavanju poljoprivrednih kultura

Dellavia, Anamarija

Doctoral thesis / Disertacija

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:119034>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-23**



Sveučilište Josipa Jurja
Strossmayera u Osijeku

**Fakultet
agrobiotehničkih
znanosti Osijek**

Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek - Repository of the Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek](#)



REPUBLIKA HRVATSKA
SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Anamarija Dellavia, univ. mag. ing. agr.

**POTENCIJAL UPOTREBE OTPADNIH VODA IZ
TERMOENERGETSKOG POSTROJENJA HEP PROIZVODNJA
ZAGREB U NAVODNJAVANJU POLJOPRIVREDNIH KULTURA**

DOKTORSKI RAD

Osijek, 2024.

REPUBLIKA HRVATSKA
SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Anamarija Dellavia, univ. mag. ing. agr.

**POTENCIJAL UPOTREBE OTPADNIH VODA IZ
TERMOENERGETSKOG POSTROJENJA HEP PROIZVODNJA
ZAGREB U NAVODNJAVANJU POLJOPRIVREDNIH KULTURA**

- Doktorski rad -

Osijek, 2024.

REPUBLIKA HRVATSKA
SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Anamarija Dellavia, univ. mag. ing. agr.

**POTENCIJAL UPOTREBE OTPADNIH VODA IZ
TERMOENERGETSKOG POSTROJENJA HEP PROIZVODNJA
ZAGREB U NAVODNJAVANJU POLJOPRIVREDNIH KULTURA**

- Doktorski rad -

Mentor: prof. dr. sc. Brigita Popović, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek



Povjerenstvo za ocjenu doktorskog rada:

- 1. izv. prof. dr. sc. Vladimir Ivezić, izvanredni profesor Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek**
- 2. prof. dr. sc. Mirna Habuda-Stanić, redovita profesorica Prehrambeno-tehnološkog fakulteta Osijek**
- 3. izv. prof. dr. sc. Vladimir Zebec, izvanredni profesor Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek**

Osijek, 2024.

REPUBLIKA HRVATSKA
SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Anamarija Dellavia

**POTENCIJAL UPOTREBE OTPADNIH VODA IZ
TERMOENERGETSKOG POSTROJENJA HEP PROIZVODNJA
ZAGREB U NAVODNJAVANJU POLJOPRIVREDNIH KULTURA**

- Doktorski rad -

Mentor: prof. dr. sc. Brigita Popović, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek



Javna obrana doktorskog rada održana je 29. studenog 2024. pred Povjerenstvom za obranu:

- 1. izv. prof. dr. sc. Vladimir Ivezić, izvanredni profesor Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek**
- 2. prof. dr. sc. Mirna Habuda-Stanić, redovita profesorica Prehrambeno-tehnološkog fakulteta Osijek**
- 3. izv. prof. dr. sc. Vladimir Zebec, izvanredni profesor Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek**

Osijek, 2024

REPUBLIKA HRVATSKA
SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

ZAHVALE

Veliku zahvalu dugujem svojoj mentorici, prof. dr. sc. Brigiti Popović, na nesebičnoj pomoći i podršci tijekom doktorskoga studija i pisanja ove doktorske disertacije.

Na ovom putu nailazile smo na različite poteškoće i nije uvijek bilo lako naći pravi put, ali uz podršku kako u struci tako i u znanosti prof. dr. sc. Brigita Popović doprinijela je ovom doktorskom radu.

Najiskrenije zahvaljujem prof. dr. sc. Mirni Habuda-Stanić, koja me u važnim trenucima pravilno savjetovala i ohrabrila na mom putu.

Zahvaljujem svojoj djeci, Viti i Zari, na razumijevanju, podršci i strpljenju koje su uvijek imali za mene.

REPUBLIKA HRVATSKA
SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

POSVETA

Ovu doktorsku disertaciju posvećujem svojim roditeljima,

Katici – Katy i Nicollu Antoniju Dellavii, koji nisu ovdje s nama.

Njima dugujem veliku zahvalnost što su mi uvijek ukazivali na pravi put i na prave vrijednosti u životu.

Ovo je za vas, voljeni moji.

S ljubavlju,

Anamarija

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Doktorska disertacija

Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

Poslijediplomski sveučilišni (doktorski) studij: Poljoprivredne znanosti

Smjer: Agrokemija

UDK:

Znanstveno područje: Biotehničke znanosti

Znanstveno polje: Poljoprivreda

Potencijal upotrebe otpadnih voda iz termoenergetskog postrojenja HEP Proizvodnja Zagreb u navodnjavanju poljoprivrednih kultura

Anamarija Dellavia, univ. mag. ing. agr.

Disertacija je izrađena na Fakultetu agrobiotehničkih znanosti Osijek, Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku.

Mentor: prof. dr. sc. Brigita Popović

Ciljevi ove disertacije bili su: utvrditi pogodnost propisanih metoda za pročišćavanje otpadnih voda od polutanata iz Pogona EL-TO Zagreb za dobivanje vode odgovarajuće kvalitete za upotrebu u navodnjavanju poljoprivrednih kultura, odnosno utvrditi potencijal upotrebe otpadnih voda iz Pogona EL-TO Zagreb i primjenu otpadne vode u navodnjavanju poljoprivrednih kultura određivanjem vrijednosti saliniteta, koncentracije toksičnih iona, pH-vrijednosti, koncentracije karbonata i hirogenkarbonata te vrijednosti koeficijenta adsorpcije natrija (tzv. SAR) i vrijednosti Ostatak natrijevog karbonata odrediti postoji li opasnost od fitotoksičnog djelovanja pročišćenih otpadnih voda upotrebom u navodnjavanju poljoprivrednih kultura. Uzorkovanje i analize otpadne vode iz Pogona EL-TO Zagreb provedene su u certificiranom laboratoriju za analizu otpadnih, površinskih, tehnoloških i procesnih voda NZJZ-a „Dr. Andrija Štampar“. Otpadna voda (288 uzoraka) uzorkovana je tijekom tri godine: 2019., 2020. i 2021., s mjernog okna KMO 1 – Istok i KMO 2 – Jug. Primjena metoda pročišćavanja iz otpadnih voda pogona EL-TO Zagreb rezultirala je pročišćenom otpadnom vodom s niskim koncentracijama teških metala i povoljnom pH-vrijednosti, dok su razine ukupno otopljenih soli na oknu Istok za 2021. godinu ukazivale na slabu do umjereno ograničenu mogućnost primjene otpadne vode za navodnjavanje. Utvrđene vrijednosti koeficijent adsorpcije natrija SAR-a za obje lokacije u svim godinama svrstale su pročišćenu vodu u kategoriju bez ograničenja za navodnjavanje, dok su RSC vrijednosti svrstale analiziranu otpadnu vodu na obje istraživane lokacije u skupinu ograničene primjene za navodnjavanje. Iste rezultate potvrdio je i test fitotoksičnosti, koji je pokazao negativan utjecaj ukupnih soli na klijavost testnih biljaka na lokaciji Istok.

Broj stranica: 178

Broj grafikona: 10

Broj slika: 5

Broj tablica: 60

Broj literaturnih navoda: 141

Jezik izvornika: hrvatski

Ključne riječi: voda, pročišćavanje otpadnih voda, test fitotoksičnosti

Datum obrane:

Povjerenstvo za obranu:

1. izv. prof. dr. sc. Vladimir Ivezić – predsjednik
2. prof. dr. sc. Mirna Habuda-Stanić – član
3. izv. prof. dr. sc. Vladimir Zebec – član

Disertacija je pohranjena u: Nacionalna i sveučilišna knjižnica u Zagrebu, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Josip Juraj Strossmayer in Osijek

PhD thesis

Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

Postgraduate university study: Agricultural sciences

Course: Agrochemistry

UDK:

Scientific Area: Biotechnical Sciences

Scientific Field: Agriculture

The potential of using wastewater from the thermal power HEP production in Zagreb in the irrigation of agricultural crops

Anamarija Dellavia, M. Eng. Sc. Agr.

Thesis performed at Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, University of Josip Juraj Strossmayer in Osijek

Menthor: Ph. D. Brigita Popović, full professor

The aims of this dissertation were: to determine the suitability of the prescribed methods for purifying wastewater from pollutants from the EL-TO Zagreb Plant to obtain water of appropriate quality for use in the irrigation of agricultural crops, to determine the potential of using wastewater from the EL-TO Zagreb Plant for use in the irrigation of agricultural crops culture by determining the salinity value, the concentration of toxic ions, pH value, concentration of carbonate and hydrogen carbonate, and to determine whether there is a danger of phytotoxic effects of purified wastewater when used in the irrigation of agricultural crops. Sampling and analyzing wastewater from the EL-TO Zagreb plant were carried out in the certified laboratory to analyze waste, surface, technological and process waters of NZJZ Dr. Andrija Stampar. Wastewater (288 samples) was sampled during three years 2019, 2020, 2021 from the measuring location KMO 1 - East and KMO 2 - South. The methods of purifying heavy metals from the wastewater of the EL-TO Zagreb facility resulted in purified wastewater with low concentrations of heavy metals and a favorable pH value, while the levels of total dissolved salts at the Istok location for the year 2021 indicated a weak to moderate restriction of the application of wastewater for irrigation. The determined SAR values for both locations in all years classified the treated water in the category of no restrictions for irrigation, while the RSC values classified the analyzed wastewater at both investigated locations in the group of limited application for irrigation. The same results were confirmed by the phytotoxicity test, which showed a negative influence of total salts on the germination of the test plants in the East location.

Number of pages: 178

Number of graphs: 10

Number of figures: 5

Number of tables: 60

Number of references: 141

Original in: Croatian

Key words: water, wastewater treatment, phytotoxicity test

Date of the thesis defense:

Reviewers:

- 1. Vladimir Ivezic, PhD, associate professor – chair person**
- 2. Mirna Habuda Stanic, PhD, full professor – member**
- 3. Vladimir Zebec, PhD, associate professor – member**

Thesis deposited in: National and University Library, University of Josip Juraj Strossmayer in Osijek

KAZALO

1. UVOD	1
1.1. Pregled literature	7
1.2. Ciljevi istraživanja	17
2. MATERIJAL I METODE RADA	18
2.1. Uzorkovanje i analiza otpadne vode u pogonu HEP Proizvodnja EL-TO Zagreb	18
2.1.1. Uzimanje uzoraka vode i njihovo čuvanje	21
2.1.2. Metodologija pročišćavanja i monitoring otpadnih voda	22
2.2. Analiza kemijskih svojstava i teških metala u otpadnim vodama	23
2.2.1. Određivanje pH-vrijednosti	23
2.2.2. Određivanje teških metala (TM): arsena (As), kadmija (Cd), kroma (Cr), bakra (Cu), olova (Pb), nikla (Ni), cinka (Zn) i žive (Hg)	23
2.3.2.1. Metodologija HRN EN ISO 17294-1:2008	23
2.3.2.2. Metodologija HRN EN ISO 17294-2:2016	24
2.3.2.3. Metodologija HRN EN ISO 12846:2012	25
2.3. Utvrđivanje fitotoksičnosti testom klijavosti i biološkim testom	25
2.4. Prikladnost voda za navodnjavanje	28
2.4.1. Koeficijent adsorpcije natrija (SAR)	28
2.4.2. Ostatak natrijevog karbonata (RSC)	29
2.5. Statistička obrada podataka	30
3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA	31
3.1. Rezultati ispitivanja otpadnih voda iz pogona EL-TO Zagreb za 2019., 2020. i 2021. godinu	31
3.2. Kemijska svojstva otpadnih voda iz pogona EL-TO Zagreb za 2019., 2020. i 2021. godinu	32
3.3. Analiza varijance svojstava otpadne vode	43
3.4. Kontrola kvalitete otpadnih voda u pogonu EL-TO testom fitotoksičnosti	51
3.4.1. Test fitotoksičnosti na testnim biljkama u 2019. godini	52
3.4.1.1. Utjecaj testnih kultura na postotak proklijalih sjemenki u 2019.	52
3.4.1.2. Utjecaj tretmana na duljinu korijena i izdanka testnih kultura u 2019.	54
3.4.1.3. Utjecaj testne kulture na indeks klijavosti u 2019.	55
3.4.2. Test fitotoksičnosti na testnim biljkama u 2020. godini	57
3.4.2.1. Utjecaj testnih kultura na postotak proklijalih sjemenki u 2020.	57
3.4.2.2. Utjecaj tretmana na duljinu korijena i izdanka testnih kultura u 2020.	58

3.4.2.3. Utjecaj testne kulture na indeks klijavosti u 2020.-----	60
3.4.3. Test fitotoksičnosti na testnim biljkama u 2021. godini-----	61
3.4.3.1. Utjecaj testnih kultura na postotak proklijalih sjemenki u 2021.-----	61
3.4.3.2. Utjecaj tretmana na duljinu korijena i izdanka testnih kultura u 2021.-----	62
3.4.3.3. Utjecaj testne kulture na indeks klijavosti u 2021.-----	64
3.5. Pokazatelji i indeksi kakvoće otpadnih voda u pogonu EL-TO i pogodnost za navodnjavanje-----	65
3.5.1. Pogodnost otpadnih voda za navodnjavanje-----	67
4. RASPRAVA-----	73
4.1. Koncentracija teških metala i ostalih kemijskih svojstva vode-----	74
4.2. Kontrola kvalitete otpadnih voda u pogonu EL-TO testom fitotoksičnosti -----	77
4.3. Pokazatelji i prikladnost otpadnih voda za navodnjavanje u pogonu EL-TO-----	79
4.3.1. pH vrijednost i otopljene soli-----	79
4.3.2. Koeficijent adsorpcije natrija (SAR) i ostatak natrijevog karbonata (RSC)-----	81
4.3.3. Kloridi u otopljenoj vodi -----	82
5. ZAKLJUČAK-----	86
6. LITERATURA-----	88
7. SAŽETAK-----	98
8. SUMMARY-----	100
9. PRILOZI-----	102
10. ŽIVOTOPIS-----	167

1. UVOD

Voda, kao esencijalan, nezamjenjiv i ograničen resurs, ima neprocjenjivu važnost koja se ogleda u njezinoj elementarnoj funkciji, u svim fiziološkim procesima svih živih bića (Andlar 2016). U prirodi, oceani, jezera i močvare spadaju u vode stajačice, dok u vode tekućice spadaju rijeke i podzemne vode (Sofilić 2015).

Razvojem urbanih naselja i porastom standarda stanovništva dolazi do onečišćenja čovjekove okoline, a među najteže oblike onečišćenja svakako se ubraja onečišćenje voda. Upotreba vode za različite namjene u konačnici uzrokuje i povećanje količine otpadnih voda.

Stoga je od iznimne važnosti poznavanje karakteristika vode, s ciljem utvrđivanja izvora mogućega štetnog utjecaja odnosno praćenja epidemioloških studija vezanih uz određeni kemijski i mikrobiološki sastav vode. Takav trend sve većeg onečišćenja voda značajno ugrožava čovjekov okoliš, a mehanizmi koji se primjenjuju pokazuju nam kako upotrebljavamo vodu i koliko ozbiljno postupamo s njom kao neprocjenjivim resursom koji je neophodan za život na planetu. Također, učestala i dugotrajna primjena vode bez plana gospodarenja dovodi do onečišćenja voda, a sveprisutne klimatske promjene sve više smanjuju kvalitetu i dostupnost vode te tako dovode do fizičke promjene vodenih staništa.

Sve navedeno uvelike utječe i na suvremene trendove u poljoprivrednoj proizvodnji, stoga se proizvođači moraju prilagoditi novim uvjetima i neprestano pronalaziti nove alate, vještine i rješenja kako bi se osigurala stabilna poljoprivredna proizvodnja. Danas se navodnjavanje nameće kao jedna od najvažnijih agrotehničkih mjera, a jedno od mogućih rješenja jest korištenje otpadnih voda u svrhu navodnjavanja (Klingbeil i Todd 2018).

Reciklirana otpadna voda može se koristiti u poljoprivredi za nadoknadu nestašice vode. Navodnjavanje otpadnim vodama koje su prošle postupak recikliranja ima dugu povijest razvoja i prošlo je različite faze u zemljama u razvoju i razvijenim zemljama. Navodnjavanje nepročišćenom otpadnom vodom koja nije bila izložena postupku pročišćavanja može dovesti do brojnih ekoloških problema. Snažne prakse upravljanja, primjena suvremenih odgovarajućih tretiranih i navodnjavanih tehnologija, mogu se koristiti za postizanje odličnih rezultata uz minimiziranje rizika. Danas se uvelike razmatra o glavnim izazovima povezanim s navodnjavanjem recikliranim otpadnim vodama i budućoj primjeni novih tehnologija s ciljem za poboljšanje prakse navodnjavanja recikliranim otpadnim vodama diljem svijeta (Zhang, Shen, 2017). Primjena otpadnih voda u suvremenoj agroproizvodnji nosi velik broj rizičnih

čimbenika s obzirom na to da te vode mogu biti kontaminirane brojnim patogenima i/ili teškim metalima koje biljke potencijalno mogu apsorbirati kroz tlo i potom u ljudski i prehrambeni lanac. Poznato je da teški metali imaju ozbiljne štetne učinke na ljudsko zdravlje te nameću ozbiljan izazov i prepreku u agromelioracijama otpadnim vodama (Dickin i sur. 2016).

Otpadne vode su vode koja su ispuštene iz režima javne odvodnje, a nastaju različitim korištenjem vode iz raznih vodoopskrbnih sustava za primarne funkcije, pri čemu dolazi do značajnih odstupanja njezinih fizikalnih, kemijskih i bioloških svojstava (Tušar 2004). Prema mjestu nastanka dijele se na komunalne, industrijske i oborinske vode (Štrkalj 2014). Komunalne otpadne vode obuhvaćaju iskorištene vode iz kućanstava i sanitarnih čvorova te mješavine voda koje nastaju pranjem ulica, javnih objekata, pri obavljanju uslužnih djelatnosti i obrtničkih radionica. Industrijske otpadne vode jesu vode nastale korištenjem vode u samoj tehnologiji procesa rada i proizvodnje, u industrijskim i drugim proizvodnim pogonima te rashladne vode industrijskih postrojenja.

Pročišćavanje otpadnih voda proces je koji se provodi s ciljem smanjenja količine onečišćujućih tvari do razine neškodljivosti tj. da pročišćena otpadna voda ispuštena u prijamnike nema štetne posljedice za zdravlje ljudi i okoliš (Višić 2015). Postupak pročišćavanja otpadne vode definiran je količinom, sastavom i kakvoćom otpadne vode. Mehanizmi pročišćavanja otpadnih voda koji se danas primjenjuju u industriji mogu biti kemijski (neutralizacijski, oksidacijski ili redukcijski postupak), mehanički, fizikalni (taloženje, filtracija, adsorpcija), fizikalno-kemijski (koagulacija/flokulacija, aeracija, ekstrakcija, spaljivanje, osmoza, elektroliza) i biološki (aerobna i anaerobna razgradnja). Primjena metode pročišćavanja ovisi o klasifikaciji i svojstvu otpadnih voda. Kada govorimo o pročišćavanju industrijskih otpadnih voda one se pročišćavaju primjenom različitih mehaničkih postupaka gdje se iz vode uklanjaju grube nečistoće u obliku velikih plutajućih ili suspendiranih tvari. Najjednostavniji proces pročišćavanja otpadnih voda naziva se i bazični, odnosno primarni postupak pročišćavanja. Fizičkim procesima koji uključuju sedimentaciju i flotaciju otklanjaju se sve suspendirane tvari, dok se koloidne tvari iz vode uklanjaju primjenom kemijskih procesa. Neutralizacija i koagulacija ubrajaju se u najvažnije procese kemijskog pročišćavanja. Fizikalno-kemijski procesi otklanjaju anorganske i organske otopljene tvari, a često se nazivaju naprednim tehnologijama jer nadopunjuju druge postupke pročišćavanja. Biološki procesi uklanjaju organske tvari, a primjenjuju se samo kada su zagađivači biološki razgradivi i ne sadrže toksične tvari u kritičnim količinama (Baysal i sur. 2013).

Posebna pozornost pri pročišćavanju voda pridaje se uklanjanju teških metala. Po definiciji teški metali često se nazivaju i „elementi u tragovima“ jer su u većini tala, biljaka i živih organizama najčešće prisutni u vrlo niskim koncentracijama (mg/kg ili manje) (Lončarić i sur. 2012), a u ekosustav dopijevaju iz organskih i atmosferskih odnosno antropogenih izvora te se dalje prenose i hranidbeni lanac. Najčešći teški metali koji se nalaze u otpadnim vodama jesu arsen (As), olovo (Pb), živa (Hg), kadmij (Cd), krom (Cr), bakar (Cu), nikal (Ni), srebro (Ag) i cink (Zn) (Akpor i sur. 2014). Teški metali mogu biti toksični i smrtonosni u vrlo niskim koncentracijama jer rastopljeni u vodi, prelaze u ionski oblik i ne mogu se organski apsorbirati, ali se mogu bioakumulirati (Lončarić i Božić, 2015). Posljedično, ispuštanje velike količine teških metala u vode dovodi do stvaranja ozbiljnih zdravstvenih i ekoloških problema, a može uvjetovati porast cijene u tehnologiji kondicioniranja otpadnih voda zbog uvođenja dodatnih metoda u procesu pročišćavanja otpadnih voda.

Naime, teške metale moguće je iz otpadnih voda ukloniti primjenom više metoda, no na njihovu učinkovitost najčešće utječu sljedeći parametri: pH, početna koncentracija teških metala te troškovi sustava pročišćavanja se povećavaju sukladno povećanju koncentracije akumuliranih teških metala. (Bujas i sur. 2013). Ovisno o koncentraciji posljedično mogu izazvati sustavno izumiranje ili oštećenje vodene flore i faune, a nakupljanje toksičnih tvari u mesu riba i školjkaša posljedično može štetno djelovati na zdravlje ljudi (Jurac 2009).

Danas se za odstranjivanje teških metala iz kontaminirane otpadne vode mogu primijeniti različite tehnologije i metode, kao što su kemijsko taloženje, koagulacija/flokulacija, flotacija, ionska izmjena, adsorpcija te membranska filtracija, a svaki od tih postupaka ima svoje pogodnosti i odstupanja u primjeni. Među raznolikim tehnikama obrade koje se provode najučestaliji su proces kemijskog taloženja i proces neutralizacije, koji se ujedno ubrajaju u najčešće korištene metode zbog svoje jednostavnosti i ekonomičnosti primjene. Općenito se može reći da optimalna metoda za pročišćavanje otpadnih voda treba biti pogodna i primjenjiva u lokalnim uvjetima te treba učinkovito uklanjati kontaminante ispod maksimalno dopuštenih razina onečišćenja određenih međunarodnim i nacionalnim standardima (Kurniawan i sur. 2006). U Republici Hrvatskoj kvaliteta otpadnih voda propisana je Zakonom o vodama (NN 66/19, NN 84/21) i Pravilnikom o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda (NN 26/20).

I nakon primjene naprednih postupaka pročišćavanja otpadnih voda onečišćujuće tvari mogu se zadržati u pročišćenoj vodi. Po završetku procesa pročišćavanja dio te vode vraća se u vodene ekosustave. Na kvalitetu vode, jezera, mora i rijeka mogu utjecati različite onečišćujuće tvari koje se talože u vodi, a prenose se zrakom i vjetrom ili mogu biti ispuštene iz prometa i industrije. Primjena vode koja se koristi u energetskom sektoru za hlađenje može biti značajno toplija od zahvaćene vode. Slana voda s visokom koncentracijom soli u postupku desalinizacije može se ispuštati u morski okoliš, odnosno u more.

Sagledavajući razdoblje u intervalu od 2010. do 2015. godine, samo 39 % površinskih voda realiziralo je plan EU-a minimalnog „dobrog“ ili „visokog“ ekološkog stanja, dok je 38 % voda ostvarilo „dobro“ kemijsko stanje. Vode koje po svom kemijskom stanju spadaju u „loše“ nastaju zbog onečišćujućih tvari kao što su npr. nitrati iz poljoprivrede koji nisu djelotvorno odstranjeni. U jezerima i oceanima akumuliraju se mnoge onečišćujuće tvari koje se apsorbiraju i prenose vodom. Mnoge rijeke fizički su izmijenjene usred različitih ljudskih aktivnosti. (Hrvatske vode i Europska Unija, 2015).

Jedan od bitnih čimbenika jest zaštita vode od onečišćenja. Kod kemijski onečišćene vode vrlo je važno definirati razinu onečišćene vode koja nije štetna za život. Kao elementarni izvori onečišćenja okoliša mogu se izdvojiti industrijski pogoni i tehnološki procesi koji za vrijeme proizvodnje ispuštaju tehnološke vode u vodotoke koje se onečišćuju toksičnim tvarima bez prethodne obrade maksimalno dopuštenih granica. U poljoprivredi se često primjenjuju kemijska sredstva poput herbicida i mineralnih gnojiva koja bez dovoljne kontrole dospijevaju u rijeke i potoke, odnosno u vodene ekosustave.

Gradski odvodi danas se smatraju jednim od glavnih onečišćivača voda. Kako bi se spriječilo onečišćenje voda, potrebno je provesti sanacijski plan voda monitoringom, odnosno provođenjem učestalih analiza uz dopuštene propisane granične vrijednosti koje ne smiju biti prekoračene za parametre koji se promatraju. Danas temeljni gospodarski čimbenici, poput poljoprivrede, primjenjuju znatne količine slatke vode tijekom proizvodnih ciklusa. Promjene u klasifikaciji ili sastavu vode izravno utječu na lokalni okoliš i lokalno stanovništvo. Globalni problemi, kao što su velike količine plastike i porast temperature vode u oceanima, mogu dovesti do negativnih posljedica na lokalnoj razini. Uslijed problema koji nastaje na lokalnoj i globalnoj razini, potrebna je suradnja upravljačkih struktura koje se mogu kvalitetno nositi s izazovima današnjice. Put k učinkovitoj ekološkoj primjeni vode i njezinih resursa uključuje ekološku održivost, inovativne odnosno napredne tehnologije, prevenciju nastajanja otpada

(npr. smanjenje istjecanja gubitaka u cjevovodima), ponovnu primjenu, recikliranje itd., što predstavlja sastavne aspekte kružnoga gospodarstva.

Otpadne vode mogu uzrokovati onečišćenja rijeka, mora, jezera i podzemnih voda, čime mogu biti ugrožene mnoge biljne i životinjske vrste na Zemlji. U otpadnim vodama dolazi do razvoja raznih mikroorganizama koji troše kisik, što u konačnici ima negativne učinke poput uginuća riba, uništenja flore i faune te razvoja patogenih mikroba.

Domaćinstva, kućanstva i industrija u samom procesu proizvodnje generiraju velike količine otpadne vode koje mogu biti onečišćene i kontaminirane. Tako onečišćene i kontaminirane otpadne vode prije samog ispuštanja u vodotokove treba pročititi. U industriji postoji nekoliko načina predtretmana koji se primjenjuju za pročišćavanje otpadnih voda. Izbor metodologije procesa pročišćavanja otpadne vode ovisi o klasifikaciji i tipu otpadnih voda. Otpadne vode koje su prošle tretman pročišćavanja mogu se ispuštati u sustav javne kanalizacijske odvodnje. Kvaliteta otpadnih voda i dopuštene granične vrijednosti emisija u otpadnim vodama propisane su zakonima o otpadnim vodama kako bi se osigurala kvaliteta voda i pridonijelo zaštiti ljudi i okoliša.

Završnom obradom voda podrazumijeva se uklanjanje mikroorganizama iz otpadnih voda koji mogu izazvati bolesti.

Razmotri li se konstatacija da danas mnoga naselja u ruralnim i urbanim područjima ne raspoložu ispravnim sanitarno-tehničkim rješenjem pročišćavanja i odvodnje otpadnih voda, odnosno nemaju komunalnu infrastrukturu, potrebno je pristupiti izgradnji sveobuhvatnog sustava odvodnje i pročišćavanja otpadnih i kontaminiranih voda, što predstavlja nužnu mjeru prema očuvanju zdravlja ljudi i očuvanju okoliša.

Kod oborinske odvodnje najčešće se pribjegava rješenju pomoću otvorenih oborinskih i cestovnih kanala. Većina takvih kanala za odvodnju zamuljena je i onečišćena, što dovodi do smanjenog protoka jer je protjecajni profil smanjen, pa se nakon kišnih razdoblja voda zadržava i talože se čestice, što uzrokuje širenje neugodnih mirisa u neposrednoj okolini.

Odvodnja oborinskih i otpadnih voda smatra se jednim od najbitnijih izazova u funkcioniranju gradova i urbanih područja. Mnogi gradovi i naselja danas imaju sustav odvodnje koji nije cjelovit (u smislu nedovršenog sustava odvodnje koji bi obuhvatio cijelo područje grada kanalizacijskim sustavom kojim bi se otpadne vode transportirale na lokaciju uređaja za pročišćavanje), a često nisu izgrađeni ni sustavi za pročišćavanje otpadnih voda u

kojima bi se nakon odgovarajućeg tretmana postigli parametri koji bi dopustili ispuštanje obrađenih otpadnih voda u recipijent (vodotok).

Iz prethodnih navoda razvidno je kako je od ključne važnosti da naselja i gradovi imaju kvalitetan sustav za pročišćavanje i odvodnju otpadnih odnosno onečišćujućih kontaminiranih voda kako bi se mogle profesionalno i učinkovito provoditi djelatnosti odvodnje komunalnih voda i pročišćavanja kontaminiranih voda s ciljem postizanja višeg standarda glede zaštite voda.

Prilikom analiziranja voda ispituje se kemijski sastav vode kako bi se utvrdila sistematizacija i klasifikacija voda koja se namjerava upotrijebiti za određenu namjenu u odnosu na maksimalno dopuštene granične vrijednosti pojedinačnih čimbenika, odnosno indikatora. Kemijskim, biološkim i mikrobiološkim analizama utvrđuje se jesu li u analiziranoj vodi prekoračene dopuštene granične vrijednosti emisija u otpadnim vodama za pojedine elemente.

1.1. Pregled literature

Kvaliteta voda za navodnjavanje

Prema istraživanjima FAO (2016), primjena otpadnih voda u agromelioracijama legitiman je način saniranja takvih vrsta otpada i većinom ima pozitivan učinak na plodnost tla.

Korištenje reciklirane otpadne vode koja je prošla različite tretmane (efluent) za navodnjavanje danas se nameće kao jedno od glavnih resursa za ublažavanje pritiska na slatkovodne vode. Tako je glavni cilj u istraživanju Lado i Ben-Hur (2010) bio poboljšati osnovno razumijevanje učinaka navodnjavanja različitim otpadnim vodama na zasićenu hidrauličku vodljivost (K_s) sušnih i polusušnih tala.

Levy i sur. (2010) navode kako se svjetska populacija povećava i potražnja za vodom sve više raste, pa postoji sve veća potražnja za informacijama o ponovnoj upotrebi otpadnih voda, posebno za navodnjavanje ključnih prehrambenih usjeva diljem svijeta, korištenju pročišćene otpadne vode u poljoprivredi te njezinu utjecaju na usjeve i okoliš tla, što uključuje sastav i obradu otpadnih voda, zdravstvene aspekte, propise i ekonomske aspekte.

Korištenje recikliranih otpadnih voda u primjeni navodnjavanja se razmatra kao jedno od mogućih tehničkih rješenja za minimiziranje degradacije tla i obnavljanja sadržaja hranjivih tvari u tlu. Cilj istraživanja Faith i sur. (2007) bila je dati prikaz kako se može povećati plodnost i minimizirati degradacija tala koja su navodnjavana recikliranom otpadnom vodom koja je predhodno prošla razne tretmane i postupke pročišćavanja. U svrhu eksperimenta proveden je terenski pokus kako bi se istražili učinci kontrole i navodnjavanja otpadnom vodom, koja je bila izložena različitim tretmanima pročišćavanja, na raspodjelu makro i mikronutrijenata unutar profila tla i sadržaj hranjiva u tlu.

Safi i sur. (2018) u svom istraživanju upotrebljavali su otpadnu vodu u uzgoju krastavaca, pri čemu su ispitivali učinak otpadne vode na kemijski sastav tla i kako onečišćena voda utječe na porast krastavaca. Autori su došli do zaključka kako primjena otpadnih voda nema negativnih učinak na kemijski sastav tla, odnosno kako je plodnost tla imala pozitivan učinak na porast vegetativne mase krastavaca.

Van Rooijen i sur. (2010) istraživali su upotrebu otpadnih voda u navodnjavanju alternativnih kultura u poljoprivrednoj proizvodnji u Addis Ababi te došli do zaključka kako upotreba takve vode ima velik potencijal koji se primarno ogleda u štednji uobičajeno korištene vode za navodnjavanje, poglavito u područjima deficitarnima vodom.

pH-vrijednost je negativni logaritam koncentracije vodikovih iona, a pH-vrijednost može biti u granicama od 0 do 14. Većina prirodnih voda ima pH-vrijednosti u granicama od 5,5 do 8,5, dok pH-vrijednost otpadnih voda ovisi o sadržaju jakih i slabih kiselina i/ili baza koje se ispuštaju iz industrijskih pogona (Tedeschi, S. 1997).

Dadić (2001) navodi kako voda može provoditi električnu energiju, što se naziva elektrovodljivost. Ta učinkovitost varira ovisno o prisutnosti iona, pokretljivosti, valenciji iona, temperaturi mjerenja i njihovoj ukupnoj koncentraciji. Soli odnosno kationi kalcija, magnezija, natrija i kalija te anioni karbonata, hidrogenkarbonata, klorida, sulfata i nitrata čine ukupno otopljene anorganske soli u vodi. Salinitet je bitno značenje vode koje ograničava njezinu primjenu u poljoprivrednoj proizvodnji jer se povišeni salinitet može negativno odraziti na kemijska i fizikalna svojstva tla.

Kuleš i Habuda-Stanić (2000) navode kako kod prirodnih voda razlikujemo izvorsku, bunarsku, riječnu, jezersku i morsku vodu. Atmosferska voda je najčišća u prirodi jer sadrži otopljene plinove iz zraka, kisik, dušik, ugljikov dioksid, amonijak, a u industrijskim predjelima još i sumporov dioksid, sumporovodik, čađu i prašinu. Postupak određivanja organoleptičkih, fizikalno-kemijskih, mikrobioloških i ostalih klasifikacija vode radi definiranja njezine prikladnosti predstavlja analiza vode.

Štambuk-Giljanović i sur. (2005) navode kako se prilikom karakteriziranja i proučavanja karakteristika voda (otpadne, oborinske, procesne, podzemne) mogu koristiti različiti koeficijenti. Koeficijent koji se odražava na sve komponente vode jest sadržaj klorida, odnosno sulfata. Korigiranjem toga indikatora mijenjaju se i ostali pokazatelji kao što su tvrdoća te sadržaj kalcija, magnezija i natrija, čime se mijenja i klasifikacija voda.

Prema Lazarova i sur. (2005) u vodi za navodnjavanje mogu se pojaviti bor, natrij i klor koji spadaju u najzastupljenije fitotoksične ione. Ioni bora, natrija i klorida mogu imati toksično djelovanje u sinergiji s drugim ionima ili kada djeluju samostalno.

Povećane koncentracije hidrogenkarbonata koje se kreću u rasponu od 180 do 240 mg/l dovode do povećanja pH-vrijednosti tla te u korelaciji s karbonatima mogu utjecati na fizikalna i kemijska svojstva tla. Između ostaloga, ioni hidrogenkarbonata mogu reagirati s ionima kalcija ili magnezija, što dovodi do taloženja karbonata kalcija ili magnezija. Pojava dovodi do povećavanja SAR-a (koeficijent adsorpcije natrija) u tlu zbog smanjene koncentracije otopljenog kalcija (Kralj, 2017). Isti autor navodi kako je najdostupniji način monitoringa iona

natrija na okoliš preko koeficijenta adsorpcije natrija (SAR), što ukazuje na jedan od indikatora prikladnosti vode za navodnjavanje.

Lazarova i sur. (2005) u svom radu navode da ukoliko voda koja se koristi za navodnjavanje sadrži višak karbonata i hidrogenkarbonata, dolazi do pojave bijelih mrlja na dijelovima biljke koje smanjuju njena kvalitativna svojstva, a povećava se količina hidrogenkarbonata i karbonata, što uzrokuje „začepljenja“ u aparaturi za navodnjavanje. Isti autori ističu i važnost pH vrijednosti vode koja se mora kretati unutar dozvoljenog mjernog intervala jer u suprotnom ako voda ima pH-vrijednost izvan mjernog intervala može iskazivati korozivna svojstva te biti parametar za prisutnost toksičnih iona.

Sličnim istraživanjem bavili su se i Faouzi i sur. (2020) koji navode i naglašavaju kako povišena pH-vrijednost otpadne vode nije imala nikakvih nepovoljnih posljedica na kakvoću grožđa, kao ni na sadržaj šećera u grožđu, što ukazuje na to kako je primjena otpadne vode opravdala sve ispitivane parametre istraživanja u Maroku. Primjena otpadne vode pridonijela je stvaranju novih obradivih površina i nije imala nepovoljan učinak na ekološku poljoprivrednu proizvodnju.

Castro i sur. (2011) u svome radu naglašavaju kako primjena otpadne vode može biti glavni izvor hraniva te je otpadne vode preporučljivo primijeniti navodnjavanje poljoprivrednih kultura pri čemu nije bilo nepovoljnih učinaka koji bi se nepovoljno odrazili na bujnost i vegetaciju tla, kao i na zdravlje ljudi.

Shomar i sur. (2003) zaključili su da navodnjavanje pročišćenom otpadnom vodom nije imalo negativnih utjecaja na plodnost tla te da je potencijalno dobar izvor vode za navodnjavanje u poljoprivredi. Autori su se prvenstveno bavili analizom teških metala u otpadnoj vodi te su zaključili kako je sadržaj teških metala bio unutar granica propisanih standardima.

S drugog aspekta Dickin i sur. (2016) u svom radu navode kako je poznato da teški metali mogu imati značajne negativne posljedice na ljudsko zdravlje i okoliš stoga navodnjavanje poljoprivrednih kultura otpadnom vodom istovremeno predstavlja prepreku i ozbiljan izazov.

Eissa i Negim (2018) u svom istraživanju napominju kako je primjena navodnjavanja kanalizacijskom pročišćenom otpadnom vodom rezultirala akumulacijom, odnosno nakupljanjem teških metala (TM) u jestivim dijelovima špinata i salate u kojima su gornje

granice određenih TM-ova (Pb, Cd i Ni) znatno odstupale od dozvoljenih te iste nisu bile pogodne za ljudsku konzumaciju.

Prema Yacine Rata i sur. (2022) dugotrajno navodnjavanje pročišćenom otpadnom vodom može dovesti do nakupljanja teških metala u tlu koji, potom, mijenjaju fizikalno-kemijska svojstva tla. Prema istraživačima, utjecaj na taj proces imaju kemijski sastav obrađene otpadne vode, kao i klimatski uvjeti.

Abedi-Koupai i sur. (2006) u svome istraživanju ispitivali su učinak navodnjavanja pročišćenom otpadnom vodom na kemijska i fizikalna svojstva tla u sušnom području. Otpadna voda aplicirala se pod sustavima prskalice i površinskog navodnjavanja za tri usjeva šećerne repe, kukuruza i suncokreta. Uzorci tla prikupljeni su do 120 cm dubine kako bi se odredila koncentracija olova (Pb), mangana (Mn), željeza (Fe), kadmija (Cd), nikla (Ni), kobalta (Co), bakra (Cu) i cinka (Zn). Navodnjavanje je dalo pozitivne rezultate kod svih istraživanih tala.

Khaskhoussy i sur. (2015) istražili su utjecaj navodnjavanja pročišćenom otpadnom vodom na sastav tla. Istraženi su uzorci tla navodnjavani pročišćenom otpadnom vodom. Korišteno je pet dubina tla: 0 – 30, 30 – 60, 60 – 90, 90 – 120 i 120 – 150 cm. Navodnjavanje pročišćenom otpadnom vodom značajno je povećalo sadržaj ($P \leq 0,05$) EC, Na, K, Ca, Mg, Cl, SAR, Cu, Cd i Ni, dok značajniji učinak na vrijednosti parametara koncentracija Zn, pH tla i koncentracija P nije uočen. Koncentracija fosfora se kretala u granicama $P \leq 0,05$. Sadržaj Pb, Cl, SAR, Zn i Co povećavali su se s dubinom tla. Rezultati analize koncentracija K, Ca, Mg, Cd, Pb i Ni pokazali su sličnu raspodjelu u različitim slojevima tla.

Singh i sur. (2006) u svom istraživanju navode kako je većina tala zagađena teškim metalima zbog industrijskih otpadnih voda, kanalizacijskog mulja i emisijama koje potječu iz vozila. Stoga je povrće uzgojeno na takvim zemljištima vjerojatno kontaminirano teškim metalima i nesigurno za konzumaciju. Prema rezultatima njihovih istraživanja sadržaj teških metala u tlu bio je ispod maksimalno dopuštene granice koju je propisala Svjetska zdravstvena organizacija (WHO), međutim sadržaj teških metala u vodi za navodnjavanje kao i u uzorcima testiranog povrća bio je iznad maksimalno dozvoljenih propisanih granica.

Jahantigh (2008) u svojoj studiji ispitaio je kvalitetu tla s deset različitih lokacija koja su bila navodnjavana otpadnom vodom s ciljem utvrđivanja utjecaja navodnjavanja na kvalitetu tla. Kvaliteta tla određena je mjerenjem električne vodljivosti (EC) i teksture tla te određivanjem vrijednosti ključnih kemijskih parametara. Rezultati su pokazali da tla,

uzorkovana do dubine od 12 cm, uslijed navodnjavanja imaju višu pH-vrijednost za 0,3 i povišenu koncentraciju Na, B i P za 40 %.

Nguyen i sur. (2008) navode kako učinci korištenja otpadnih voda kao izvora hranjivih tvari mogu imati utjecaja na kemijska svojstva tla i na biljke u poljoprivrednim sustavima. Korištenje otpadne vode za navodnjavanje ima začajnog utjecaja na pH, električnu vodljivost, izmjenjivi kalij i Natrij i na elektrovodljivost (EC).

Singh i sur. (2012) u svom istraživanju navode kako se u slučaju ograničenja dostupnosti slatke vode za navodnjavanje poljoprivrednih površina mogu koristiti komunalne otpadne vode. Istraživači su provodili pokus na više različitih kultura koje su navodnjavane s podzemnom vodom i komunalnim otpadnim vodama. Rezultati su pokazali pozitivan učinak navodnjavanja otpadnom vodom na rast i prinos kultura koje se nisu negativno odrazile na kakvoću zrna.

Fitotoksičnost

Lončarić i sur. (2019) navode kako su biološki testovi precizniji indikatori fitotoksičnosti od klasičnoga testa klijavosti. Kako bismo što preciznije utvrdili pogodnost otpadnih voda za upotrebu u poljoprivrednoj proizvodnji, uobičajeno je rabiti biološke testove. Iako se prema autorima biološki test postavlja tako što se izvrši izravna sjetva testnih biljka, najčešće salate i krastavaca, u organsko gnojivo ili smjesu organskoga gnojiva s tresetom, perlitom, pijeskom ili referentnim tlom moguće je bilje postaviti izravno na filter-papir tretiran pročišćenom otpadnom vodom.

Prema Vukobratović (2008), u testu fitotoksičnosti preporučuje se istovremeno rabiti nekoliko različitih biljnih vrsta zbog njihove različite osjetljivosti na druge čimbenike, kao što su pH, salinitet i C/N odnos. Tako je autorica u svom istraživanju za test fitotoksičnosti upotrijebila tri biljne vrste različite tolerantnosti na fitotoksične supstance: salatu kao vrlo osjetljivu, papriku kao umjereno osjetljivu i krastavac kao vrlo tolerantnu biljnu vrstu. Prema dobivenim rezultatima, krastavac je iznikao u svim istraživanim medijima, dok je paprika najlošije reagirala, tj. imala je najmanju klijavost.

Prema Ribeiro i sur. (2007), Lau i sur. (2000) i Tam i sur. (1994), jedna od najpogodnijih kultura za test fitotoksičnosti jest salata, jer nakon nicanja vrlo brzo usvaja i akumulira hranjive tvari te stvara veliku lisnu površinu.

Vuković i sur. (2014) u svom istraživanju navode kako je fitotoksičnost pojava koja dovodi do privremenog odnosno najčešće dugoročnog permanentnog oštećenja vegetativnih ili generativnih organa. Fitotoksičnost dovodi do stagniranja ili krajnjeg zaustavljanja klijavosti te fizioloških i morfoloških promjena, a nastaje nakon aplikacije jednoga ili više potencijalno toksičnih čimbenika na biljku. Isti autori svojim rezultatima testova fitotoksičnosti potvrđuju nužnosti provođenja takvih testova kako bi se umanjio negativan učinak potencijalno toksičnih tvari na biljke.

Cattanach i sur. (1997), Igrc (1983) i Vuković i sur. (2009) u svojim istraživanjima navode kako temperatura i vrijeme primjene, tvrdoća vode i pH-vrijednost vode, biljna vrsta i senzitivnost sorata te razvojna faza biljke mogu predstavljati vanjske čimbenike o kojima može ovisiti tendencija k fitotoksičnosti.

Sparks (2015) u svom istraživanju navodi da su utvrđena povećana oštećenja na biljkama koje su korištene u biološkom testu kod gotovo svih povišenih doza potencijalno toksičnih tvari.

Kralj (2017) navodi da brojni ioni koji su ekološki prihvatljivi biljci pri najnižim koncentracijama mogu postati toksični i nepogodni za biljku ako dođe do njihovih povišenih koncentracija. Do toga dolazi uslijed izravnog, nepovoljnog učinka na metaboličke procese ili zbog neizravnog utjecaja na druge hranjive tvari, koje mogu postati neiskoristive. Pojavom prvih znakovi toksičnosti iona koji mogu biti prisutni u vodi za navodnjavanje dolazi do slabog rasta i razvoja biljke kao i smanjenog prinosa što uzrokuje promjene u morfološkim karakteristikama, koje u konačnici mogu dovesti čak i do odumiranja biljke.

Hossain (2010) u svom istraživanju navodi kako uslijed postupka transpiracije i hlapljenja može doći do pojave kojom se voda koncentrira u tlu, pri čemu se talože kalcij i magnezij koji zajedno čine karbonate a pritom se istovremeno povećava udio natrija koji je otopljen u vodi kao ostatak natrijeva karbonata (RSC).

Metode pročišćavanja otpadnih voda

Korištenje otpadne vode koja je predhodno prošla postupak recikliranja u sušnim i polusušnim regijama može ublažiti probleme nedostatka svježe vode, međutim postoje i potencijalni rizici među kojima je degradacija hidrauličkih svojstava tla. Ciljevi studije Levy i sur. (1999) bili su proučavanje učinaka opterećenja organskom tvari u otpadnim vodama koja je dobivena iz postrojenja za sekundarnu obradu u Tel Avivu, Izrael.

Ioppolo i sur. (2020) istraživali su uporabu otpadne vode iz prerađivačke industrije citrusa kao biostimulatora mikroorganizama u tlu. Autori ističu kako se moderna poljoprivredna proizvodnja mora nositi s velikim izazovima koji su prouzročeni klimatskim promjenama koje su posebno izražene u aridnim i semiaridnim područjima. Prema njihovim rezultatima, otpadna voda iz prerađivačke industrije citrusa ima visok uporabni potencijal, što zbog same oskudnosti vode, što zbog visokoga sadržaja organske tvari u takvoj vodi. Otpadna voda iz takve industrije sadrži otoplenu organsku tvar i nutrijente te bi se njezinom upotrebom u poljoprivrednoj proizvodnji mogla smanjiti upotreba mineralnih gnojiva i povećati mikrobiološka aktivnost u tlu. Aplikacija otpadne vode u njihovu istraživanju rezultirala je stimulacijom mikrobne respiracije te povećanjem razine mikrobiološke aktivnosti u tlu.

Trinh i sur. (2013) u svome radu bavili su se istraživanjem utjecaja uporabe otpadnih voda u poljoprivrednoj proizvodnji u Vijetnamu (Can Tho City), gdje je oskudica vode sve izraženija, a utjecaj suše na samu proizvodnju sve veći. Autori navode kako bi se primjenom odgovarajuće tehnike pročišćavanja otpadne vode iz industrije i kućanstva dobile dodatne količine vode za navodnjavanje rižinih nasada te se zbog specifičnih uzgojnih potreba riže takva voda može smatrati iznimno važnim resursom, što zbog potrebne za vodom, što zbog sadržaja određenih biljnih hraniva.

Upotreba otpadne vode u uvjetima moderne poljoprivredne proizvodnje izrazito je važan proces te su Murray i Ray (2010) u svome radu opisali mnoge prednosti otpadne vode kroz uporabu integriranoga upravljanja vodnim resursima. Samo neke od mnogih prednosti, kako su istaknuli autori, jesu povećanje prinosa u poljoprivrednoj proizvodnji te očuvanje postojećih vodnih resursa. Isti autori navode i kako je potrebna implementacija kvalitetnoga modela integriranoga upravljanja vodnim resursima kako bi se osigurala optimalna uporaba i tretiranje otpadne vode.

Prema zakonskoj regulativi Republike Hrvatske analizu otpadnih voda iz termoenergetskih postrojenja potrebno je provoditi kako bi se moglo utvrditi ima li neobrađena otpadna voda iz industrije nakon ispuštanja u okoliš negativne utjecaje na ekosustav. Maksimalno dopuštene koncentracije pojedinih parametara u otpadnim vodama regulirane su zakonom koji propisuje i učestalost uzorkovanja, što ovisi o količini pročišćene otpadne vode. Norma HRN EN ISO 5667-14 (2) temeljito opisuje nekoliko testova kontrole kvalitete. Uzorkovanje voda prvi je korak u ispitivanju voda. Ako uzorak nije reprezentativan, ishod je „loš podatak“ koji može dovesti do neprikladnog tumačenja i primjene neispravnih mjera i zaključaka. Laboratorij mora osigurati kontrolu parametara i kvalitetu analize koji utječu na rezultat. Kontrola kvalitete uključuje provedbu testa, ponavljanje kriterija, upute za postupanje, kao i obradu podataka i otkrivanje trendova.

Tušar (2004) navodi kako izbor tehnologije pročišćavanja koji će se primijeniti prilikom pročišćavanja otpadne vode, odnosno onečišćene vode prije nego što se ispusti u prirodnu sredinu, ovisi prvenstveno o količini i kemijskom sastavu otpadne vode (vrsti otpadne vode), kao i o tome da otpadna voda mora imati određenu kakvoću prije samog ispuštanja u sustav na mjestu ispuštanja. Najčešće se koristi kombinacija od niza mehanizama kako bi pozitivan učinak svakoga od pojedinih zahvata i njihova kombinacija rezultirali povoljnim krajnjim rezultatima. Tušar (2004) također navodi kako poteškoće pri pročišćavanju otpadnih voda mogu uzrokovati nastanak velikih količina otpadnoga mulja, koji je izvrnut truljenju i mora se posebnim postupcima obraditi i na određeni način zbrinuti bez štete po okoliš.

Do danas je razvijen i čitav niz novih metoda za obradu otpadnih voda koje kao prednost imaju kratko vrijeme i nisku cijenu procesa pročišćavanja. Tako su Rajkumar i sur. (2004) istraživali upotrebu elektrokemijskog tretiranja otpadnih voda i došli do zaključka kako je ta metoda pogodna za vodu s većim sadržajem organskih spojeva, primarno fenola.

Prema Baysal i sur. (2013), posljednjih desetak godina razvijene su različite nove metode pročišćavanja otpadnih voda i uklanjanja onečišćujućih tvari, gdje je proces kemijskog taloženja najčešće korištena metoda. Isti autori navode kako je i metoda membranskog razdvajanja (filtracije) pogodna metoda za obradu anorganskoga tekućeg otpada zbog jednostavnosti provedbe. Navode se neke od vrsta membranske filtracije, poput ultrafiltracije, nanofiltracije i reverzne osmoze.

Lakherwal (2014) navodi kako se za obradu onečišćenih voda u industriji najčešće primjenjuje ionska izmjena. Ionska izmjena postupak je u kojem neke tvari (najčešće se radi o

ionskim smolama) imaju mogućnost odnosno kompetenciju zamjene svojih iona s ionima iz onečišćene kontaminirane vode. Kada govorimo o ionskim smolama, one su krutine, odnosno krute tvari koje mogu biti u obliku kuglica, vlakana, cijevi ili membrana, pri čemu se u kationskim smolama nalaze pozitivno nabijeni ioni, kao što su vodik i natrij, koji se nadomještaju ionima iz otopine koji su pozitivno nabijeni, kao što su ioni nikla, bakra i cinka. Isto tako, negativni ioni u smoli (npr. hidroksidni i kloridni ioni) nastojat će se nadomjestiti ionima koju su negativno nabijeni (npr. kromati, sulfati, nitrati i cijanid ioni).

Kralj (2017) u svom istraživanju navodi kako se voda ocjenjuje odgovarajućom za znatan broj tehnoloških industrijskih procesa ako ne upućuje na korozivna svojstva ni obilježja inkrustacije (taloženja). Svaka od industrija u tehnološkom procesu ima jedinstvene kriterije koji se odnose na kemijska i fizikalna svojstva i sastav vode, a jedan od glavih parametara je pH vrijednost vode.

Nađ (2015) navodi kako je sve češća primjena elektrokemijskih tehnologija u pročišćavanju voda koje imaju svoju primjenu za piće, kao i kontaminiranih otpadnih voda. Prema autoru, elektrokemijska tehnologija obuhvaća implementaciju elektromagnetskoga polja na više setova elektroda ili na samo jednu elektrodu s upotrebom ili bez upotrebe polupropusnih membrana ili dodatnih elektrolita, a sve s ciljem postizanja što veće eliminacije, odnosno odstranjivanja onečišćenja koje je prisutno u vodi, koje može biti organsko, anorgansko ili mikrobiološko onečišćenje.

Određene tehnologije i procesi koji se danas najčešće koriste su elektrokoagulacija, elektroflotacija i elektrodijaliza. Elektrokoagulacija i elektroflotacija ne razlikuju se po mehanizmu pročišćavanja od klasične koagulacije i flotacije utoliko što se neophodne tvari za provedbu odnosno realizaciju postupka generiraju „in situ“, u reaktoru.

Ruppert i sur. (1993) navode kako je foto-Fenton reakcija metoda pogodna za tretiranje otpadne vode te da smanjuje sadržaj ukupnog ugljika i željeza, kao i odnos Fe^{2+}/Fe^{3+} .

Halnor (2015) navodi kako je jedan od alternativnih tretmana obrade otpadne vode posljednjih godina postala i adsorpcija, a sve se više preispituje implementacija financijski povoljnih adsorbensa. Adsorbens po svom kemijskom sastavu može biti mineralnog, organskog ili biološkog podrijetla. To mogu biti zeolit, nusproizvodi industrije, poljoprivredni otpad, biomasa i polimerni materijal. Sposobnost prijenosa mase kojim se tvari prenose iz tekuće faze na čvrstu površinu formirajući molekularni ili atomski film gdje se čestice vežu fizikalnim i/ili kemijskim međudjelovanjem naziva se adsorpcija.

Özverdi i Erdem (2006) tvrde da sam proces adsorpcije dovodi do povećanja koncentracije određene komponente (adsorbata) na površini čvrste faze (adsorbensa). Isti autori definiraju adsorbens kao čvrstu supstancu koja ima svojstvo odnosno sposobnost vezivanja molekule plina ili molekule iz otopine na svoju površinu. To je uvelike iskazano kada se radi o poroznim tvarima, čija je specifična aktivna površina često znatno veća od geometrijske (npr. aktivni ugljen, silikagel, zeoliti i dr.). Postupci same sorpcije onečišćenja na adsorbens su transport onečišćenja iz otopine do adsorbensa čija je površina čvrsta, zatim adsorpcija na površini čestica i transport unutar čestica adsorbensa. Autori kao pogodnost, odnosno prednost mehanizma adsorpcije navode kako je sam proces vrlo jednostavan za provođenje, a kao glavni nedostatak navode cijenu adsorbensa, kao i njegovo zbrinjavanje nakon upotrebe.

Mendoza-Espinosa i sur. (2008) u svome istraživanju navode kako primjena prerađene otpadne vode koja je sekundarno pročišćena nije imala negativnih utjecaja na rast Cabernet Sauvignona i Merlota iako je otpadna voda bila lužnatija od kontrolne vode, što je u konačnici dovelo do povećanja relativne stope rasta biljaka.

Bakartat (2011) tvrdi kako inovativni procesi za pročišćavanje industrijskih otpadnih voda koje sadrže teške metale, često uključuju tehnologije za smanjenje toksičnosti kako bi se zadovoljili tehnološki utemeljeni standardi za pročišćavanje. Posebna pozornost je stavljena na inovativne fizikalno-kemijske procese uklanjanja kao što su; adsorpcija na novim adsorbentima, membranska filtracija, elektrodijaliza i fotokataliza. Razmatraju se njihove prednosti i ograničenja u primjeni.

Chen i sur. (2005) navode kako se u nekim dijelovima Kine primjenjuju industrijske otpadne vode iz postrojenja i kanalizacije u navodnjavanju poljoprivrednih kultura uz prethodni biološki tretman. Međutim, otpadne vode nakon biološke obrade još uvijek sadrže teške metale i organske kontaminante. Kontaminanti nakupljeni u tlu mogu se prenositi kroz hranidbene lance koji se mogu negativno manifestirati na zdravlje ljudi i dovesti do štetnih bioloških učinaka na floru i faunu tla nakon dugoročne primjene. U istraživanju su provedena terenska mjerenja na poljoprivrednim zemljištima koja su navodnjavana i utvrđene su razike u sadržaju teškim metalima ovisno o mjestu uzorkovanja i tipu tla te načinu pročišćavanja otpadnih voda.

Tarchouna i sur. (2010) u svom radu navode kako je dugoročni utjecaj navodnjavanja na mediteransko pjeskovito tlo koje je navodnjavano pročišćenom otpadnom vodom dalo izvrsne rezultate u pogledu opskrbe vodom i hranjivim tvarima. Izmjenjivi kationi nisu bili fiksirani na izmjenjivom kompleksu, već su djelomično pohranjeni kao labilne soli ili u

koncentriranoj otopini tla. I zasićena i nezasićena hidraulička vodljivost pokazala je značajno smanjenje u navodnjavanom tlu, ali je ostala dovoljno visoka da spriječi salinizaciju tla. Postotak zamjenjivog natrija (ESP) pokazao je vrijednosti koje su bile povišene u prosjeku za 20 % dok je uslijed navodnjavanja postotak organskog ugljika smanjen.

1.2. Cilj istraživanja

Osnovni ciljevi istraživanja su:

- Utvrditi prikladnost propisanih metoda za pročišćavanje otpadnih voda od polutanata iz pogona EL-TO Zagreb za dobivanje vode odgovarajuće kvalitete za upotrebu u navodnjavanju poljoprivrednih kultura, zelenih površina, parkova i sportskih terena
- Utvrditi potencijal upotrebe otpadnih voda iz pogona EL-TO Zagreb za upotrebu u navodnjavanju poljoprivrednih kultura, zelenih površina, parkova i sportskih terena određivanjem vrijednosti saliniteta, koncentracije toksičnih iona, pH-vrijednosti, koncentracije karbonata i hirogenkarbonata.
- Odrediti postoji li opasnost od fitotoksičnog djelovanja pročišćenih otpadnih voda pri navodnjavanju poljoprivrednih kultura, zelenih površina, parkova i sportskih terena

Osnovne hipoteze istraživanja su:

- Uobičajene i normama propisane metode analize i obrade voda iz termoenergetskog postrojenja pogona EL-TO Zagreb u Republici Hrvatskoj pouzdane su za rješavanje problema polutanata (teških metala) u otpadnoj vodi i dobivanje pročišćene vode koja ima potencijal za upotrebu u navodnjavanju poljoprivrednih kultura, zelenih površina, parkova i sportskih terena
- Testovi fitotoksičnosti doprinose dopunskim informacijama o kvaliteti i pogodnosti vode iz termoenergetskog postrojenja za upotrebu u navodnjavanju
- Upotreba pročišćene vode za navedene površine ovisit će o infrastrukturi u okolini pogona EL-TO Zagreb

2. MATERIJAL I METODE RADA

2.1. Uzorkovanje i kemijska obrada otpadne vode u pogonu HEP Proizvodnja EL-TO Zagreb

Uzorkovanje, kemijska obrada i analize otpadne vode iz pogona EL-TO Zagreb provedene su u certificiranom laboratoriju za analizu otpadnih voda u pogonu HEP Proizvodnja Zagreb, Republika Hrvatska.

Otpadna voda uzorkovana je tijekom triju godina, 2019., 2020. i 2021., četiri puta godišnje (kvartalno) s kontrolnog mjernog okna KMO istok i jug. Unutar svakog kvartala voda je bila uzorkovana mjesečno u 4 ponavljanja (Tablica 1 i Slika 1). Ukupno je analizirano 288 uzoraka.

KMO 1- Istok sadržava prijemnik gdje se otpadna voda ispušta u sustav javne odvodnje spojenim na centralni uređaj za pročišćavanje otpadnih voda. Načini pročišćavanja koji se primjenjuju su kombinirano fizikalno-kemijski postupci (regeneracija, sedimentacija i neutralizacija). Ispuštene otpadne vode na ispustu KMO 1- Istok su rashladne, procjedne, tehnološke i sanitarne otpadne vode te oborinske vode sa manipulativnih površina. U postrojenju za obradu otpadnih voda neutraliziraju se otpadne vode pogona za kemijsku pripremu vode, nastale u procesu regeneracije ionskih izmjenjivača. Za ispuštanje otpadnih voda u sustav javne odvodnje Grada Zagreba propisan je interval pH-vrijednosti i on se kreće u rasponu od 6,0 do 9,0. Ukoliko se nakon regeneracije pH-vrijednost ne nalazi u tom intervalu, pristupa se procesu predobrade otpadnih voda postupkom neutralizacije. Nakon neutralizacije voda se prepumpava u dva bazena za sedimentaciju kapaciteta 100 m³ i 150 m³ koji su opremljeni sa zasebnim sondama za mjerenje pH-vrijednosti. Nakon obrade, voda iz sedimentacijskih bazena ispušta se u sustav javne odvodnje Grada Zagreba putem kontrolnog okna KMO-1 (istok). Unutar stanice za obradu voda ugrađene su dodatne cijevi i armature za pretakanje solne kiseline i natrijevog hidroksida u manje spremnike.

KMO 2- Jug sadržava prijemnik gdje se otpadna voda ispušta u sustav javne odvodnje s centralnim uređajem za pročišćavanje otpadnih voda. Načini pročišćavanja koji se primjenjuju su fizikalni postupci (taloženje). Na KMO 2- Jug ispuštaju se samo oborinske vode sa manipulativnih površina.

Na oba okna KMO 1- Istok i na KMO 2- Jug ispušta se toplinski neopterećena voda do 5°C.

Tablica 1. Pregled uzorkovanja otpadnih voda pogona EL-TO Zagreb tijekom 3 godine (2019., 2020. i 2021.)

EL-TO Zagreb	Br. mjesta uzorkovanja	Godišnji broj uzoraka	Broj godina	Ukupan broj uzoraka
KMO 1 – Istok	1	4	3	144
KMO 2 – Jug	1	4	3	144
Ukupno uzoraka:				288



Slika 1. Shematski prikaz sa lokacije uzorkovanja na mjernim mjestima lokaliteta KMO 1 i KMO 2 pogona EL-TO Zagreb

Tablica 2. Geografske koordinate lokacija uzorkovanja otpadnih voda u pogonu EL-TO

Zagreb

Gauss Krügerove koordinate	Geografska dužina	Geografska širina	Dubina (m)
KMO 1 – Istok	X: 5.074.051	Y: 5.573.907	15
KMO 2 – Jug	X: 5.073.975	Y: 5.573.701	10

Otpadne vode ispuštaju se iz vodonepropusnog mješovitog sustava interne odvodnje otpadnih voda u sustav javne odvodnje grada Zagreba, do najviših dopuštenih količina $Q = 590.000 \text{ m}^3/\text{god}$, odnosno $Q = 1616 \text{ m}^3/\text{dan}$ (ljet-zima: $Q = 500 \text{ m}^3/\text{dan} - 3200 \text{ m}^3/\text{dan}$), uključujući i oborinske vode.

Putem ispusta KMO 1 – Istok (Tablica 2) tehnoloških, sanitarnih i rashladnih otpadnih voda do najviših dopuštenih količina $Q = 236.000 \text{ m}^3/\text{god}$, ili $Q = 646,6 \text{ m}^3/\text{dan}$, odnosno $7,5 \text{ l/s}$ (ljet-zima: $Q = 200 \text{ m}^3/\text{dan} - 1280 \text{ m}^3/\text{dan}$, odnosno $2,3 \text{ l/s} - 14,8 \text{ l/s}$), zajedno s oborinskim vodama u stvarnim količinama.

Putem ispusta KMO 2 – Jug (Tablica 2) tehnoloških, sanitarnih i rashladnih otpadnih voda, do najviših dopuštenih količina $Q = 354.000 \text{ m}^3/\text{god}$, ili $Q = 970 \text{ m}^3/\text{dan}$, odnosno $11,2 \text{ l/s}$ (ljet-zima: $Q = 300 \text{ m}^3/\text{dan} - 1920 \text{ m}^3/\text{dan}$, odnosno $3,5 \text{ l/s} - 22,2 \text{ l/s}$), zajedno s oborinskim vodama u stvarnim količinama.

2.1.1. Uzimanje uzoraka voda i njihovo čuvanje

Uzorkovanje otpadnih voda i pohranjivanje uzoraka tijekom promatranog razdoblja, 2019., 2020. i 2021., obavljeno je sukladno normama HRN ISO 5667-10:2020; HRN EN ISO 19458:2008. Za fizikalno-kemijske analize korištene su čiste staklene boce sa zatvaračem na navoj od 500 do 1000 ml. Boce za uzorkovanje otpadne vode koje se koriste za utvrđivanje fizikalno-kemijskih parametara vode bile su tretirane otopinom kromne kiseline i isprane vodovodnom vodom sukladno preporukama Hrvatskog zavoda za javno zdravstvo „Dr Andrija Štampar“.

Uzimanje uzoraka otpadne vode na kontrolnim mjernim oknima KMO 1 – Istok i KMO 2 – Jug trajalo 24 sata uzimanjem kompozitnog uzorka na oba okna. Nakon uzorkovanja otpadnih voda s predmetnih okna boce su napunjene do vrha (bez zraka), čuvane pri sobnoj temperaturi $< 22\text{ }^{\circ}\text{C}$ i dostavljene u laboratorij odmah nakon uzorkovanja, nakon čega je započeta analiza.

2.1.2. Metodologija pročišćavanja i monitoring otpadnih voda

Otpadne vode se u pogonu za kemijsko pročišćavanje vode (KPV) pročišćuju fizikalno-kemijskim metodama taloženja, regeneracije i neutralizacije prije samog ispuštanja iz procesa u otpadne bazene odnosno u sustav javne odvodnje. U pogonu KPV nalaze se postrojenje za kemijsku pripremu vode, rashladni sustav za obradu rashladne tehnološke vode, kao i postrojenje za obradu otpadnih voda kojim se sve otpadne vode (oborinske, otpadne, tehnološke i procesne) obrađuju prije samog puštanja u sustav javne odvodnje.

Naime, onečišćene odnosno nepročišćene vode koje ulaze u tehnološki sustav najvećim su dijelom lužnate ($\text{pH} > 13$) zbog visoke koncentracije natrijeve lužine (NaOH). Visoke koncentracije NaOH neutraliziraju se preko selektivnog anionskog filtera te se time, zajedno s postupkom ispiranja, smanjuje pH-vrijednost vode do neutralne. Postrojenje za obradu otpadnih voda termoenergetskog postrojenja obuhvaća dva bazena za taloženje kapaciteta ($V = 350\text{ m}^3$) i pet bazena za neutralizaciju volumena ($V = 500\text{ m}^3$).

Razina otpadne vode koja je regenerirana anionskim filterima ispušta se u bazene za neutralizaciju. Cjeloviti mehanizam odnosno tretman obavlja se u tri faze, pri čemu se voda iz prve faze (regeneracija anionskim filterima), kao i druge i treće faze (ispiranje vodom) ispušta u bazene za neutralizaciju, što u konačnici rezultira vodom čija je pH-vrijednost između 6 i 8,5.

Analizom otpadne vode s mjernih okna utvrđeni su sljedeći indikatori: mjerodavni protok, sadržaj otopljenog kisika, pH, koncentracija teških metala, suhi ostatak, ukupna suspendirana tvar, vidljiva otpadna tvar, miris i boja. Svi navedeni indikatori su bili sukladni Zakonu o vodama (NN 66/19, NN 84/21) i Pravilniku o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda (NN 80/13, 43/14, 27/15, 26/20). Izmjerene vrijednosti kao i monitoring teških metala u otpadnim vodama proveden je sukladno europskim standardiziranim analitičkim metodama i normama za mjerenje parametara teških metala u otpadnim vodama (Poseban propis – Pravilnik o registru onečišćivanja okoliša (NN 87/15), a teški metali koji se analiziraju su: arsen (As), živa (Hg), kadmij (Cd), bakar (Cu), krom (Cr), olovo (Pb), nikal (Ni) i cink (Zn). Mikrobiološke analize otpadnih voda nisu propisane Rješenjem o izmjeni i dopuni uvjeta

okolišne dozvole za HEP Proizvodnja – pogon EL-TO Zagreb od 18. svibnja 2021. godine te se u termoenergetskom postrojenju EL-TO Zagreb ne provode mikrobiološke analize otpadne vode.

Sve utvrđene koncentracije teških metala opisane su kao „EMISIJE U VODE – EL-TO“ i izražene kao kg *emisije teških metala godišnje* sukladno jednadžbi:

$$E \text{ (kg/god)} = c \text{ (mg/l)} \times Q \text{ (m}^3\text{/god)} \times 10^{-3}$$

2.2. Analiza kemijskih svojstava i teških metala u otpadnim vodama

2.2.1. Određivanje pH-vrijednosti

Određivanje pH-vrijednosti u otpadnim vodama provedeno je sukladno legislativi HRN EN ISO 10523:2012. ISO 10523:2008. Legislativa specificira metodologiju za definiranje odnosno utvrđivanje pH-vrijednosti u kišnici, pitkoj i mineralnoj vodi, vodi za kupanje, površinskim i podzemnim vodama, kao i komunalnim i industrijskim otpadnim vodama i tekućem mulju, unutar raspona pH 2 do pH 12 uz ionsku jakost ispod $I = 0,3 \text{ mol/kg}$ (vodljivost na $25 \text{ }^\circ\text{C} < 2 \text{ 000 mS/m}$), otapalo i u temperaturnom intervalu od $0 \text{ }^\circ\text{C}$ do $50 \text{ }^\circ\text{C}$.

2.2.2. Određivanje teških metala (TM): arsena (As), kadmija (Cd), kroma (Cr), bakra (Cu), olova (Pb), nikla (Ni), cinka (Zn) i žive (Hg)

Primijenjene metodologije za određivanje teških metala u otpadnim vodama bile su sljedeće:

- metodologija HRN EN ISO 17294-1:2008
- metodologija HRN EN ISO 17294-2:2016
- metodologija HRN EN ISO 12846:2012.

2.3.2.1. Metodologija HRN EN ISO 17294-1:2008

Kvaliteta vode – Primjena masene spektrometrije s induktivno spregnutom plazmom (ICP-MS) za određivanje odnosno definiranje elemenata prema ISO 17294-1:2004 utvrđuje načela masene spektrometrije s induktivno spregnutom plazmom (ICP-MS) i daje opće smjernice za korištenje te tehnike za određivanje elemenata u vodi. Općenito, metoda se koristi za analizu uzoraka vode, a moguće je unjeti i plinove, pare ili fine čestice. ISO 17294 primjenjuje se na korištenje ICP-MS za analizu vode.

Konačna određivanja koncentracije pojedinih elemenata opisana su u zasebnim dijelovima ISO 17294, po jedan za svaku seriju elemenata i matricu. Ostali dijelovi norme ISO 17294 upućuju na smjernice predstavljene u normi ISO 17294-1:2004 za osnovna načela metode i konfiguracije instrumenata.

2.3.2.2. Metodologija HRN EN ISO 17294-2:2016

Kvaliteta vode – Primjena spektrometrije masa s induktivno spregnutom plazmom (ICP-MS) – 2. dio: Određivanje odabranih elementa, uključujući uranijeve izotope (ISO HEN EN 17294-2:2016)

ISO 17294-2:2016 utvrđuje metodu za određivanje elemenata aluminija, antimona, arsena, barija, berilija, bizmuta, bora, kadmija, cezija, kalcija, cerija, kroma, kobalta, bakra, disprozija, erbija, gadolinija, galija, germanija, zlata, hafnija, holmija, indija, iridija, željeza, lantana, olova, litija, lutecija, magnezija, mangana, žive, molibdena, neodimija, nikla, paladija, fosfora, platine, kalija, praseodimija, rubidija, renija, rodija, rutenija, samarija, skandija, selen, srebra, natrija, stroncija, terbija, telura, torija, talija, tulija, kositra, volframa, urana i njegovih izotopa, vanadija, itrija, iterbija, cinka i cirkonija u vodi (na primjer, voda za piće, površinska voda, podzemna voda, otpadna voda i eluati).

Uzimajući u obzir specifične i dodatno nastale smetnje, ti se elementi također mogu odrediti u digestijama vode, muljevima i sedimentima (na primjer, digestijama vode kako je opisano u ISO 15587-1 ili ISO 15587-2).

Radni raspon ovisi o matrici i smetnjama na koje nailazi. U pitkoj vodi i relativno nezagađenim vodama granica kvantifikacije (xLQ) jest između 0,002 µg/l i 1,0 µg/l za većinu elemenata. Radni raspon obično pokriva koncentracije između nekoliko pg/l i mg/l, ovisno o elementu i unaprijed definiranim zahtjevima.

Na granice kvantifikacije većine elemenata utječe kontaminacija slijepe probe i uglavnom ovise o dostupnim laboratorijskim klima-uređajima, o čistoći reagensa i čistoći staklenog posuđa.

Donja granica kvantifikacije viša je u slučajevima kada određivanje trpi zbog smetnji ili učinaka pamćenja.

2.3.2.3. Metodologija HRN EN ISO 12846:2012

Kvaliteta vode – Određivanje žive – Metoda atomske apsorpcijske spektrometrije (AAS) s obogaćenjem i bez obogaćenja (ISO 12846:2012; EN ISO 12846:2012)

ISO 12846:2012 utvrđuje dvije metode za određivanje žive u pitkoj, površinskoj, podzemnoj, oborinskoj i otpadnoj vodi nakon odgovarajuće preddigestije. Za prvu metodu upotrebljava se korak obogaćivanja amalgamacijom Hg na, na primjer, adsorberu od zlata/platine. Za drugu metodu korak obogaćivanja je izostavljen.

Izbor metode ovisi o dostupnoj opremi, matrici i rasponu koncentracije od interesa. Obje metode prikladne su za određivanje žive u vodi. Metoda s obogaćivanjem obično ima praktični radni raspon od 0,01 µg/l do 1 µg/l. Srednja granica kvantifikacije (LOQ) koju su prijavili sudionici validacijskog ispitivanja bila je 0,008 µg/l. Te informacije o LOQ-u daju korisniku ISO 12846:2012 orijentaciju i ne zamjenjuju procjenu podataka o učinku iz specifičnih laboratorijskih podataka. Mora se uzeti u obzir da je moguće postići niže LOQ-e s posebnim instrumentima (npr. pojedinačni analizatori žive).

Metoda bez obogaćivanja uglavnom ima praktično radno područje koje počinje od 0,05 µg/l. LOQ koji su prijavili sudionici validacijskog ispitivanja bio je 0,024 µg/l. Na korisniku je, na temelju specifične primjene, da odluči hoće li se veće koncentracije odrediti izostavljanjem koraka obogaćivanja i/ili razrjeđivanjem uzorka (uzoraka). Osjetljivost obiju metoda ovisi o odabranim radnim uvjetima.

Sve navedene metode bile su primjenjene na svim prikupljenim uzorcima na oba istraživana okna.

2.3. Utvrđivanje fitotoksičnosti testom klijavosti i biološkim testom

Fitotoksičnost prikupljenih uzoraka pročišćene otpadne vode utvrđena je na temelju testa klijavosti, a u istraživanju smo upotrebljavali sjeme krastavca Darina F1 i sjeme salate Majska kraljica (Slika 2).

Test klijavosti proveden je sukladno metodi TMECC 05.05-B *in vitro* klijanje i rast korijena (Thomson, 2001), sukladno normi EN 16086-2:2011 (HRN EN, 2011.a). Test klijavosti proveden je s ciljem utvrđivanja indeksa klijavosti koji je određen modificiranom metodom Zucconi et al. (1981), gdje se kombinira mjerenje klijavosti sjemena i izduženosti

adikule. Indeks klijavosti određen je brojanjem klijanaca i mjerenjem duljine radikule gdje se kombinira mjerenje klijavosti sjemena i izduženosti radikule izražen kao postotak broja iskljajalih sjemenki i prosjeka duljine korijena u usporedbi s kontrolom (sjemenke iskljajale na filter-papiru navlaženom s 5 ili 10 ml destilirane vode) (Albuquerque i sur. 2006).

Dakle, ovom metodom određuju se dva parametra klijanja – brzinu klijanja i produljenje korijena, a analizirani su sljedeći pokazatelji:

1. Broj prokljajalih sjemenki podrazumijeva ukupan broj svih sjemenki na kojima je vidljiv početak razvoja korijena, tj. na kojima je vidljiva klijavost (broj prokljajalih sjemenki od ukupno 10).
2. Broj izdanaka odnosi se na broj svih sjemenki na kojima je vidljiv izdanak, odnosno početak razvoja koleoptila (broj vidljivih izdanaka od ukupno 10).
3. Duljina korijena podrazumijeva duljinu svakoga pojedinačnog korijena ispitivane biljke (cm) za svaki tretman i ponavljanje.
4. Duljina izdanka podrazumijeva duljinu svakoga pojedinog izdanka ispitivane biljke (cm) za svaki tretman i ponavljanje.
5. Relativna duljina korijena odnosi se na usporedbu duljine korijena biljke na određenom tretmanu s duljinom korijena biljke na kontrolnom tretmanu. Iskazuje se kao postotna vrijednost, a izračunava se prema jednadžbi:

$$\text{Relativna duljina korijena} = (\text{Duljina korijena u tretmanu} / \text{Duljina korijena u kontroli}) \times 100$$

6. Relativna klijavost podrazumijeva usporedbu prokljajalog sjemena na određenom tretmanu s brojem prokljajalog sjemena na kontrolnom tretmanu deioniziranom vodom. Izračunava se i prikazuje u rasponu 0 – 100:

$$\text{Relativna klijavost} = (\text{Broj prokljajalih sjemenki u tretmanu} / \text{Broj prokljajalih sjemenki u kontroli}) \times 100$$

7. Indeks klijavosti (GI) utvrđuje se na temelju testa klijavosti, prema formuli:

$$GI = (\%G/100) \times (\%L/100)$$

Pritom je:

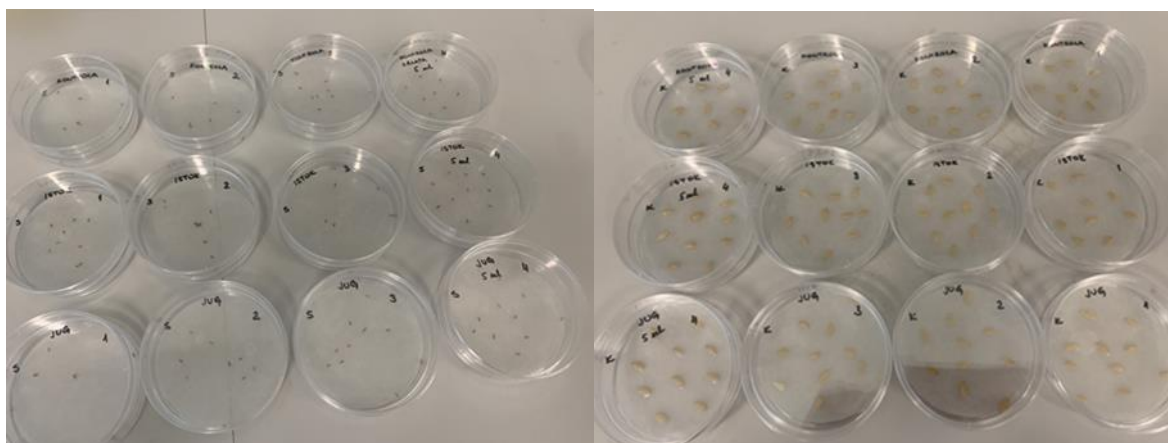
% G = relativna klijavost

% L = relativna duljina korijena.

Kako navode Lončarić i sur. (2019), indeks klijavosti temelji se na klijavosti (% G) i duljini korijena (% L) određenog tretmana u usporedbi s kontrolom, tj. indeks klijavosti integrira mjere relativne klijavosti sjemena (G %) i relativno izduženje korijena (L %). GI predstavlja brojčanu vrijednost koju opisujemo kao vrijednost od 0 do > 1 (Tablica 7), a tumačimo ga stupnjevima od visoke fitotoksičnosti do fitostimulirajućeg učinka na biljne vrste (Barral i Paradelo 2011; Lončarić i sur. 2019).

Tablica 3. Prikaz indeksa klijavosti i ocjene fitotoksičnosti

Br.	GI	Stupanj fitotoksičnosti
1	< 0,50	visoka fitotoksičnost
2	0,50 – 0,80	umjerena fitotoksičnost
3	0,80 – 1,00	nema fitotoksičnosti
4	> 1,00	fitostimulativni učinak



Slika 2. Postavljanje testa fitotoksičnosti – sjeme salate (lijevo) i krastavaca (desno)(izvor:

Dellavia i Popović)

2.4. Prikladnost otpadnih voda za navodnjavanje

Prikladnost pročišćene otpadne vode pogona EL-TO Zagreb za primjenu u agromelioraciji kultura odnosno za navodnjavanje utvrđena jepomoću saliniteta, mjerenjem koncentracija toksičnih iona (metala i metaloida), pH-vrijednosti, koncentracije karbonata i hirdrogenkarbonata te izračunom koeficijenta adsorpcije natrija (SAR) i ostatka natrijeva karbonata (RSC). Salinitet vode (razine otopljene soli) svojstvo je koje vrlo jasno determinira kvalitetu otpadnih voda i iskazuje se ustaljeno kao maseni omjer, dakle kao udio mase otopljenih soli u ukupnoj masi otopine, i to kao bezdimenzionalni iznos u promilima (‰) ili postocima (%) ili mg/ l. Salinitet je određen mjerenjem ukupno otopljene tvari (engl. *Total Dissolved Solids*, TDS, mg/l) ili vodljivosti (engl. *Electrical Conductivity*, EC, $\mu\text{S}/\text{cm}/20\text{ }^\circ\text{C}$). U ovom istraživanju salinitet je određen upotrebom laboratorijskoga mikroprocesorskog konduktometra Mettler-Toledo SevenEasy S30.

Najčešći ioni koji se mogu pojaviti u vodi za navodnjavanje su bor, natrij i kloridi. Prisutnost fitotoksičnih iona u vodi određena je ionskom kromatografijom i provedbom metoda HRN EN ISO 10304-1:2009/ispr.1:2012 (za anione) te HRN EN ISO 14911:2001 (za katione). Koncentracija hidrogenkarbonata određena je neutralizacijskom titracijom s 0,1 M otopinom HCl uz indikator metiloranž (AWWA 1998). Koeficijent adsorpcije natrija (SAR) i ostatak natrijeva karbonata (RSC) izračunat je primjenom softverskih paketa MS Excel i SAS for Windows 9.1.3. (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

2.4.1. Koeficijent adsorpcije natrija (SAR)

Prisutnost čak i malih koncentracija soli u vodi za navodnjavanje dovodi do nakupljanja soli u tlu što može dovesti do degradacije tala. Kriteriji dobre kakvoće vode za navodnjavanje su: nizak salinitet ili nizak omjer Na^+ prema $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ iona jer i male koncentracije ovih iona mogu imati specifične toksične učinke (Klarić, 2011). Indeks koji se najčešće koristi za karakterizaciju kvalitete vode za navodnjavanje s obzirom na njezin utjecaj na postotak izmjenjivog natrija je omjer adsorpcije natrija (SAR) koji se izračunava na sljedeći način:

$$\text{SAR} = [\text{Na}^+] / \{([\text{Ca}^{2+}] + [\text{Mg}^{2+}])^{1/2}\}$$

gdje su Na^+ , Ca^{2+} i Mg^{2+} koncentracije kationa izražene u miliekvivalentima po litri (Tablica 4).

Dakle, formula predstavlja omjer koncentracije natrijevih iona (Na^+) i kvadratnog korijena prosječne koncentracije dvovalentnih iona kalcija (Ca^{2+}) i magnezija (Mg^{2+}).

Tablica 4. Štetno djelovanje SAR–a na navodnjavanje (mekv/l)

SAR	Djelovanje	Napomena
< 3	Nema	nema ograničenja za navodnjavanje
3 – 9	Nisko ili umjereno	od 3–6 posebnu pozornost treba posvetiti osjetljivim biljkama od 6–8 treba primijeniti gips, osim za osjetljive biljke uzorkovanje tla i ispitivanje treba obaviti svakih 1–2 godine, kako bi se utvrdilo povećanje natrija
> 9	Akutno	ozbiljne štete, ne primjenjuje se za navodnjavanje

2.4.2. Ostatak natrijeva karbonata (RSC)

Indeks rezidualnog natrijevog karbonata (RSC) vode za navodnjavanje ili vode u tlu koristi se za označavanje opasnosti od povećanja pH vrijednosti tla (alkalizacija). RSC indeks koristi se za određivanje prikladnosti vode za navodnjavanje u glinenim tlima koja imaju visok kapacitet kationske izmjene (Tablica 5). Navodnjavanje svih tala, a posebno težih glinenih tala vodom s visokim RSC indeksom dovodi do povećanje alkalizacije tla. RSC indeks računa se po formuli:

$$\text{RSC} = (\text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^-) - (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})$$

Tablica 5. Štetno djelovanje bikarbonata (HCO_3^-) na navodnjavanje (mekv./L)

Djelovanje	mekv./L	RSC
Nema	< 1,5	< 1,25
Nisko do umjereno	1,5 – 7,5	1,25 – 2,5
Jako	> 7,5	> 2,5

2.5. Statistička obrada podataka

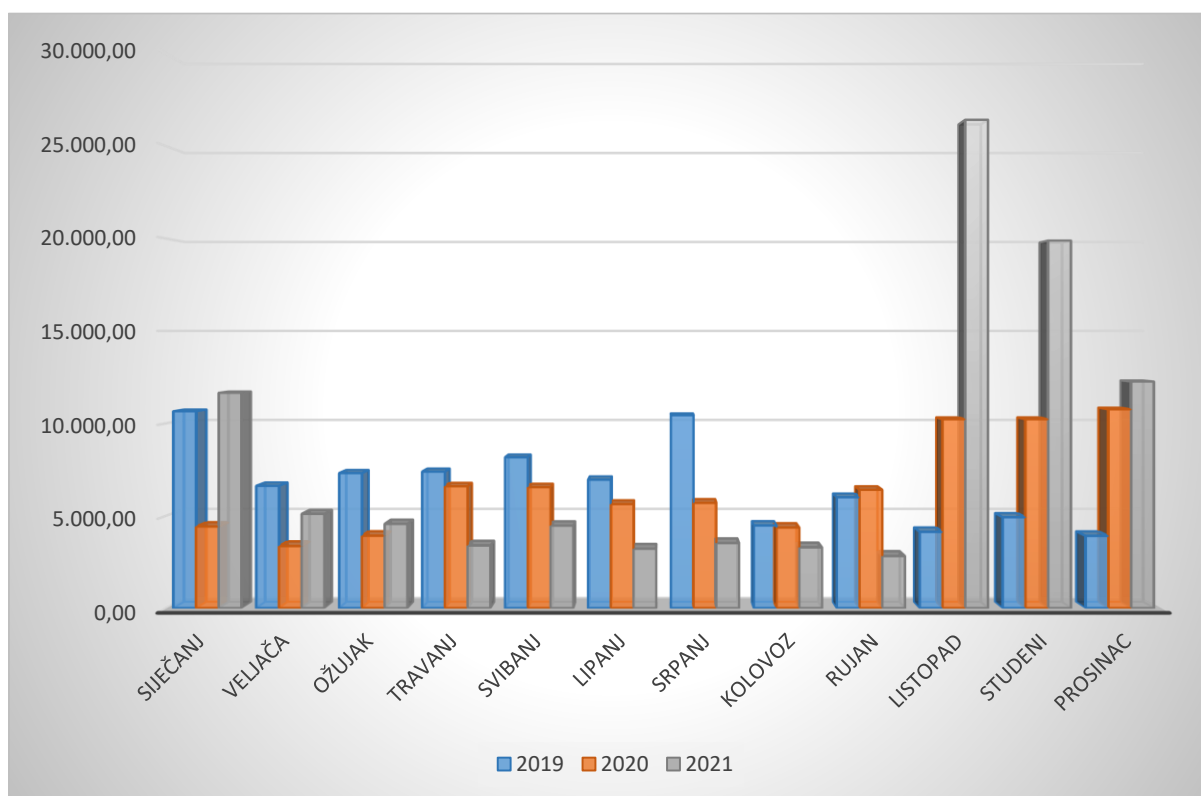
Statistička obrada rezultata fizikalno-kemijskih parametara i teških metala analiziranih u otpadnim vodama pogona EL-TO Zagreb provedena je pomoću statističkoga programskog paketa Statistica, SAS 9.1.3., analizama varijance (ANOVA).

Statističkom obradom podataka analizirani su rezultati ispitivanih parametara, pri čemu je cilj bio utvrditi u kojoj mjeri zadani parametri imaju slične vrijednosti, odnosno prekoračuju li maksimalno dopuštene granične vrijednosti emisija ili su ispod njih, te imaju li utvrđene vrijednosti statistički značajan utjecaj na kvalitetu pročišćenih otpadnih voda. Na temelju utvđenih rezultata, izračunata je procjena fizikalno-kemijskog sastava otpadnih voda, tijekom ispitivanog razdoblja.

3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

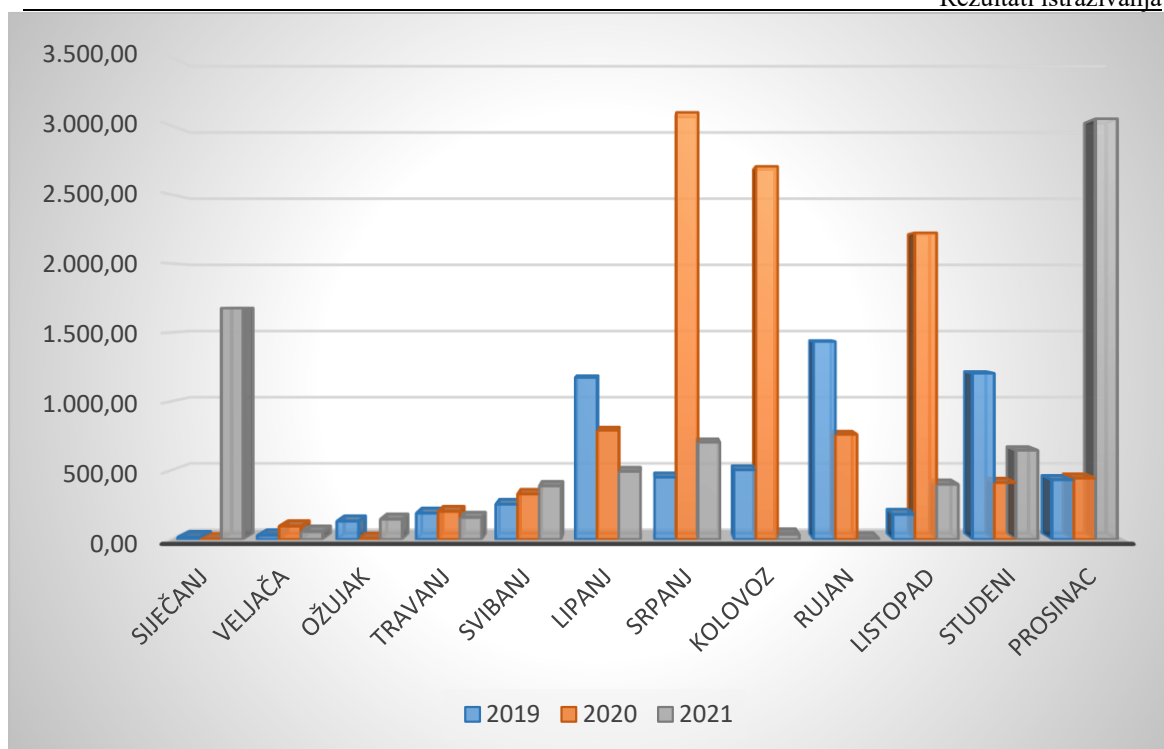
3.1. Rezultati ispitivanja otpadnih voda iz pogona EL-TO Zagreb za 2019., 2020. i 2021. godinu

Tijekom istraživanih godina ispitivanje kvalitete vode provedeno je na dvama oknima, kako je i navedeno u prethodnom poglavlju (KMO 1 – Istok i KMO 2 – Jug), i u grafikonu 1 navedene su količine tehnološke vode (KMO 1) koja je ispuštena iz pogona EL-TO Zagreb. Kao što je vidljivo, najveće količine tehnološke vode ispuštene su u listopadu 2021. godine (25.000 m³), a najniže u veljači 2020. godine (ispod 5000 m³).



Grafikon 1. Količina ispuštene tehnološke vode u KMO 1- EL-TO Zagreb

U pogonu EL-TO Zagreb KMO 2 ispuštaju se sve oborinske vode s manipulativnih površina (odvodi i šahtovi). Kako je vidljivo u grafikonu 2, količina oborinske vode bila je pod utjecajem godine, a unutar godine pod utjecajem mjeseci, što je posebno vidljivo u točkama najvećih količina oborinskih voda: 2019. u kolovozu, 2020. u srpnju, a 2021. godine u prosincu.



Grafikon 2. Količina ispuštene oborinske vode u KMO 2- EL-TO Zagreb

3.2. Kemijska svojstva otpadnih voda iz pogona EL-TO Zagreb za 2019., 2020. i 2021. godinu

Tijekom istraživanih godina (2019. – 2021.) ispitivanje kvalitete vode provedeno je u 4 kvartala i u tablici 6. navedene su sve vrijednosti kemijskih svojstava vode za 2019. godinu. Sve navedene vrijednosti utvrđene su Pravilnikom o graničnim vrijednostima emisija u otpadnim vodama (NN 26/20) i Okolišnom dozvolom za pogon EL-TO Zagreb.

Ukupno je analizirano 26 parametara, a poseban je naglasak u ovom istraživanju na koncentraciji teških metala u otpadnim vodama koje su izražene u mg l^{-1} . Tako se prosječna koncentracija teških metala 2019. godine (KMO 1 – Istok) kretala u nizu: bakar (0,05) > cink = olovo (0,05) > kadmij (0,03) > krom (0,023) > nikal (0,072) > vanadij (0,023) > arsen = živa (0,001) (tablica 8). Sve utvrđene vrijednosti bile su ispod maksimalno dopuštenih koncentracija (MDK) propisanih Pravilnikom o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda (NN 26/20).

Izmjerene vrijednosti lako hlapivih aromatskih ugljikovodika BTX tijekom uzorkovanja bile su uvijek $< 0,005$ dok su se vrijednosti adsorptivnih organskih halogena AOX-a kretale ovisno o kvartalu uzorkovanja u rasponu od $< 0,02 - 0,04$ što je zamjetno i kod ostalih ispitivanih parametara čije su vrijednosti varirale ovisno o vremenu uzorkovanja. To je posebno vidljivo kod temperature vode, koja se kreće u rasponu od $15,5$ do 36 °C.

Tijekom 2019. godine kroz kvartale razina otopljenih soli kretala se od 281 mg/l (2. kvartal – kraj lipnja) do 490 mg/l (3. kvartal – kraj rujna). Varijabilnost je utvrđena i za vrijednosti ukupnog dušika i ukupnog fosfora, pri čemu je najniža vrijednost za dušik utvrđena u 2. kvartalu ($4,3$ mg/l), a za fosfor u 3. kvartalu ($0,08$ mg/l).

Tablica 6. Kemijska svojstva otpadne vode EL-TO Zagreb KMO 1 – Istok 2019.

KMO 1 – Istok	1. kvartal	2. kvartal	3. kvartal	4. kvartal	MDK	Prosjek
Susp. tvar	8,4	8,2	8,0	8,0	–	6,8
Taložive tvari	$< 0,1$	$< 0,1$	$< 0,1$	$< 0,1$	10	$< 0,1$
Otop. soli (suhi ostatak) 105 °C	362	281	490	401	–	383,5
Otopljeni kisik	8,99	5,41	7,95	8,83	–	7,795
KPK	15	< 15	< 15	< 15	700	< 15
BPK	5	1,2	3,7	2	250	2,975
Sulfati	/	/	/	/	200	/
Kloridi	38	32	53	76	1 000	49,75
Bakar	$< 0,05$	$< 0,05$	$< 0,05$	$< 0,05$	0,5	$< 0,05$
Cink	$< 0,050$	$< 0,050$	$< 0,050$	$< 0,050$	2	0,05
Vanadij	$< 0,01$	$< 0,01$	$< 0,01$	$< 0,01$	0,1	0,01
Krom	$< 0,03$	$< 0,03$	$< 0,03$	0,03	0,5	0,023
Nikal	0,14	$< 0,05$	$< 0,05$	$< 0,05$	0,5	0,072
Ukupna ulja i masti	6,32	5,46	8,33	5,33	100	6,36
pH	7,9	7,7	7,8	7,6	6,5 – 9,5	7,75
Temp. vode	15,3	36	20,4	17,7	40	22,25
Olovo	$< 0,05$	$< 0,05$	$< 0,05$	$< 0,05$	0,5	0,05
Kadmij	$< 0,03$	$< 0,03$	$< 0,03$	$< 0,03$	0,1	0,03
Ukupni fenoli	$< 0,002$	0,003	$< 0,002$	$< 0,002$	10	0,00225
Arsen	$< 0,001$	$< 0,001$	$< 0,001$	$< 0,001$	0,1	0,001
Živa	$< 0,001$	$< 0,001$	$< 0,001$	$< 0,001$	0,01	0,001

Lako hl. Arom. Uglj. BTX	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	1	0,005
Fluoridi	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	20	0,2
Adsorptivni org. Hal. AOX	< 0,02	< 0,02	0,02	0,04	0,5	0,025
Ukupni dušik	4,7	4,3	7,5	6,8	50	5,825
Ukupni fosfor	0,14	0,33	0,08	0,14	10	0,1725

susp. tvar: suspendirana tvar, KPK: kemijska potrošnja kisika, BPK: biološka potrošnja kisika

Na KMO 2 – Jug tijekom 2019. godine (Tablica 7). također je utvrđena varijabilnost rezultata u ovisnosti o kvartalu uzorkovanja za iste parametre; kao i na ovom oknu, utvrđena je nešto manja razlika u temperaturi vode u ovisnosti o vremenu uzorkovanja. Najveće razlike prosječnih vrijednosti u odnosu na okno KMO 1- Istok utvrđene su za sadržaj otopljenih soli, što izravno upućuje na mogući potencijal otpadne vode za navodnjavanje (KMO 1 – Istok 383,5: KMO 2 – Jug 119,5).

Tablica 7. Kemijska svojstva otpadne vode EL-TO Zagreb KMO 2 – Jug 2019.

KMO 2 – Jug	1. kvartal	2. kvartal	3. kvartal	4. kvartal	MDK	Prosjek
Susp. tvar	18	4,6	12	29		15,9
Taložive tvari	0,3	< 0,1	< 0,1	< 0,1	10	0,15
Otop. soli (suhi ostatak) 105 °C	106	101	78	193	-	119,5
Otopljeni kisik	6,18	6,72	8,21	6,07	-	6,795
KPK	22	< 15	< 15	20	700	18
BPK	6	2,7	3,8	5,1	250	4,4
Sulfati	/	/	/	/	200	/
Kloridi	24	11	14	27	1 000	19
Bakar	< 0,05	< 0,05	0,12	< 0,05	0,5	0,0675
Cink	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	2	0,05
Vanadij	0,03	0,03	0,02	0,012	0,1	0,023
Krom	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	0,5	0,03
Nikal	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,5	0,05
Ukupna ulja i masti	6,75	6,38	8,05	4,44	100	6,405

pH	8,3	8,0	7,3	7,9	6,5 – 9,5	7,875
Temp. vode	26,1	25,3	22,3	19,1	40	23,2
Olovo	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,5	0,05
Kadmij	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	0,1	0,03
Ukupni fenoli	0,002	< 0,002	< 0,002	0,002	10	0,002
Arsen	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,1	0,001
Živa	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,01	0,001
Lako hl. arom. uglj. BTX	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	1	0,005
Fluoridi	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	20	0,2
Adsorptivni org. hal. AOX	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,1	0,5	0,04
Ukupni dušik	3,3	4,2	3,5	5,6	50	4,15
Ukupni fosfor	0,34	0,2	0,11	0,3	10	0,237

susp. tvar: suspendirana tvar, KPK: kemijska potrošnja kisika, BPK: biološka potrošnja kisika

Do značajnih razlika u izmjerenim vrijednostima za otopljene soli na KMO 1 i KMO 2 upućuje činjenica da se na KMO 1 ispuštaju sve vode iz tehničko tehnološkog procesa proizvodnje termoenergetskog postrojenja dok se na KMO 2 ispuštaju samo oborinske vode sa manipulativnih površina.

Promatrajući kemijska svojstva otpadne vode na KMO 2 – Jug tijekom 2019. godine, važno je istaknuti koncentracije teških metala koje su se kretale u nizu bakar (0,067) > cink = olovo (0,05) > kadmij = krom (0,03) > vanadij (0,01) > arsen = živa (0,001) (Tablica 9).

Tablica 8. Kemijska svojstva otpadne vode EL-TO Zagreb KMO 1 – Istok 2020.

KMO 1 – Istok	1. kvartal	2. kvartal	3. kvartal	4. kvartal	MDK	Prosjek
Susp. tvar	3,4	3,8	8	12	-	6,8
Taložive tvari	< 0,1	0,2	< 0,1	0,1	10	0,125
Otop. soli (suhi ostatak) 105 °C	272	499	426	432	-	407,25
Otopljeni kisik	8,85	7,9	8,27	9,08	-	8,525
KPK	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	700	< 15,0
BPK	4,7	2,6	4,7	3,2	250	3,8

Sulfati	/	/	/	/	200	/
Kloridi	35	64	46	39	1 000	46
Bakar	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	0,5	< 0,050
Cink	< 0,050	< 0,050	< 0,050	0,07	2	0,055
Vanadij	< 0,01	< 0,010	0,01	< 0,010	0,1	0,01
Krom	< 0,03	< 0,050	< 0,050	0,05	0,5	0,045
Nikal	< 0,05	< 0,050	< 0,05	< 0,050	0,5	< 0,05
Ukupna ulja i masti	5,13	5,51	4,55	0,67	100	3,965
pH	7,9	7,8	7,8	8	6,5 – 9,5	7,725
Temp. vode	17,6	20	19,2	7,4	40	16,05
Olovo	< 0,05	< 0,050	< 0,05	< 0,050	0,5	< 0,05
Kadmij	< 0,03	< 0,020	< 0,02	< 0,020	0,1	0,0225
Ukupni fenoli	0,003	< 0,002	/	< 0,002	10	0,002
Arsen	< 0,001	< 0,0020	< 0,020	< 0,020	0,1	0,01
Živa	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,01	0,001
Lako hl. arom. uglj. BTX	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	1	0,005
Fluoridi	< 0,2	< 0,2	0,267	0,21	20	0,21
Adsorptivni org. hal. AOX	0,02	0,04	< 0,02	< 0,02	0,5	0,025
Ukupni dušik	6,6	8,6	9,7	5,7	50	7,65
Ukupni fosfor	0,077	0,15	0,28	0,1	10	0,15

susp. tvar: suspendirana tvar, KPK: kemijska potrošnja kisika, BPK: biološka potrošnja kisika

Tijekom 2020. godine na KMO 1 utvrđena je varijabilnost za teške metale, pri čemu je važno istaknuti kako su se rezultati za dane parametre tijekom uzorkovanja kroz kvartale kretali u nizu bakar (0,05) = cink (0,05) = nikal (0,05) = olovo (0,05) = krom (0,05) > kadmij (0,02) > vanadij (0,01) > arsen = živa (0,001) (Tablica 10). Izmjerene vrijednosti za otopljene soli kroz kvartale su se kretale u rasponu od 272 do 499, ako pogledamo izmjerene vrijednosti za lakohlapljive aromatske ugljikovodike BTX kroz cijelo razdoblje uzorkovanja tijekom 2020. godine bili su <0,005, dok su se izmjerene vrijednosti adsorptivnog organskog halogena AOX-a kretale u rasponu od <0,2 do 0,4. pH vrijednosti za vodu kretale su se u rasponu od 7,8 do 8,0 (T 8).

Na KMO 2 – Jug tijekom 2020. godine (Tablica 9) također je utvrđena varijabilnost rezultata teških metala u otpadnim vodama, što znači da nije bilo odstupanja u ovisnosti o kvartalu uzorkovanja za iste parametre kao i na KMO 1 – Istok.

Koncentracija teških metala kretala se u nizu cink (0,08) > bakar (0,07) > olovo (0,05) > krom = vanadij (0,04) > kadmij = nikal = arsen (0,02) > arsen (0,01) > živa (0,001) (tablica 10). Na tom oknu nije utvrđena velika razlika u temperaturi vode u ovisnosti o vremenu uzorkovanja. (Tablica 9).

Najveće razlike prosječnih vrijednosti u odnosu na okno Istok utvrđene su za sadržaj otopljenih soli, što izravno ukazuje na mogući potencijal otpadne vode za navodnjavanje (KMO 1 – Istok 407,25; KMO 2 – Jug 109,6). Ista situacija utvrđena je kod prethodne 2019. godine.

Tablica 9. Kemijska svojstva otpadne vode EL-TO Zagreb KMO 2 – Jug 2020.

KMO 2 – Jug	1. kvartal	2. kvartal	3. kvartal	4. kvartal	MDK	Prosjek
Susp. tvar	5,2	/	16	16		12,4
Taložive tvari	< 0,1	/	0,1	0,4	10,0	0,20
Otop. soli (suhi ostatak) 105 °C	101	/	102	126	-	109,6
Otopljeni kisik	8,8	/	7,76	7,18	-	7,91
KPK	< 15,0	/	18	< 15	700	16,00
BPK	3,7	/	6,4	3,3	250	4,46
Sulfati	/	/	/	/	200	/
Kloridi	5	/	12	14	1 000	13,60
Bakar	< 0,05	/	0,12	0,05	0,5	0,073
Cink	< 0,050	/	0,08	0,12	2,0	0,083
Vanadij	0,01	/	0,09	0,03	0,1	0,043
Krom	< 0,03	/	< 0,050	< 0,050	0,5	0,043
Nikal	< 0,05	/	< 0,050	< 0,050	0,5	0,05
Ukupna ulja i masti	5,41	/	5	11,5	100	7,30
pH	8,1	/	7,8	8	6,5 – 9,5	7,96
Temp. vode	19,7	/	22,3	27,5	40	23,16
Olovo	< 0,05	/	< 0,050	< 0,050	0,5	0,05

Rezultati istraživanja						
Kadmij	< 0,03	/	< 0,020	< 0,020	0,1	0,023
Ukupni fenoli	0,007	/	/	< 0,002	10	0,0045
Arsen	< 0,001	/	< 0,020	< 0,020	0,1	0,013
Živa	< 0,001	/	< 0,001	< 0,001	0,01	0,001
Lako hl. arom. uglj. BTX	< 0,005	/	< 0,0050	< 0,0050	1	0,005
Fluoridi	< 0,2	/	< 0,2	< 0,2	20	0,2
Adsorptivni org. hal. AOX	0,02	/	< 0,02	< 0,02	0,5	0,02
Ukupni dušik	2	/	8,1	2,7	50	4,26
Ukupni fosfor	0,069	/	0,33	0,11	10	0,16

susp. tvar: suspendirana tvar, KPK: kemijska potrošnja kisika, BPK: biološka potrošnja kisika

Tablica 10. Kemijska svojstva otpadne vode EL-TO Zagreb KMO 1 – Istok 2021.

KMO 1 – Istok	1. kvartal	2. kvartal	3. kvartal	4. kvartal	MDK	Prosjek
Susp. tvar	4	9	3	25	–	10,25
Taložive tvari	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,2	10	< 0,1
Otop. soli (suhi ostatak) 105 °C	469	483	437	464	–	463,25
Otopljeni kisik	8,86	6,84	7,76	8,78	–	8,06
KPK	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	700	< 15,0
BPK	2,9	2,7	1,8	2,4	250	2,45
Sulfiti	/	1,1	0,8	0,7	200	0,86
Slobodni rezidualni klor	/	< 0,02	< 0,02	< 0,02	–	< 0,02
Bakar	0,05	< 0,050	< 0,050	< 0,050	0,5	< 0,050
Cink	< 0,050	< 0,050	< 0,050	0,09	2	0,06
Vanadij	< 0,010	< 0,010	< 0,010	0,02	0,1	0,0125
Krom	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	0,5	< 0,050
Nikal	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	0,5	< 0,050
Ukupna ulja i masti	5,68	5,79	4,42	5,23	100	5,28
pH	7,9	8	7,8	7,8	6,5 – 9,5	7,875

Temp. vode	17,9	21,1	19,5	17,8	40	19,075
Olovo	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	0,5	< 0,050
Kadmij	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020	0,1	< 0,020
Ukupni fenoli – Fenolni index	< 0,020	< 0,002	< 0,002	< 0,002	10	< 0,002
Arsen	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020	0,1	< 0,020
Živa	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,01	< 0,001
Lako hl. arom. uglj. BTX	< 0,0050	< 0,0050	< 0,0050	< 0,0050	1	< 0,050
Fluoridi	0,173	0,142	0,682	0,234	20	0,307
Adsorptivni org. hal. AOX	< 0,02	< 0,020	0,028	0,033	0,5	0,0252
Anionski deterdenti	/	0,04	0,04	0,05	-	0,0433
Neionski deterdenti	/	0,06	< 0,06	0,09	-	0,07
Sulfidi otopljeni	/	< 0,05	< 0,05	< 0,05	-	< 0,05
Ukupni ugljikovodici	/	< 0,20	< 0,20	0,51	-	0,303

susp. tvar: suspendirana tvar, KPK: kemijska potrošnja kisika, BPK: biološka potrošnja kisika

Na KMO 1 – Istok tijekom 2021. godine koncentracije teških metala u otpadnim vodama kretala se u nizu cink (0,06) > bakar = krom = nikal = olovo (0,05) > kadmij = arsen (0,02) > živa (0,001) (Tablica 10).

Ako promatramo izmjerene vrijednosti otpadne vode na KMO 1- Istok za 2021 godinu (Tablica 10) za lakohlapljive aromatske ugljikovodike BTX kroz cijelo razdoblje uzorkovanja tijekom 2021. godine izmjerene vrijednosti su bile <0,005, dok su se izmjerene vrijednosti adsorptivnog organskog halogena AOX-a kretale u rasponu od <0,2 do 0,033. pH vrijednosti za vodu također su se kretale u rasponu od 7,8 do 8,0 (Tablica 10). Tijekom 2021 godine pogon za pročišćavanje voda dobiva novo Rješenje o objedinjenim uvjetima okolišne dozvole te postaje obveznik mjerenja dodatnih novih parametara dok su pojedini, do tada mjereni parametri, bili izostavljeni novom okolišnom dozvolom. Navedeno je prikazano u tablicama za 2021 godinu na KMO 1- Istok i KMO 2- Jug.

Novi parametri koji su propisani su: sulfiti, slobodni rezidualni klor, sulfidi otopljeni, deterdenti anionski, deterdenti neionski i ukupni ugljikovodici. Također propisana je i nova dinamika uzorkovanja i monitoringa otpadnih voda što je značajno za KMO 2- Jug. Uzorkovanje na oknu KMO 2- Jug po novoj okolišnoj mjeri se i uzorkuje dva (2) puta godišnje, dok je dinamika

uzorkovanja za KMO 1- Istok ostala kao i predhodnih godina četiri (4) puta godišnje (kvartalno uzorkovanje).

Na KMO 2 – Jug za 2021. godinu (Tablica 11). također je utvrđena varijabilnost rezultata u ovisnosti o kvartalu uzorkovanja za iste parametre koja se kretala u nizu bakar = krom = nikal = olovo (0,05) > cink (0,06) > kadmij = arsen (0,02) > živa (0,001) (Tablica 12). Nema razlike u temperaturi vode tijekom kvartalnih uzorkovanja, a prosječne vrijednosti za oba okna za sadržaj otopljenih soli kretale su se u odnosu (KMO 1 – Istok 463,25: KMO 2 – Jug 386,0) Tijekom 2021. godine nema velikih odstupanja u izmjerenim rezultatima na KMO 1- Istok u odnosu na KMO 2- Jug kao predhodne 2020. i 2019. godine.

Ako promatramo izmjerene vrijednosti otpadne vode na KMO 2- Jug za 2021 godinu (Tablica 11). za lakohlapljive aromatske ugljikovodike BTX kroz cijelo razdoblje uzorkovanja tijekom 2021. godine izmjerene vrijednosti su bile <0,005, kao i na KMO 1-Istok dok su se izmjerene vrijednosti adsorptivnog organskog halogena AOX-a kretale u rasponu od <0,2. pH vrijednosti za vodu također su se kretale u rasponu od 7,7 do 7,8. Ako pogledamo tablice uzorkovanja otpadnih voda tijekom 2021. godine zamijetit ćemo i nove parametre koji su uzorkovani. Sve vrijednosti utvrđene za nove parametre bile su u graničnim vrijednostima emisija (Tablica 11).

Tablica 11. Kemijska svojstva otpadne vode EL-TO Zagreb KMO 2 – Jug 2021

KMO 2 – Jug	1. kvartal	2. kvartal	3. kvartal	4. kvartal	MDK	Prosjek
Susp. tvar	80	18	/	25	–	41
Taložive tvari	0,3	0,2	/	0,2	10	0,23
Otop. soli (suhi ostatak) 105 °C	640	382	/	136	–	386
Otopljeni kisik	3,2	4,69	/	4,56	–	4,15
KPK	177	< 15,0	/	< 15,0	700	69
BPK	66	3,1	/	2,8	250	23,9
Sulfiti	/	1,4	/	1,2	200	1,3
Slobodni rezidualni klor	/	< 0,02	/	< 0,02	–	< 0,02
Bakar	< 0,050	< 0,050	/	< 0,050	0,5	< 0,050
Cink	0,08	< 0,050	/	0,06	2	0,063

Vanadij	0,01	< 0,010	/	< 0,010	0,1	< 0,010
Krom	< 0,050	< 0,050	/	< 0,050	0,5	< 0,050
Nikal	< 0,050	< 0,050	/	< 0,050	0,5	< 0,050
Ukupna ulja i masti	7,44	5,53	/	4,77	100	5,913
pH	7,7	7,7	/	7,8	6,5 – 9,5	7,73
Temp. vode	18	28	/	31	40	25,66
Olovo	< 0,050	< 0,050	/	< 0,050	0,5	< 0,050
Kadmij	< 0,020	< 0,020	/	< 0,020	0,1	< 0,020
Ukupni fenoli – Fenolni index	0,005	< 0,002	/	< 0,002	10	< 0,002
Arsen	< 0,020	< 0,020	/	< 0,020	0,1	< 0,020
Živa	< 0,001	< 0,001	/	< 0,001	0,01	< 0,001
Lako hl. arom. uglj. BTX	< 0,0050	< 0,0050	/	< 0,0050	1	< 0,0050
Fluoridi	0,271	0,223	/	< 0,200	20	0,17
Adsorptivni org. hal. AOX	< 0,02	< 0,020	/	< 0,020	0,5	< 0,020
Anionski deterdenti	/	0,04	/	0,04	–	0,04
Neionski deterdenti	/	0,15	/	0,18	–	0,165
Sulfiti otopljeni	/	< 0,05	/	< 0,05	–	< 0,05
Ukupni ugljikovodici	/	< 0,20	/	0,39	–	0,295

susp. tvar: suspendirana tvar , KPK: kemijska potrošnja kisika, BPK: biološka potrošnja kisika

Tablica 12. Maksimalno dopuštene vrijednosti onečišćujućih tvari (MDK) u otpadnim vodama za teške metale i pH propisane Pravilnikom o graničnim vrijednostima emisija u otpadnim vodama (NN 26/20)

Pokazatelj	Jedinice	MDK
pH		6,5 – 9,5
Cu	mg/l	0,5
Zn	mg/l	1,0
Cr	mg/l	0,5

Ni	mg/l	0,5
Pb	mg/l	0,1
Cd	mg/l	0,05
As	mg/l	0,1
Hg	mg/l	0,01

Tablica 13. Tablica parametara koji se ispituju na KMO 1 i KMO 2 propisani Rješenjem o izmjeni i dopuni uvjeta okolišne dozvole (posebni propis NN/20)

Pokazatelj	Jedinice	MDK
pH	-	6,5 – 9,5
temperatura	°C	40
taložive tvari	ml/lh	10
BPK5	mgO ₂ /l	250
KPKcr	mgO ₂ /l	700
teško hlapljive lipofilne tvari (ukupna ulja i masti)	mg/l	100
ukupni ugljikovodici	mg/l	30
lako hlapljivi aromatski ugljikovodici	mg/l	1
adsorbilni organski halogeni	mg/l	0,5
fenoli	mg/l	10
detergenti, anionski	mg/l	10
detergenti, neionski	mg/l	10
arsen	mg/l	0,1
bakar	mg/l	0,5
cink	mg/l	1,0
kadmij	mg/l	0,05
sulfiti	mg/l	10
sulfidi	mg/l	1,0
krom ukupni	mg/l	0,5
klor slobodni	mg/l	0,5
olovo	mg/l	0,1
nikal	mg/l	0,5
živa	mg/l	0,01

Rezultati istraživanja		
vanadij	mg/l	0,05
fluoridi	mg/l	20

Prema utvrđenim rezultatima tijekom istraživanog razdoblja u razdoblju od 2019, 2020 i 2021 godine, na oba okna KMO 1 i KMO 2 nije utvrđena značajna razlika u rezultatima kod teških metala niti kod pH vrijednosti za vodu. Značajna odstupanja u izmjerenim vrijednostima pojavljuju se između KMO 1- Istok i KMO- 2 Jug tijekom 2019. i 2020. godine, dok su izmjerene vrijednosti za otopljene soli tijekom 2021 godine bile u sličnom rasponu odnosno nije bilo značajnih razlika u izmjerenim rezultatima.

3.3. Analiza varijance svojstava otpadne vode (ANOVA)

Statistička analiza podataka izvršena je za svaku godinu istraživanja za svako analizirano svojstvo na obama oknima. Analizom varijance utvrđeni su odnosi između kemijskih svojstava vode na analiziranim oknima tijekom godina istraživanja, kao i za sva svojstva neovisno o godini uzorkovanja.

U 2019. godini nije utvrđena statistički značajna razlika ni za jednu koncentraciju teških metala na obama istraživanim oknima, osim za vanadij (Tablica 14). Naime, koncentracija vanadija bila je statistički značajno viša na oknu Jug u odnosu na okno Istok, iako je i izmjerena vrijednost bila unutar MDK-a (Tablica 14).

Također, s aspekta vrijednosti utvrđenih za pH nije bilo statistički značajne razlike tijekom 2019. godine (Tablica 14).

Tablica 14. ANOVA koncentracije teških metala i pH u otpadnim vodama za 2019. godinu

godina	2019.									
	pH	Cu	Zn	Cr	Ni	Pb	Cd	As	Hg	V
KMO 1 – Istok	7,75a	0,05a	0,05a	0,03a	0,07a	0,05a	0,03a	0,001a	0,001a	0,01b
KMO 2 – Jug	7,87a	0,06a	0,05a	0,03a	0,05a	0,05a	0,03a	0,001a	0,001a	0,02a
prosjek	7,81	0,055	0,05	0,03	0,06	0,05	0,03	0,001	0,001	0,015
LSD	0,5368	0,0428	-	-	0,0551	-	-	-	-	0,0107

Razlike između vrijednosti u kolonama koje sadrže istu slovnju oznaku nisu statistički značajne (LSD Fisher, $p < 0,05$)

Kada promatramo ostala kemijska svojstva otpadne vode, tada je utvrđena statistički značajna razlika za sadržaj otopljenih soli te je sadržaj otopljenih soli na oknu Istok u 2019. godini bio značajno veći nego na oknu KMO 2 – Jug (Tablica 15).

Također, izmjerene vrijednosti klorida na KMO 1 – Istok u 2019. godini značajno su povišene u odnosu na KMO 2 – Jug, što predstavlja statistički značajnu razliku (Tablica 15).

Tijekom 2019. godine suspendirane tvari značajno su povišene na KMO 2 – Jug u odnosu na KMO 1 – Istok (Tablica 15).

Za ostale promatrane parametre tijekom 2019. godine između KMO 1 – Istok i KMO 2 – Jug nije utvrđena statistički značajna razlika u izmjerenim vrijednostima.

Tablica 15. ANOVA kemijskih svojstava u otpadnim vodama za 2019. godinu

godina	2019.								
	okna	Susp. tvar	Taložive tvari	Otop. soli	Otop. kisik	KPK	BPK	Kloridi	Ukupna ulja i masti
KMO 1 – Istok		6,80a	0,10a	383,50a	7,79a	15,00a	2,97a	49,75a	6,36a
KMO 2 – Jug		15,90a	0,15a	119,50b	6,79a	18,00a	4,40a	19,00b	6,40a
prosjeck		11,35a	0,12a	251,50ab	7,29a	16,50a	3,68a	34,30ab	6,38a
LSD		13,032	0,1223	122,89	0,3558	4,3543	2,7382	25,768	2,4914

Razlike među vrijednostima u kolonama koje sadrže istu slovnu oznaku nisu statistički značajne (LSD Fisher, $p < 0,05$)

Također, kada promatramo temperaturu i koncentracije organskih spojeva u otpadnim vodama tijekom 2019. godine, nije utvrđena statistički značajna razlika ni za jedno promatrano svojstvo na obama oknama (Tablica 16). Izmjerene vrijednosti temperature, fenola, BTX, AOX, fluorida, dušika i fosfora kretale su se u približno istim vrijednostima, te ni za te vrijednosti nije utvrđena statistički značajna razlika.

Tablica 16. ANOVA temperature i organskih spojeva u otpadnim vodama za 2019. godinu

godina	2019.							
	okna	Temp. vode	Ukupni fenoli	BTX	AOX	Fluoridi	Ukupni dušik	Ukupni fosfor
KMO 1 – Istok		22,35a	0,002a	0,005a	0,02a	0,20a	5,82a	0,17a
KMO 2 – Jug		23,20a	0,002a	0,005a	0,04a	0,20a	4,15a	0,23a

		Rezultati istraživanja					
prosjeak	22,77	0,002	0,005	0,03	0,20	4,98	0,2
LSD	12,068	0,0006	–	0,0504	–	2,2995	0,1836

Razlike među vrijednostima u kolonama koje sadrže istu slovnu oznaku nisu statistički značajne (LSD Fisher, $p < 0,05$)

U 2020. godini nije došlo do značajnih odstupanja u koncentraciji teških metala na oba istraživana okna. Naime, koncentracije teških metala kretale su se u približno sličnim vrijednostima na obama oknima, a vrijednosti su bile unutar MDK-a (Tablica 17).

Svi promatrani parametri za teške metale i pH tijekom 2020. godine kretali su se u vrijednostima unutar MDK-a na oba okna, KMO 1 – Istok i KMO 2 – Jug, i između njih nije utvrđena statistički značajna razlika (tablica 17). U ovoj godini nije utvrđena statistički značajna razlika ni u koncentracijama vanadija što je u prethodnoj godini bio slučaj.

Tablica 17. ANOVA koncentracije teških metala i pH u otpadnim vodama za 2020.

godina	2020.									
	pH	Cu	Zn	Cr	Ni	Pb	Cd	As	Hg	V
okna										
KMO 1 – Istok	7,87a	0,05a	0,05a	0,04a	0,05b	0,05b	0,02a	0,01a	0,001a	0,01a
KMO 2 – Jug	7,96a	0,07a	0,08a	0,04a	0,05a	0,05a	0,02a	0,01a	0,001a	0,04a
prosjeak	7,91	0,06	0,06	0,04	0,05	0,05	0,02	0,01	0,001	0,02
LSD	0,239	0,050	0,046	0,021	-	-	0,011	0,021	-	0,052

Razlike između vrijednosti u kolonama koje sadrže istu slovnu oznaku nisu statistički značajne (LSD Fisher, $p < 0,05$)

Ako promatramo ostala kemijska svojstva (Tablica 18) analizirane otpadne vode tijekom 2020., tada je utvrđena statistički značajna razlika za sadržaj suspendiranih tvari u otpadnim vodama (KMO 1 – 6,80: KMO 2 – 12,40), otopljenih soli (KMO 1 – 407,25: KMO 2 – 109,67) te značajno veća koncentracija klorida na KMO 1 – Istok u odnosu na KMO 2 – Jug (KMO 1 – 46,00: KMO 2 – 13,66) (Tablica 18).

Slična odstupanja u rezultatima za navedene parametre između KMO 1 – Istok i KMO 2 – Jug utvrđena su i tijekom 2019. godine (Tablica 15).

Tablica 18. ANOVA kemijskih svojstava u otpadnim vodama za 2020. godinu

godina	2020.							
	Susp. tvar	Taloživ. tvari	Otop. soli	Otopljeni kisik	KPK	BPK	Kloridi	Ukupna ulja i masti
okna								

	Rezultati istraživanja							
KMO 1 – Istok	6,80b	0,12a	407,25a	8,52a	15,00a	3,80a	46,00a	3,96a
KMO 2 – Jug	12,40a	0,20a	109,67b	7,91a	16,00a	4,46a	13,66b	7,30a
prosjeak	9,6	0,16	258,46	8,21	15,5	4,13	29,83	5,63
LSD	9,887	0,2281	147,12	1,3073	2,1507	2,6496	19,607	5,6525

Razlike među vrijednostima u kolonama koje sadrže istu slovnu oznaku nisu statistički značajne (LSD Fisher, $p < 0,05$)

Promatrajući temperaturu i organske spojeve tijekom 2020. godine na obama oknima KMO 1 – Istok i KMO 2 – Jug utvrđena je statistički značajna razlika za ukupni dušik, gdje su izmjerene vrijednosti na KMO 1 – Istok znatno više u odnosu na izmjerene vrijednosti na KMO 2 – Jug, što predstavlja statistički značajnu razliku (Tablica 19).

Kod ostalih parametara poput ukupnih fenola, BTX, AOX, fluorida, dušika i fosfora nema statistički značajnih odstupanja za promatrano razdoblje (Tablica 19).

Tablica 19. ANOVA temperature i organskih spojeva u otpadnim vodama za 2020. godinu

godina	2020.						
okna	Temp. vode	Ukupni fenoli	BTX	AOX	Fluoridi	Ukupni dušik	Ukupni fosfor
KMO 1 – Istok	16,05a	0,001a	0,005a	0,02a	0,21a	7,65a	0,15a
KMO 2 – Jug	23,16a	0,003a	0,005a	0,02a	0,20a	4,26b	0,16a
prosjeak	19,60	0,002	0,005	0,02	0,20	5,95	0,15
LSD	10,175	0,0049	–	0,0152	0,0489	4,9898	0,2223

Razlike među vrijednostima u kolonama koje sadrže istu slovnu oznaku nisu statistički značajne (LSD Fisher, $p < 0,05$)

Tijekom 2021. godine nije došlo do značajnih odstupanja pH-vrijednosti ni koncentracije teških metala u otpadnim vodama na obama istraživanim oknima u odnosu na prethodne godine. Koncentracije teških metala u otpadnim vodama kretale su se u približnim vrijednostima na obama oknima, koje su bile unutar MDK-a i među njima nije utvrđena statistički značajna razlika (Tablica 20).

Tablica 20. ANOVA koncentracije teških metala i pH u otpadnim vodama za 2021.

godina	2021.									
okna	pH	Cu	Zn	Cr	Ni	Pb	Cd	As	Hg	V

	Rezultati istraživanja									
KMO 1 – Istok	7,87a	0,05b	0,06a	0,05b	0,05b	0,05b	0,02a	0,02a	0,001a	0,01a
KMO 2 – Jug	7,73a	0,05a	0,06a	0,05a	0,05a	0,05a	0,02a	0,02a	0,001a	0,01a
prosjek	7,8	0,05	0,06	0,05	0,05	0,05	0,02	0,02	0,001	0,01
LSD	0,162	–	0,036	–	–	–	–	–	–	0,008

Razlike među vrijednostima u kolonama koje sadrže istu slovnu oznaku nisu statistički značajne (LSD Fisher, $p < 0,05$)

Kada promatramo ostala kemijska svojstva otpadne vode tijekom 2021., tada se izdvaja značajna razlika u izmjerenim vrijednostima za suspendirane tvari na KMO 2 – Jug u odnosu na KMO 1 – Istok, gdje je utvrđena statistički značajna razlika u rezultatima za promatrano razdoblje. Izmjerene vrijednosti na KMO 2 – Jug bile su višestruko povišene u odnosu na KMO 1 – Istok, što predstavlja statistički značajnu razliku. Također, značajno su povišene vrijednosti KPK i BPK na KMO 2 – Jug u odnosu na KMO 1 – Istok, što je prikazano u tablici. U 2021. godini zabilježena je i statistički značajna razlika u sadržaju otopljenog kisika pri čemu je na KMO1 -Istok utvrđeno gotovo dvostruko više otopljenog kisika (Tablica 21).

Tijekom 2021. nisu mjerene vrijednosti klorida na mjernim oknima jer u to vrijeme analize podliježu novom Rješenju o izmjeni i dopuni uvjeta okolišne dozvole, kojom je propisano da se više ne analiziraju kloridi u otpadnoj vodi (Tablica 21).

Tablica 21. ANOVA kemijskih svojstava u otpadnim vodama za 2021. godinu

godina	2021.							
okna	Susp. tvar	Taložive tvari	Otop. soli	Otop. kisik	KPK	BPK	Kloridi	Ukupna ulja i masti
KMO 1 – Istok	10,25b	0,12b	463,3a	8,06a	15,00b	2,45b	–	5,28a
KMO 2 – Jug	41,00a	0,23a	386,0a	4,15b	69,00a	23,97a	–	5,91a
prosjek	25,62	0,17	424,65	6,10	42,00	13,21	–	5,59
LSD	44,914	0,1045	314,31	1,7776	116,14	45,207	–	1,9529

Razlike među vrijednostima u kolonama koje sadrže istu slovnu oznaku nisu statistički značajne (LSD Fisher, $p < 0,05$)

Promatrajući temperaturu i organske spojeve tijekom 2021. godine (Tablica 22), na obama mjernim oknima nije utvrđena statistički značajna razlika, odnosno nema velikih odstupanja u izmjerenim vrijednostima analiziranih parametara. Sve promatrane vrijednosti kretale su se unutar MDK-a. Također, zamjetno je da u istoj tablici nisu prikazane vrijednosti

za ukupni dušik i za ukupni fosfor jer tijekom 2021. na snagu stupa Rješenje o izmjeni i dopuni uvjeta okolišne dozvole kojim je propisano da se više neće analizirati ukupni dušik i ukupni fosfor u otpadnoj vodi (Tablica 22).

Tablica 22. ANOVA temperature i organskih spojeva u otpadnim vodama za 2021. godinu

godina	2021.						
okna	Temp. vode	Ukupni fenoli	BTX	AOX	Fluoridi	Ukupni dušik	Ukupni fosfor
KMO 1 – Istok	19,07a	0,006a	0,005a	0,02a	0,30a	–	–
KMO 2 – Jug	25,66a	0,003a	0,005a	0,02a	0,23a	–	–
prosjek	22,36	0,0045	0,005	0,02	0,26	–	–
LSD	8,7782	0,0139	–	0,0097	0,3865	–	–

Razlike među vrijednostima u kolonama koje sadrže istu slovnú oznaku nisu statistički značajne (LSD Fisher, $p < 0,05$)

U Tablici 23 prikazani su rasponi vrijednosti svih ispitanih parametara kemijskih svojstva otpadne vode neovisno o godini uzorkovanja. Iz navedene tablice može se uočiti značajno odstupanje u rezultatima na KMO 1 – Istok u odnosu na KMO 2 – Jug za suspendiranu tvar, otopljene soli, KPK – kemijsku potrošnju kisika, BPK – biološku potrošnju kisika. Za ostala ispitivana svojstva nije utvrđena statistički značajna razlika. Izmjerene vrijednosti teških metala u otpadnoj vodi kretale su se u približno sličnim vrijednostima na KMO 1 – Istok i KMO 2 – Jug za promatrano razdoblje. Sve izmjerene vrijednosti kretale su se unutar MDK-a.

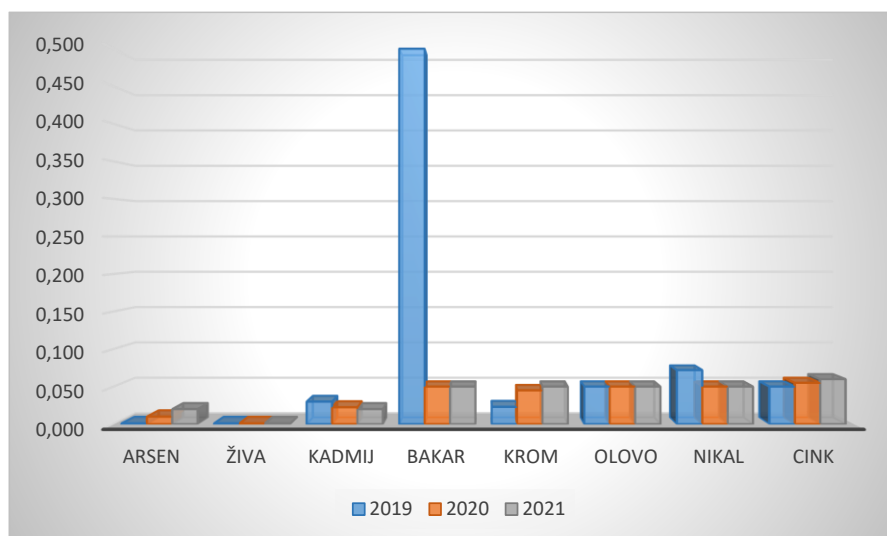
Tablica 23. ANOVA kemijskih svojstava otpadne vode neovisno o godini uzorkovanja

Svojstva vode	KMO 1 – Istok	KMO 2 – Jug	Prosjek	LSD
Susp. tvar	7,95b	22,38a	15,16	13,579
Taložive tvari	0,11b	0,19a	0,15	0,078
Otop. soli (suhi ostatak) 105 °C	418,00a	196,50b	307,25	118,82
Otopljeni kisik	8,12a	6,33b	7,22	1,2815
KPK	15,00b	32,70a	23,85	30,416
BPK	3,07b	10,29a	6,68	11,782
Bakar	0,05a	0,06a	0,055	0,0177
Cink	0,05a	0,06a	0,055	0,0162
Vanadij	0,01a	0,02a	0,015	0,0148

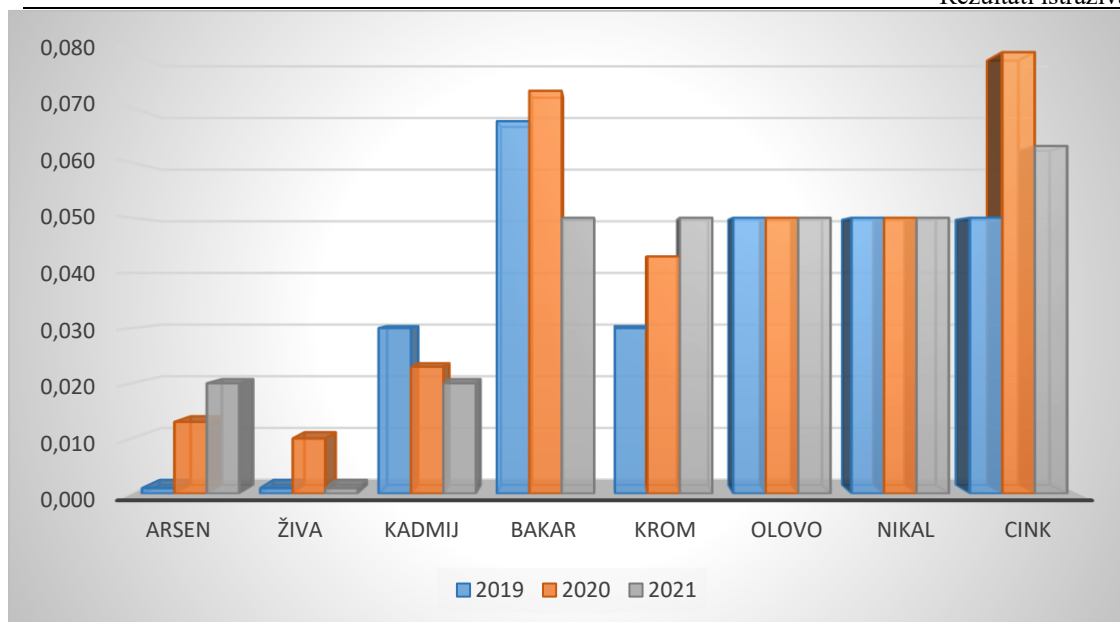
Krom	0,04a	0,04a	0,04	0,0093
Nikal	0,05a	0,05a	0,05	0,0172
Ukupna ulja i masti	5,20a	6,52a	5,72	1,7103
pH	7,83a	7,86a	7,84	0,1798
Temp. vode	19,15a	23,93a	21,54	4,9668
Olovo	0,05a	0,05a	0,05	0,0025
Kadmij	0,02a	0,02a	0,02	0,0046
Ukupni fenoli – Fenolni index	0,003a	0,026a	0,014	0,0037
Arsen	0,01a	0,01a	0,01	0,0089
Živa	0,001a	0,001a	0,001	0,0047
Lako hl. arom. uglj. BTX	0,05a	0,05a	0,05	0,0053
Fluoridi	0,24a	0,20a	0,22	0,0948
Adsorptivni org. hal. AOX	0,02a	0,02a	0,02	0,00161

Razlike među vrijednostima u kolonama koje sadrže istu slovnu oznaku nisu statistički značajne (LSD Fisher, $p < 0,05$)

U grafikonu3 na KMO 1 – Istok prikazan je monitoring teških metala tijekom godina 2019., 2020. i 2021., iz čega se jasno vidi da termoenergetsko postrojenje nije imalo prekoračenja MDK-a u tri istraživane godine u tehnološkoj vodi. Iz prikazanog grafikona se vidi kako su rezultati konzistentni kroz tri promatrane godine odnosno nije dolazilo do povećanja niti jednog promatranog elementa (eventualno Cu tijekom 2019 godine).



Grafikon 3. KMO 1 – Teški metali u tehnološkoj vodi EL-TO Zagreb



Grafikon 4. KMO 2 – Teški metali u oborinskoj vodi EL-TO Zagreb

U grafikonu 4 na KMO 2- Jug prikazan je monitoring teških metala tijekom godina 2019., 2020. i 2021. u oborinskoj vodi, iz čega se također može zaključiti da termoenergetsko postrojenje nije imalo prekoračenja MDK-a u tri istraživane godine u oborinskoj vodi.

Sve vrijednosti teških metala u otpadnim vodama s kontrolnih mjernih okna KMO 1 - Istok i KMO 2- Jug prijavljene su u ROO – Registar onečišćivača okoliša Republike Hrvatske.

Registar onečišćavanja okoliša je baza, odnosno skup podataka o izvorima, vrsti, količini, načinu i mjestu ispuštanja i/ili prijenosa onečišćujućih tvari u zrak, vodu i/ili more i tlo te proizvedenome, sakupljenome i obrađenome otpadu. Arhivska baza ROO sadrži podatke o operaterima i organizacijskim jedinicama koje su obveznici dostave podataka.

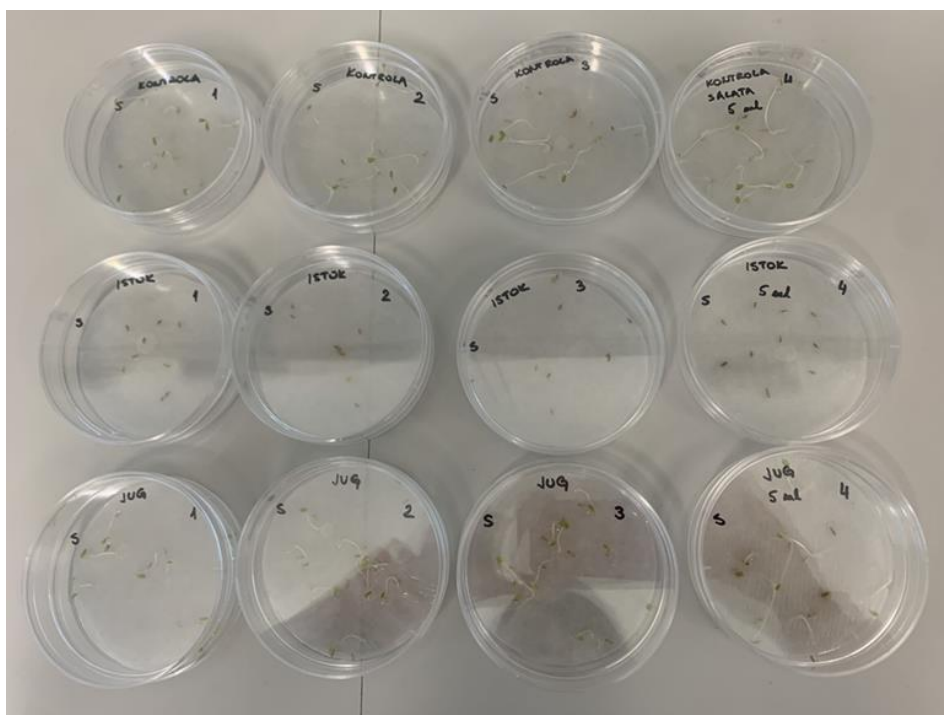
ROO obrazac temelji se na Pravilniku o registru onečišćavanja okoliša (NN 03/22).

Podaci obveznika dostave podataka u Registar onečišćavanja okoliša su tvrtke, operateri koje imaju zakonsku obvezu izvješćivanja o ispuštanjima i/ili prijenosu onečišćujućih tvari u zrak, vodu i/ili more i tlo te proizvedenom, sakupljenom i obrađenom otpadu. Svi rezultati analiza i promatrani parametri koji su istraživani u ovom radu su prijavljeni u Registar onečišćivača okoliša Republike Hrvatske. Time smo potvrdili da u ovom istraživačkom radu nije bilo prekoračenja graničnih vrijednosti emisija i da su rezultati istraživanja mjerodavni i u skladu sa Pravilnikom o graničnim vrijednostima emisija u otpadnim vodama (NN 26/20).

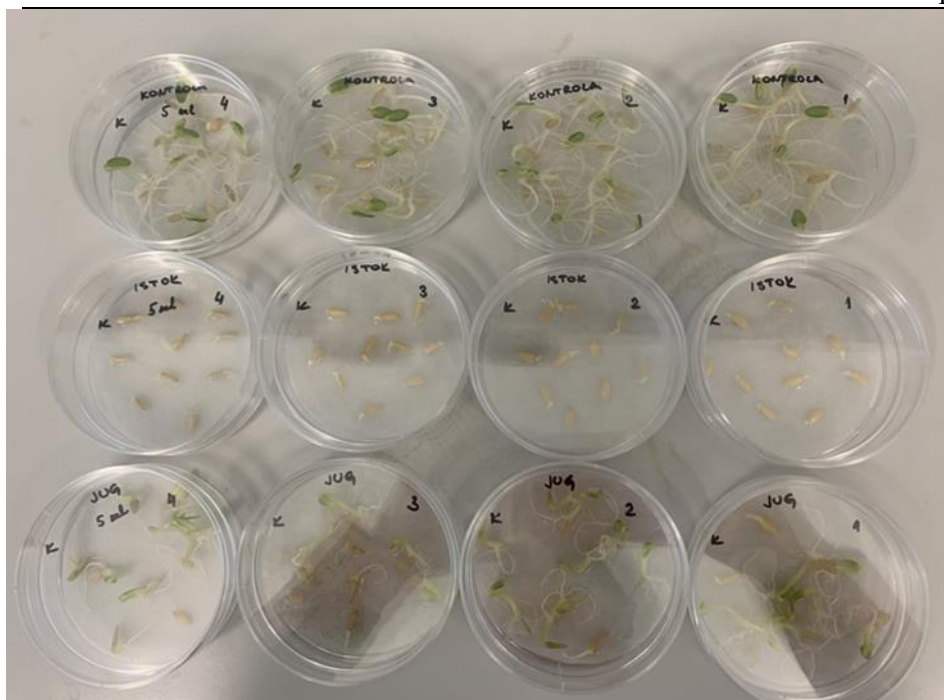
3.4. Kontrola kvalitete otpadnih voda u pogonu EL-TO testom fitotoksičnosti

U pokusu fitotoksičnosti u ovom istraživanju korištene su dvije kulture: salata (*Lactuca sativa L.*), kao izuzetno **osjetljiva** vrsta na amonijak, povećanu koncentraciju soli i organskih kiselina (Tam i Tiquia 1994, Lau i sur. 2001) te krastavac (*Cucumis sativus L.*), koji je često korišten kao testna biljka zbog **tolerantnosti** na povećanu koncentraciju soli, te daje visoke prinose svježih masa, a istovremeno je velikog sjemena i izraženog oblika kotiledona što je posebno pogodno za ovakvu vrstu testova (Thompson 2001, Zmora-Nahum i sur. 2007).

Test fitotoksičnosti proveden je u sve tri godine istraživanja (2019., 2020., 2021.) i na svakoj vodi koja je uzorkovana za kemijske analize na KMO 1- Istok i KMO 2- Jug. Kontrolu je u testu fitotoksičnosti predstavljala deionizirana voda. Svaki test proveden je u četiri ponavljanja radi statističke obrade podataka.



Slika 3. Broj prokljalih sjemenki salate nakon provedenog testa fitotoksičnosti (izvor: Dellavia i Popović)



Slika 4. Broj prokljalih sjemenki krastavaca nakon provedenog testa fitotoksičnosti (izvor: Dellavia i Popović)

3.4.1. Test fitotoksičnosti na testnim biljkama u 2019. godini

Kao što je već navedeno, testne biljke u istraživanju bile su krastavac i salata te je 2019. godine korišteno sjeme krastavca sorte Darina i salate Majska kraljica, koje je bilo posijano sukladno propisanoj normi EN 16086-2:2011 (HRN EN, 2011.a). Nakon provedenog testa prebrojani su broj ukupno prokljalih biljaka, duljina korijena i duljina izdanka, koji su bili osnova za izračun indeksa klijavosti i ocjenu fitotoksičnosti.

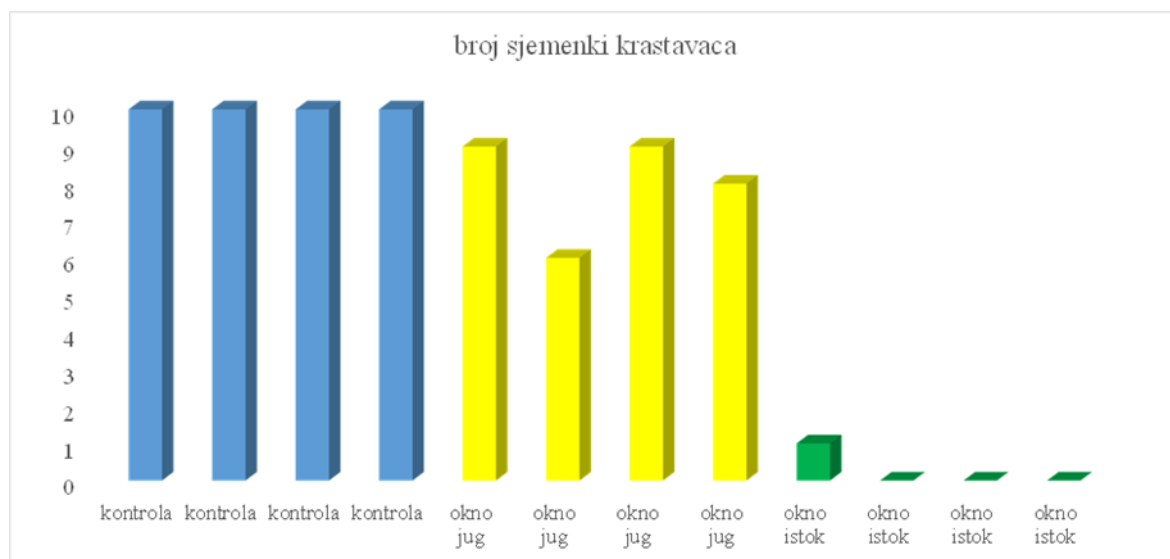
3.4.1.1. Utjecaj testnih kultura na postotak prokljalih sjemenki u 2019. godini

U 2019. godini utvrđena je slična prosječna klijavost za obje testne kulture, ali pritom je vrlo važno istaknuti kako se radi o prosjeku za sve tretmane (kontrola, otpadna voda okno Jug i okno Istok) i sva ponavljanja te da su razlike između testnih kultura kao i svi analizirani rezultati bili pod velikim utjecajem tretmana. Tako je za krastavac utvrđeno prosječno 6,08 prokljalih sjemenki, a za salatu 5,75, što znači da je niklo 60,80 % sjemenki krastavca odnosno 63,88 % sjemenki salate (Tablica 24).

Tablica 24. Utjecaj testnih kultura na klijavost i postotak prokljalih sjemenki

<i>Vrsta</i>	<i>Klijavost</i>	<i>Relativna klijavost (%)</i>
<i>Krastavac</i>	6,08	60,80
<i>Salata</i>	5,75	63,88

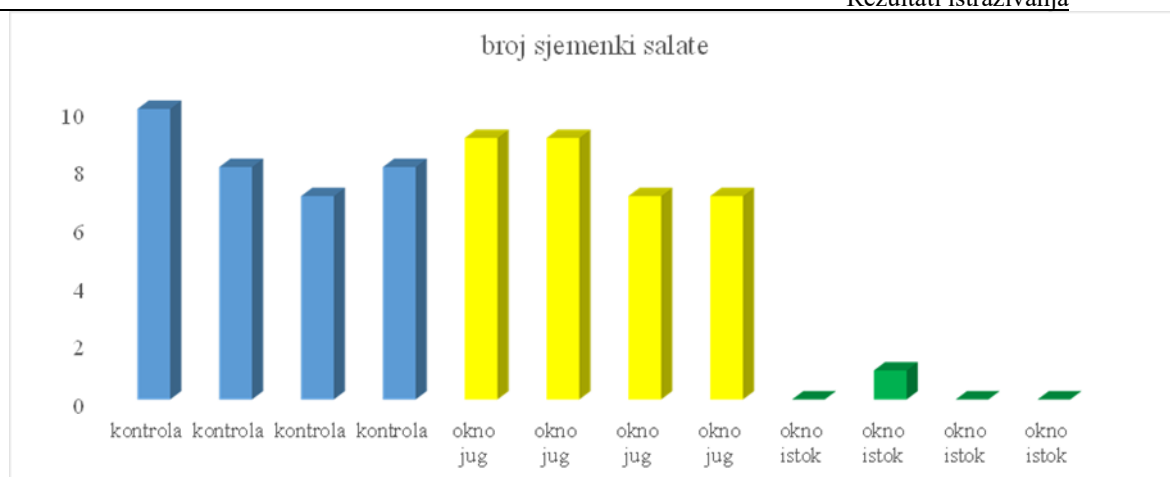
Kada promatramo broj prokljalih sjemenki krastavca po pojedinom tretmanu, možemo uočiti kako je broj prokljalih sjemenki bio pod velikim utjecajem tretmana (grafikon 5). Tako je na kontroli utvrđeno da je prokljalo svih 10 sjemenki, dok je na oknu Jug prokljao nešto manji broj po ponavljanju, a na oknu Istok gotovo da nije bilo prokljalih sjemenki nakon provedenog testa.



Grafikon 5. Broj prokljalih sjemenki krastavaca u 2019. godini

Ista je situacija utvrđena i kod sjemenki salate s tom razlikom da sjemenke salate nisu prokljale 100 % niti na kontroli već je klijavost bila 90 % prosječno po ponavljanima unutar tretmana (grafikon 6). Takvi rezultati upućuju na to da je analizirana otpadna voda s dvaju različitih okna imala bitno različit fitotoksični učinak na biljke.

Svi rezultati vezani uz broj prokljalih sjemenki prikazani su za svako ponavljanje unutar tretmana iako to nije uobičajeno. Ovakav pristup odabran je zbog malog broja uzoraka pri čemu svaka prokljala sjemenka ima veliki značaj u dokazivanju fitotoksičnosti. Takav pristup koristili smo i u drugim istraživanjima i znanstvenim radovima (Kopić., 2021).



Grafikon 6. Broj prokljalih sjemenki salate u 2019. godini

3.4.1.2. Utjecaj tretmana na duljinu korijena i izdanka testnih kultura u 2019. godini

Analizom rezultata utvrđena je statistički vrlo značajna razlika prosječne duljine korijena i izdanka ovisno o tretmanima i jasno je vidljivo da je na oknu Istok utvrđena statistički manja duljina korijena i izdanka kod krastavca, što je posljedica kemijskih svojstava vode na oknu Istok (Tablica 25).

Tablica 25. Utjecaj tretmana na duljinu korijena i izdanka krastavca u testu fitotoksičnosti 2019. godini

<i>Vrsta</i>	<i>Duljina korijena</i>	<i>Duljina izdanka</i>
<i>kontrola</i>	10,52 a	2,14 a
<i>okno Jug</i>	10,24 a	2,11 a
<i>okno Istok</i>	0,58 b	1,20 b
LSD	1,288	1,987

Razlike među vrijednostima u stupcima koje sadrže istu slovnu oznaku nisu statistički značajne (razina 95 %)

Ista situacija zabilježena je i kod duljine korijena i izdanka salate, s izraženom razlikom između okna Jug i okna Istok, pri čemu je duljina korijena na oknu Istok bila višestruko niža u odnosu na kontrolu (2,53 mm : 21,20 mm) (Tablica 26).

Tablica 26. Utjecaj tretmana na duljinu korijena i izdanka salate u testu fitotoksičnosti 2019. godini

<i>Vrsta</i>	<i>Duljina korijena</i>	<i>Duljina izdanka</i>
--------------	-------------------------	------------------------

		Rezultati istraživanja
<i>kontrola</i>	21,20a	5,98a
<i>okno Jug</i>	21,00a	5,84a
<i>okno Istok</i>	2,53b	3,10b
LSD	3,879	2,117

Razlike među vrijednostima u stupcima koje sadrže istu slovnu oznaku nisu statistički značajne (razina 95 %)

Kada aspekt utjecaja tretmana promatramo u relativnim odnosima, tada je utjecaj tretmana još jače izražen jer je na oknu Istok utvrđena relativna klijavost krastavca od svega 2,5 %, a na oknu Jug od 80,00 % (Tablica 27).

Tablica 27. Utjecaj tretmana na klijavost i relativnu klijavost krastavca u testu fitotoksičnosti 2019. godini

<i>Vrsta</i>	<i>Klijavost</i>	<i>Relativna klijavost (%)</i>
<i>kontrola</i>	10	–
<i>okno Jug</i>	8	80,00
<i>okno Istok</i>	0,25	2,50

Kod salate je utvrđen isti trend s nešto većim postotkom klijavih sjemenki na oknu Istok, od 2,78 %, kao i na oknu Jug, od 88,79 % (Tablica 28).

Tablica 28. Utjecaj tretmana na klijavost i relativnu klijavost salate u testu fitotoksičnosti 2019. godini

<i>Vrsta</i>	<i>Klijavost</i>	<i>Relativna klijavost (%)</i>
<i>kontrola</i>	9	–
<i>okno Jug</i>	8	88,79
<i>okno Istok</i>	0,25	2,78

3.4.1.3 Utjecaj testne kulture na indeks klijavosti u 2019. godini

U provedenom istraživanju indeks klijavosti (GI) utvrđen je na temelju testa klijavosti, a kao što je već objašnjeno, GI se temelji na klijavosti i duljini korijena pojedinog tretmana u usporedbi s kontrolom (Lončarić i sur.,2019), tj. indeks povezuje mjere relativne klijavosti sjemeni (G %) i relativno izduljenje korijena (L %). Taj parametar predstavlja najosjetljiviji pokazatelj kada je u pitanju fitotoksičnost i smanjuje se povećanjem koncentracije topljivih soli koje se nalaze u otopini u kojoj se testiraju biljke (Lončarić 2019).

U provedenom istraživanju zabilježen je velik utjecaj tretmana na GI jer ako promatramo prosječne vrijednosti za pojedinu testnu kulturu, tada je njihov GI vrlo sličan, tj. nije utvrđena statistički značajna razlika (Tablica 29). Tako je za obje biljne vrste utvrđen vrlo nizak GI ($< 0,5$), što znači da su obje biljne vrste prosječno gledano bile pod utjecajem visoke fitotoksičnosti.

Tablica 29. Utjecaj vrste testne kulture na GI 2019. godini

<i>Vrsta</i>	<i>Indeks klijavosti (GI)</i>
<i>Krastavac</i>	0,44 a
<i>Salata</i>	0,49 a
LSD	0,0291

Razlike među vrijednostima u stupcima koje sadrže istu slovnu oznaku nisu statistički značajne (razina 95 %)

Međutim, kada promatramo utjecaj pojedinog tretmana na svaku kulturu posebno, tada je vidljiva statistički značajna razlika u odnosu okna Jug i okna Istok za GI krastavca, gdje je za okno Jug u 2019. godini utvrđen GI od 0,78 (umjerena fitotoksičnost), a za okno Istok GI 0,10 (visoka fitotoksičnost) (Tablica 30).

Tablica 30. Utjecaj tretmana na GI krastavca 2019. godini

<i>Vrsta</i>	<i>Indeks klijavosti (GI)</i>
<i>Okno Jug</i>	0,78 a
<i>okno Istok</i>	0,10 b
LSD	0,4912

Razlike među vrijednostima u stupcima koje sadrže istu slovnu oznaku nisu statistički značajne (razina 95 %)

Nešto povoljnija situacija s GI na oknu Jug utvrđena je za GI kod salate (0,88 – nema fitotoksičnosti), dok je na oknu Istok situacija bila ista s utvrđenom vrijednosti GI 0,10 (visoka fitotoksičnost) (Tablica 31).

Tablica 31. Utjecaj tretmana na GI salate 2019. godini

<i>Vrsta</i>	<i>Indeks klijavosti (GI)</i>
<i>okno Jug</i>	0,88 a
<i>okno Istok</i>	0,10 b
LSD	0,5914

Razlike među vrijednostima u stupcima koje sadrže istu slovnu oznaku nisu statistički značajne (razina 95 %)

3.4.2. Test fitotoksičnosti na testnim kulturama u 2020. godini

Test fitotoksičnosti u 2020. godini rezultirao je vrlo sličnim pokazateljima kao i u prethodnoj godini istraživanja. Naime, i u ovoj godini istraživanja zabilježena je vrlo značajna razlika između analizirane vode s okna Jug u odnosu na okno Istok.

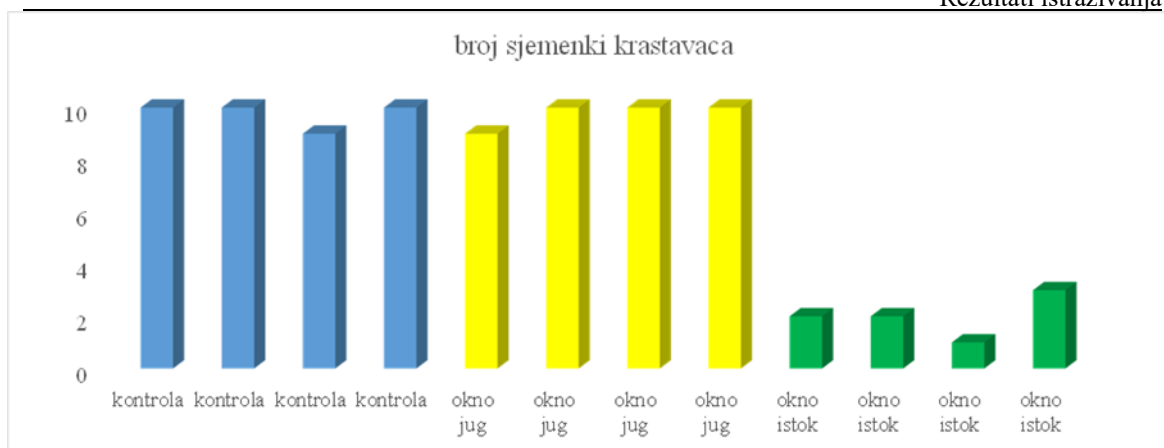
3.4.2.1 Utjecaj testne kulture na postotak prokljalih sjemenki u 2020. godini

Prosječno gledano, ni u 2020. godini nije utvrđena razlika između klijavosti i relativne klijavosti testnih kultura (Tablica 32), no razlike postaju jasno naglašene kada se promatra utjecaj tretmana na svaku testnu kulturu. Relativna klijavost krastavca bila je nešto niža (70,97 %) u odnosu na relativnu klijavost salate (76,47 %), pri čemu je važno naglasiti da je u 2020. godini zabilježena niža klijavost i na kontroli za obje kulture (deionizirana voda). Naime, kada promatramo broj prokljalih sjemenki krastavaca u svakom ponavljanju, tada je vidljivo da čak ni na kontroli nije utvrđena klijavost od 100 % već 97,5 %, dok je za salatu utvrđena klijavost na kontroli bila 85 % (grafikoni 7 i 8)

Tablica 32. Utjecaj vrste testne kulture na klijavost i postotak prokljalih sjemenki u 2020. godini

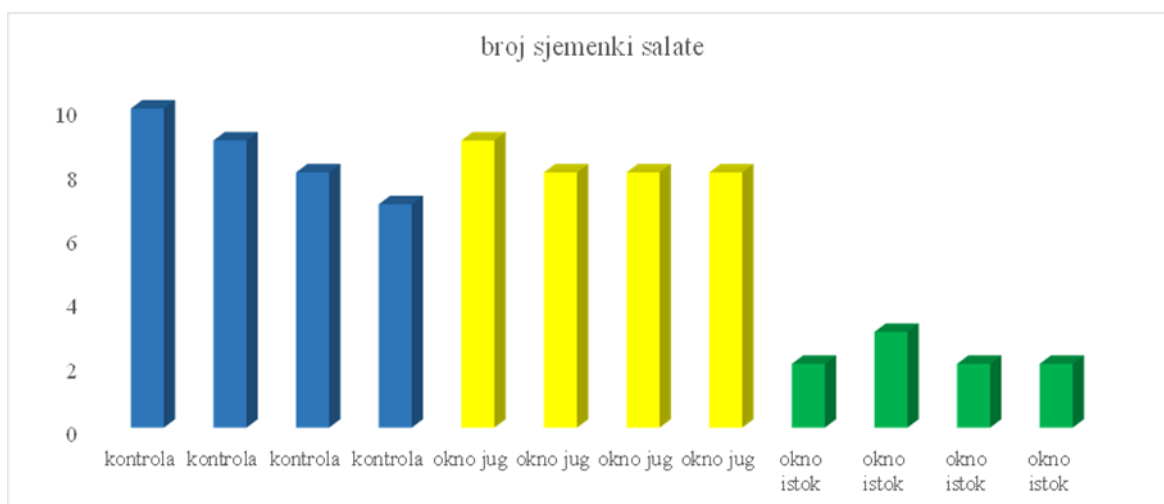
<i>Vrsta</i>	<i>Klijavost</i>	<i>Relativna klijavost (%)</i>
<i>Krastavac</i>	6,92	70,97
<i>Salata</i>	6,50	76,47

Analizirana voda s okna Jug i u ovoj je godini bila stimulativnija za klijanje krastavca, dok je za okno Istok bila zabilježena niža klijavost (grafikon 7). Međutim, u ovoj godini klijavost na oknu Istok ipak je bila nešto viša u odnosu na 2019. godinu.



Grafikon 7. Broj prokljalih sjemenki krastavaca u 2020. godini

Isti rezultati zabilježeni su i kod broja prokljalih sjemenki salate (grafikon 8), pri čemu je nešto veća klijavost utvrđena za salatu u odnosu na krastavac, posebno na oknu Istok.



Grafikon 8. Broj prokljalih sjemenki salate u 2020. godini

3.4.2.2 Utjecaj tretmana na duljinu korijena i izdanka testnih kultura u 2020. godini

U 2020. godini nije zabilježen statistički značajan utjecaj tretmana na duljinu korijena i izdanka krastavaca (Tablica 33). Važno je istaknuti da nije zabilježena statistički značajna razlika na ispitivane parametre ni između okna Jug i okna Istok. Tako je na oknu Jug duljina korijena krastavaca iznosila 10,27 mm, a na oknu Istok 9,78 mm. Duljina izdanka krastavca na oknu Jug iznosila je 3,14 mm, a na oknu Istok 3,13 mm.

Tablica 33. Utjecaj tretmana na duljinu korijena i izdanka krastavca u 2020. godini

<i>Vrsta</i>	<i>Duljina korijena</i>	<i>Duljina izdanka</i>
<i>kontrola</i>	10,30 a	3,18 a
<i>okno Jug</i>	10,27 a	3,14 a
<i>okno Istok</i>	9,78 a	3,13 a
LSD	0,533	0,057

Razlike među vrijednostima u stupcima koje sadrže istu slovnu oznaku nisu statistički značajne (razina 95 %)

Kod duljine korijena salate u 2020. godini također nije zabilježena statistički značajna razlika u odnosu na tretmane, ali je na oknu Jug (20,03 mm) duljina korijena bila veća nego na oknu Istok (14,98 mm). Kod duljine izdanka salate ta razlika nije bila gotovo uopće izražena: okno Jug – 6,13 mm, okno Istok – 6,10 mm (Tablica 34).

Tablica 34. Utjecaj tretmana na duljinu korijena i izdanka salate u 2020. godini

<i>Vrsta</i>	<i>Duljina korijena (mm)</i>	<i>Duljina izdanka (cm)</i>
<i>kontrola</i>	20,92 a	6,17 a
<i>okno Jug</i>	20,03 a	6,13 a
<i>okno Istok</i>	14,98 ab	6,10 a
LSD	6,338	2,113

Razlike među vrijednostima u stupcima koje sadrže istu slovnu oznaku nisu statistički značajne (razina 95 %)

Utjecaj tretmana na klijavost svake testne kulture, kao i relativna klijavost u 2020. godini potvrdila je rezultate iz prethodne godine. Naime, opet je utvrđena statistički značajna razlika između klijavosti i relativne klijavosti za krastavac između okna Jug i okna Istok. Klijavost na oknu Jug bila je četiri puta veća u odnosu na okno Istok (Tablica 35).

Tablica 35. Utjecaj tretmana na klijavost krastavaca u 2020. godini

<i>Vrsta</i>	<i>Klijavost</i>	<i>Relativna klijavost (%)</i>
<i>okno Jug</i>	8,75 a	87,5 0a
<i>okno Istok</i>	2,00 b	20,00 b
LSD	6,882	69,2

Razlike među vrijednostima u stupcima koje sadrže istu slovnu oznaku nisu statistički značajne (razina 95 %)

Kod klijavosti i relativne klijavosti salate u 2020. godini utvrđen je isti trend od višestruko veće klijavosti na oknu Jug u odnosu na okno Istok (Tablica 36). Općenito gledano, relativna klijavost salate bila je veća u odnosu na relativnu klijavost krastavca na oba okna.

Tablica 36. Utjecaj tretmana na klijavost salate u 2020. godini

<i>Vrsta</i>	<i>Klijavost</i>	<i>Relativna klijavost (%)</i>
<i>okno Jug</i>	8,25 a	91,67 a
<i>okno Istok</i>	2,25 b	25,00 b
LSD	6,332	68,22

Razlike među vrijednostima u stupcima koje sadrže istu slovnu oznaku nisu statistički značajne (razina 95 %)

3.4.2.3 Utjecaj vrste testne kulture na indeks klijavosti u 2020. godini

U 2020. godini utvrđena je nešto povoljnija situacija s aspekta GI u odnosu na 2019. godinu. Naime, prosječno gledano nije bilo statistički značajne razlike za GI između testnih kultura, ali je zabilježena manja fitotoksičnost (GI 0,50 – 0,80 (umjerena fitotoksičnost)) za obje kulture (Tablica 37).

Tablica 37. Utjecaj vrste testne kulture na GI u 2020.

<i>Vrsta</i>	<i>Indeks klijavosti (GI)</i>
<i>Krastavac</i>	0,53 a
<i>Salata</i>	0,58 a
LSD	0,044

Razlike među vrijednostima u stupcima koje sadrže istu slovnu oznaku nisu statistički značajne (razina 95 %)

GI u 2020. godini kod krastavaca vodu s okna Jug svrstava u kategoriju bez fitotoksičnosti, dok je voda s okna Istok u kategoriji visoke fitotoksičnosti (Tablica 38).

Tablica 38. Utjecaj tretmana na GI krastavca u 2020. godini

<i>Vrsta</i>	<i>Indeks klijavosti (GI)</i>
<i>okno Jug</i>	0,87 a
<i>okno Istok</i>	0,19 b
LSD	0,695

Razlike među vrijednostima u stupcima koje sadrže istu slovnu oznaku nisu statistički značajne (razina 95 %)

Kod salate je utvrđen isti trend za GI: nema fitotoksičnosti (GI 0,91) za vodu na oknu Jug; visoka fitotoksičnost (GI 0,25) za okno Istok (Tablica 39).

Tablica 39. Utjecaj tretmana na GI salate 2020. godini

<i>Vrsta</i>	<i>Indeks klijavosti (GI)</i>
<i>okno Jug</i>	0,91 a
<i>okno Istok</i>	0,25 b
LSD	0,6678

Razlike među vrijednostima u stupcima koje sadrže istu slovnu oznaku nisu statistički značajne (razina 95 %)

3.4.3. Test fitotoksičnosti na testnim kulturama u 2021. godini

U posljednjoj godini istraživanja ponovljen je trend koji je zabilježen u 2019. i 2020. godini po svim istraživanim parametrima u testu fitotoksičnosti. Naime, i u 2021. godini zabilježena je vrlo značajna razlika između analizirane vode s okna Jug u odnosu na okno Istok.

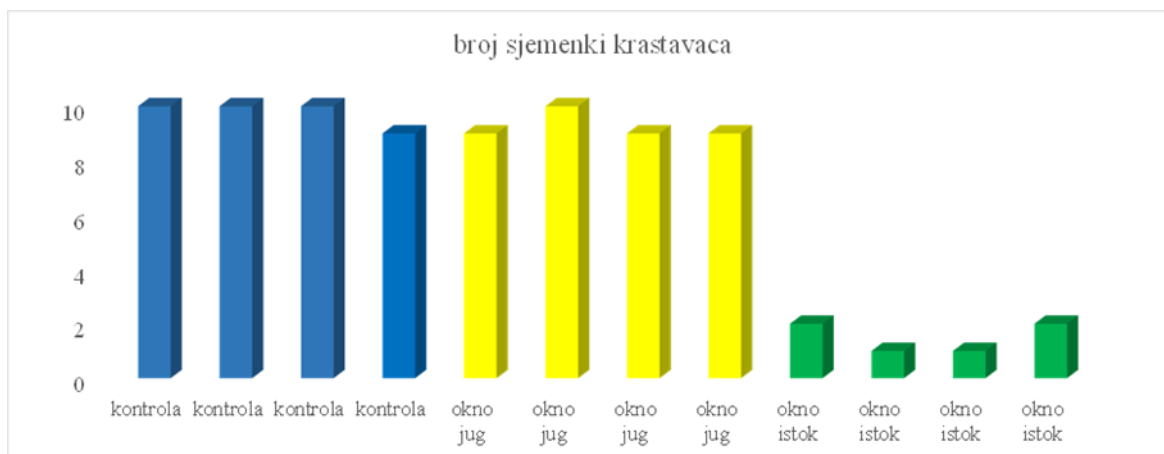
3.4.3.1. Utjecaj vrste testne kulture na postotak prokljalih sjemenki u 2021. godini

Prosječno gledano, u 2021. godini nije utvrđena razlika između klijavosti i relativne klijavosti testnih kultura (tablica 40), no razlike postaju jasno naglašene kada se promatra utjecaj tretmana na svaku testnu kulturu. Relativna klijavost salate bila je nešto niža (67,48 %) u odnosu na relativnu klijavost krastavca (70,97 %), pri čemu je važno naglasiti da je u 2021. godini zabilježena niža klijavost i na kontroli (deionizirana voda), tj. da ni na kontroli nije prokljalo svih 10 posijanih sjemenki (prosječno za ponavljanja na kontroli 9,75).

Tablica 40. Utjecaj vrste testne kulture na klijavost i postotak prokljalih sjemenki u 2021.

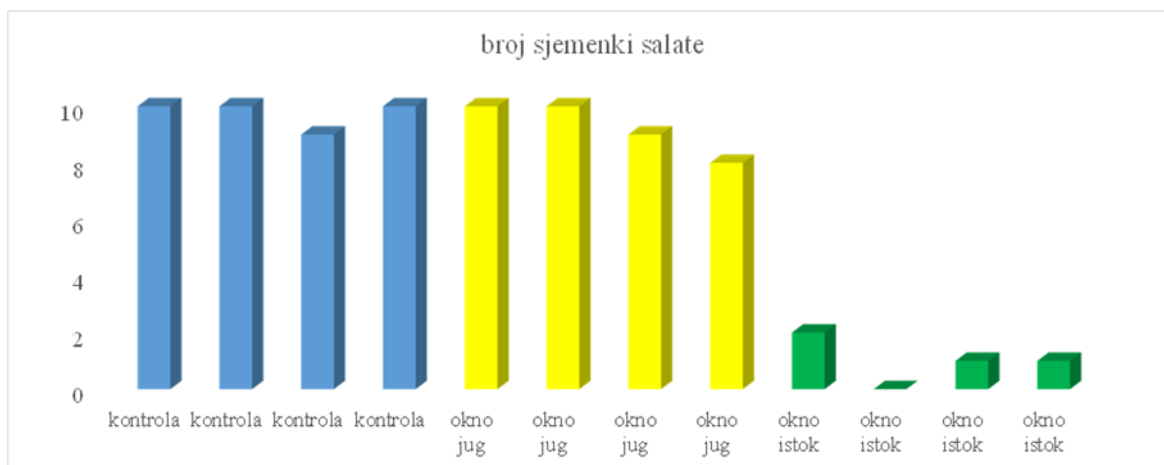
<i>Vrsta</i>	<i>Klijavost</i>	<i>Relativna klijavost (%)</i>
<i>Krastavac</i>	6,92	70,97
<i>Salata</i>	6,58	67,48

Kada promatramo utjecaj tretmana na pojedinu testnu kulturu, možemo zaključiti da je u 2021. godini zabilježena ista situacija kod sjemena krastavca kao i u prethodnim dvjema godinama, tj. vidljiva je razlika u broju prokljalih sjemenki na oknu Jug u odnosu na vodu s okna Istok (grafikon 9).



Grafikon 9. Broj prokljalih sjemenki krastavca u 2021. godini

Ta razlika bila je još izraženija kod broja prokljalih sjemenki salate, gdje na pojedinim ponavljanjima nije prokljalo nijedno sjeme, slično kao i u 2019. godini (grafikon 10).



Grafikon 10. Broj prokljalih sjemenki salate u 2021. godini

3.4.3.2. Utjecaj tretmana na duljinu korijena i izdanka testnih kultura u 2021. godini

Promatrano s aspekta utjecaja tretmana, u 2021. godini, nije utvrđena statistička značajnost kod rezultata duljine korijena i izdanka krastavca (Tablica 41). Tako je najveća duljina korijena (11,00 mm) i izdanka (3,03 mm) zabilježena na kontroli.

Tablica 41. Utjecaj tretmana na duljinu korijena i izdanka krastavca u 2021. godini

<i>Vrsta</i>	<i>Duljina korijena</i>	<i>Duljina izdanka</i>
<i>kontrola</i>	11,00 a	3,03 a
<i>okno Jug</i>	10,07 ab	2,91 ab
<i>okno Istok</i>	10,02 ab	2,93 ab
LSD 0,05	1,002	0,135

Razlike među vrijednostima u stupcima koje sadrže istu slovnu oznaku nisu statistički značajne (razina 95 %)

Međutim, kod salate je u 2021. godini utvrđena statistički značajna razlika u duljini korijena i izdanka, s tim da je na oknu Istok zabilježena statistički manja duljina korijena i izdanka u odnosu na okno Jug i kontrolu (Tablica 42). Između kontrole i okna Jug nije zabilježena značajna razlika u duljini korijena i izdanka.

Tablica 42. Utjecaj tretmana na duljinu korijena i izdanka salate u 2021. godini

<i>Vrsta</i>	<i>Duljina korijena</i>	<i>Duljina izdanka</i>
<i>kontrola</i>	20,92 a	6,04 a
<i>okno Jug</i>	20,03 a	6,01 a
<i>okno Istok</i>	14,98 b	5,52 b
LSD 0,05	6,008	0,998

Razlike među vrijednostima u stupcima koje sadrže istu slovnu oznaku nisu statistički značajne (razina 95 %)

Kao i u svim prethodnim godinama istraživanja, kod klijavosti i relativne klijavosti krastavca u 2021. godini zabilježena je statistički značajna razlika između tretmana: voda s okna Jug i voda s okna Istok (Tablica 43). Ponovno je višestruko veća bila relativna klijavost na oknu Jug u odnosu na okno Istok.

Tablica 43. Utjecaj tretmana na klijavost krastavca 2021. godini

<i>Vrsta</i>	<i>Klijavost</i>	<i>Relativna klijavost (%)</i>
<i>okno Jug</i>	9,25 a	92,50 a
<i>okno Istok</i>	1,50 b	15,00 b
LSD 0,05	8,011	80,221

Razlike među vrijednostima u stupcima koje sadrže istu slovnu oznaku nisu statistički značajne (razina 95 %)

I kod klijavosti i relativne klijavosti salate u 2021. godini jasno je izražen utjecaj tretmana, tj. voda s okna Jug rezultirala je većom klijavosti i relativnom klijavosti u odnosu na vodu s okna Istok (Tablica 44).

Tablica 44. Utjecaj tretmana na klijavost salate 2021. godini

<i>Vrsta</i>	<i>Klijavost</i>	<i>Relativna klijavost (%)</i>
<i>okno Jug</i>	8,50 a	85,00 a
<i>okno Istok</i>	1,25 b	12,50 b
LSD 0,05	7,872	83,555

Razlike među vrijednostima u stupcima koje sadrže istu slovnu oznaku nisu statistički značajne (razina 95 %)

3.4.3.3. Utjecaj vrtse testne kulture na indeks klijavosti u 2021. godini

Isto kao u 2019. godini, i u 2021. godini prosječno gledano za obje testne vrste utvrđen je GI koji upućuje na visoku toksičnost analiziranih tretmana. Tako je za krastavac u 2021. utvrđen GI 0,49, a za salatu GI 0,48 (Tablica 45).

Tablica 45. Utjecaj vrste testne biljke na GI u 2021. godini

<i>Vrsta</i>	<i>Indeks klijavosti (GI)</i>
<i>Krastavac</i>	0,49 a
<i>Salata</i>	0,48 a
LSD	0,01

Razlike među vrijednostima u stupcima koje sadrže istu slovnu oznaku nisu statistički značajne (razina 95 %)

Za vodu s okna Jug za 2021. godinu za krastavac utvrđen je GI 0,85, tj. nije utvrđena fitotoksičnost ispitivanog tretmana, dok je za okno Istok utvrđen GI 0,14, tj. visoka fitotoksičnost ispitivanog tretmana (Tablica 46).

Tablica 46. Utjecaj tretmana na GI krastavca 2021. godini

<i>Vrsta</i>	<i>Indeks klijavosti (GI)</i>
<i>okno Jug</i>	0,85 a
<i>okno Istok</i>	0,14 b
LSD	0,725

Razlike među vrijednostima u stupcima koje sadrže istu slovnu oznaku nisu statistički značajne (razina 95 %)

Indeks klijavosti kod salate u 2021. godini slijedio je trendove iz prethodnih godina istraživanja s učinkom visoke fitotoksičnosti na oknu Istok (GI 0,09) i bez učinka fitotoksičnosti na oknu Jug (GI 0,81) (Tablica 47).

Tablica 47. Utjecaj tretmana na GI salate 2021. godini

<i>Vrsta</i>	<i>Indeks klijavosti (GI)</i>
<i>okno Jug</i>	0,81 a
<i>okno Istok</i>	0,09 b
LSD	0,556

Razlike među vrijednostima u stupcima koje sadrže istu slovnu oznaku nisu statistički značajne (razina 95 %)

Utvrđeni indeksi klijavosti, tj. učinak fitotoksičnosti istraživane otpadne vode u pogonu HEP EL-TO, za sve godine istraživanja vrlo su značajni pokazatelji i predstavljaju važnu točku ovoga istraživanja. Naime, to su prvi zabilježeni rezultati o učinku fitotoksičnosti otpadnih voda iz HEP pogona i predstavljaju važan parametar u određivanju pogodnosti otpadne vode za navodnjavanje poljoprivrednih kultura. Zanimljivi rezultati dobiveni su i u drugim istraživačkim studijama (Trinh i sur. 2013; Murray i sur. 2010; Ioppolo i sur. 2020), u kojima su analizirane otpadne vode Kenije, Indije i Kine te su utvrđene koncentracije TM u rasponu od 0.0001 do 0.015 mg/l u nizu Cd< Hg< Ni< Cr< Pb te je utvrđeno kako je analizirana otpadna voda prikladna za melioracije tla.

3.5. Pokazatelji i indeksi kakvoće otpadnih voda u pogonu EL-TO i pogodnost za navodnjavanje

Po završetku tehnološkog procesa pročišćavanja otpadnih voda u pogonu EL-TO Zagreb definirane su vrijednosti kemijskih parametara otpadne vode koje ukazuju na to da je voda na mjernim oknima KMO 1 – Istok i KMO 2 – Jug bila unutar granica propisanih Pravilnikom o graničnim vrijednostima emisija u otpadnim vodama (NN 26/20).

Rezultati promatranih teških metala u vodama kretali su se u rasponu i do 10 puta nižih koncentracija od onih koje su propisane Pravilnikom (NN 26/20). Tijekom promatranoga razdoblja od tri godine, 2019., 2020. i 2021., na ukupno 24 uzorka zabilježena je niska koncentracija svih analiziranih teških metala u otpadnim vodama pogona EL-TO (Tablica 48).

Koncentracije svih teških metala kretale su se u rasponu od = (0,001 – 0,055 mg/l), što ukazuje na to da nije bilo prekoračenja graničnih vrijednosti emisija u otpadnim vodama odnosno da su se sve vrijednosti kretale unutar MDK-a. U tablici su prikazane usporedne vrijednosti sadržaja teških metala u otpadnim vodama (Tablica 48).

Tablica 48. Usporedne vrijednosti sadržaja teških metala u otpadnim vodama tijekom promatranoga razdoblja

godina		2019.								
okna		Cu	Zn	Cr	Ni	Pb	Cd	As	Hg	V
KMO 1 – Istok		0,05	0,05	0,03	0,07	0,05	0,03	0,001	0,001	0,01
KMO 2 – Jug		0,06	0,05	0,03	0,05	0,05	0,03	0,001	0,001	0,02
prosjek		0,055	0,05	0,03	0,06	0,05	0,03	0,001	0,001	0,015
godina		2020.								
okna		Cu	Zn	Cr	Ni	Pb	Cd	As	Hg	V
KMO 1 – Istok		0,05	0,05	0,04	0,05	0,05	0,02	0,01	0,001	0,01
KMO 2 – Jug		0,07	0,08	0,04	0,05	0,05	0,02	0,01	0,001	0,04
prosjek		0,06	0,06	0,04	0,05	0,05	0,02	0,01	0,001	0,02
godina		2021.								
okna		Cu	Zn	Cr	Ni	Pb	Cd	As	Hg	V
KMO 1 – Istok		0,05	0,06	0,05	0,05	0,05	0,02	0,02	0,001	0,01
KMO 2 – Jug		0,05	0,06	0,05	0,05	0,05	0,02	0,02	0,001	0,01
prosjek		0,05	0,06	0,05	0,05	0,05	0,02	0,02	0,001	0,01

Vrijednosti pH otpadne vode tijekom svih triju godina promatranog razdoblja kretale su se u rasponu od 7,75 – 7,91, što također ukazuje na to da nije bilo prekoračenja graničnih vrijednosti emisija u otpadnim vodama, odnosno da su se sve vrijednosti kretale unutar MDK-a (Tablica 49) te da alkalitet otpadne vode ne bi trebao biti limitirajući čimbenik za pogodnost za navodnjavanje (Tablica 57).

Tablica 49. Vrijednosti pH otpadne vode tijekom svih triju godina promatranog razdoblja

Godina (pH)	2019.	2020.	2021.
KMO 1 – Istok	7,75	7,87	7,87
KMO 2 – Jug	7,87	7,96	7,73
prosjek	7,81	7,91	7,80

3.5.1. Prikladnost otpadnih voda za navodnjavanje

Po završetku procesa pročišćavanja OV u pogonu EL-TO Zagreb sustavno se mjere dva pokazatelja pogodnosti vode za navodnjavanje, a to su otopljene soli i koridi, te se dopunski utvrđuju vrijednosti SAR i RSC.

Kako navodi Romić (1997), i sukladno Katalogu za interpretiranje kvalitete vode za navodnjavanje (Tablica 57), navedeni pokazatelji mogu biti čimbenici tumačenja prikladnosti vode za pogodnost navodnjavanja koja se dijeli u tri kategorije:

1. bez ograničenja
2. slabo do umjereno ograničenje
3. izrazito ograničenje.

Kod primjene vode iz prve kategorije nema ugroze od pojave štetnih problema u tlu i kulturi. Kod upotrebe vode iz druge kategorije može se postići potpuni uspjeh uz pažljivog izbora kultura i implementacijom značajnih agrotehničkih mjera gospodarenja. Kod primjene vode treće kategorije mogu se predvidjeti ozbiljni problemi u tlu i/ili na biljci.

Prema Kralju (2017), kvaliteta vode koja se upotrebljava za navodnjavanje može značajno varirati ovisno o vrsti i količini ukupno otopljenih soli. Otopljene soli koje su prisutne u značajnim količinama potječu od otapanja mineralnih naslaga i nošene su vodom do poljoprivrednih površina. Raspoloživost vode za navodnjavanje određuje se ne samo količinom već i vrstom soli. Na temelju izračunatih parametara vrijednosti SAR-a, RSC-a, indeksa saliniteta i kloridnog indeksa može se ustanoviti koliko je neka voda prikladna za sam proces navodnjavanja.

Koncentracije iona Na, Ca i Mg utvrđene u svim uzorcima tijekom promatranog razdoblja isključivo u svrhu utvrđivanja pogodnosti otpadnih voda za navodnjavanje (Tablica 50).

Tablica 50. Koncentracije Ca, Mg i Na iona tijekom promatranog razdoblja

Godina Ca ²⁺ (mg/l)	2019.	2020.	2021.
KMO 1 – Istok	270	271	270
KMO 2 – Jug	269	269	270

prosjeak	269,5	270,0	270,0
Godina Mg²⁺ (mg/l)	2019.	2020.	2021.
KMO 1 – Istok	86	85	86
KMO 2 – Jug	86	86	85
prosjeak	86,0	85,5	85,5
Godina Na⁺ (mg/l)	2019.	2020.	2021.
KMO 1 – Istok	190	188	190
KMO 2 – Jug	189	190	188
prosjeak	189,5	189,0	189,0

Sve utvrđene vrijednosti parametara sa izračun SAR-a izražene su u mg/l i za pravilno tumačenje prvo je bilo potrebno te vrijednosti preračunati u mekv/l sukladno koeficijentima za preračun (Tablica 51) .

Tablica 51 Koeficijenti za preračun mjernih jedinica analiziranih iona

mg/l u mekv/l	element
0,0435	Na ⁺
0,0499	Ca ²⁺
0,08229	Mg ²⁺
0,01639	HCO ₃ ⁻

Temeljem utvrđenih vrijednosti iona za promatrano razdoblje i temeljem koeficijenata za preračun mg/l u mekv/l dobivene su vrijednosti SAR-a za svako okno i kretale su se od 2,54 do 2,61 (Tablica 52). Očekivano, više vrijednosti SAR-a utvrđene su na oknu KMO 1-Istok.

Tablica 52. SAR za svako okno u promatranim godinama (mekv/l)

SAR	2019.	2020.	2021.
KMO 1 – Istok	2,58	2,61	2,58
KMO 2 – Jug	2,54	2,55	2,57
prosjeak	2,56	2,58	2,54

Utvrđene vrijednosti SAR-a za sva okna u svim godinama bile su < 3 mekv/l što prema Tablici 4 navedenoj u prethodnom poglavlju ukazuje da nema ograničenja za navodnjavanje. Također i prema Katalogu za interpretiranje kvalitete vode za navodnjavanje (Tablica 57) voda u kojoj je vrijednost SAR-a < 3 može se koristiti za navodnjavanje kišenjem i za površinsko navodnjavanje.

Tablica 53. Koncentracije HCO_3^- iona tijekom promatranog razdoblja (mg/l)

Godina HCO_3^- (mg/l)	2019.	2020.	2021.
KMO 1 – Istok	240,1	239,0	240,1
KMO 2 – Jug	240,0	240,0	239,0
prosjek	240,05	239,5	239,55

Kada govorimo o vrijednosti bikarbonatnih iona i vrijednosti RSC (Tablica 54 i 55) tada je situacija malo drugačija jer dobivene vrijednosti analizirane vode svrstavaju u kategoriju niskog do umjerenog djelovanja ovih voda na povećanje sadržaja natrija u vodi, a time posljedično i na povećanje sadržaja natrija na adsorpcijskom kompleksu tla. Naime, utvrđene vrijednosti kretale su se od 3,91 do 3,93 mekv/l, a prema Katalogu (Tablica 57) utvrđene vrijednosti analizirane vode svrstavaju ih u grupu ograničene primjene za navodnjavanja, ali samo kod upotrebe ove vode u navodnjavanju kišenjem.

Tablica 54. Koncentracije HCO_3^- iona tijekom promatranog razdoblja (mekv/l)

Godina HCO_3^- (mekv/l)	2019.	2020.	2021.
KMO 1 – Istok	3,93	3,91	3,93
KMO 2 – Jug	3,93	3,93	3,91
prosjek	3,93	3,92	3,92

Tablica 55. Djelovanje bikarbonata (HCO_3^-) na navodnjavanje (mekv/l)

Djelovanje	Rezultati istraživanja	
	mekv/l HCO₃	RSC
Nema	< 1,5	< 1,25
Nisko do umjereno	1,5 –7,5	1,25 – 2,5
Jako	> 7,5	> 2,5

Nadalje, sukladno godinama istraživanja utvrđen je i sadržaj ukupno otopljenih soli na oba okna te se on na KMO 1 – Istok kretao u nizu: 383,50 mg/l, 407, 25 mg/l i 463,25 mg/l, što znači da je analizirana voda u prve dvije godine pripadala skupini bez ograničenja primjene (sadržaj ukupno otopljenih soli < 450 mg/l), a voda iz treće godine istraživanja (2021.) pripadala je skupini slabog do umjerenog ograničenja primjene (463,25 mg/l) (Tablica 56). Utvrđene vrijednosti ukupno otopljenih soli na oknu Istok vjerojatno su se negativno odrazile i na provedeni test fitotoksičnosti koji je pokazao značajno manju klijavost testnih biljaka testiranih u vodi s okna Istok. Naime, zaslanjenost je djelovanje soli na razvoj biljke putem osmotskog efekta koji je u provedenom testu bio i dokazan.

Na KMO 2 – Jug utvrđene su značajno niže vrijednosti ukupno otopljenih soli u istraživanim godinama, i to kako slijedi: 119,50 mg/l, 109,60 mg/l, 386,00 mg/l, što znači da je voda s okna Jug bila bez ograničenja u prikladnosti za navodnjavanje za sve tri istraživane godine (Tablice 56, 57). Dobiveni rezultati potvrđeni su i provedenim testom fitotoksičnosti, a u skladu su i s vrijednostima RSC-a.

Tablica 56. Ukupne otopljene soli u otpadnoj vodi OV u pogonu EL-TO Zagreb po istraživanim godinama

Godina (otopljene soli mg/l)	2019.	2020.	2021.
KMO 1 – Istok	383,5	407,25	463,25
KMO 2 – Jug	119,5	109,6	386,0
prosjeak	251,5	258,42	424,62

Tablica 57. Katalog za interpretiranje kvalitete vode za navodnjavanje

Mogući problemi	Jedinica mjere	Ograničenje primjene		
		Nema	Slabo do umjereno	Izrazito
Zaslanost Elektrovodljivost (EC_w) Ukupno otopljene soli	dS/m mg/l	< 0,7 < 450	0,7 – 3,0 450 – 2000	> 3,0 > 2000
Toksičnost pojedinih iona Natrij (Na) <i>- površinsko navodnjavanje</i> <i>- navodnjavanje kišenjem</i>	SAR mekv/l	< 3 < 3	– 9 > 3	> 9 –
Klor (Cl) <i>- površinsko navodnjavanje</i> <i>- navodnjavanje kišenjem</i>	mgkv/l	< 4 < 3	– 10 > 3 0,7 – 3,0	> 10 – > 3,0
Bor (B)		< 0,7		
Ostalo <i>- dušik (NO₃ – N)</i> <i>- bikarbonati (HCO₃) (samo kod kišenja iznad krošnje)</i>	mg/l mekv/l	< 5,0 < 1,5	5,0 – 30,0 1,5 – 8,5	> 30,0 > 8,5
pH			uobičajena vrijednost 6,5 – 8,4	

Klasifikacija pogodnosti vode za navodnjavanje često se određuje i putem ukupnih iona klora jer je prema Linarić i sur. (2013) praćenje sadržaja klorida u otpadnoj vodi ključno zbog potencijalnog utjecaja na okoliš i zdravlje. Prema istraživanjima autora, povišene razine klorida mogu ukazivati na kontaminaciju i mogu dovesti do štetnih učinaka na vodene ekosustave, kvalitetu tla i zdravlje ljudi. Na primjer, kloridni ion može biti toksičan za vodene organizme, poremetiti ravnotežu ekosustava i narušiti biološku raznolikost. Štoviše, može se infiltrirati u tlo, ometati rast biljaka i kontaminirati resurse podzemne vode, što se posebno negativno odražava na mikrobiološku aktivnost tla. Autori ističu kako razina NaCl od 30 g/l drastično usporava aktivnost mikroorganizama.

Tablica 58. Ukupne razine klora u otpadnoj vodi OV u pogonu EL-TO Zagreb po istraživanim godinama

Godina (klor) mg/l	2019.	2020.	2021.
KMO 1 – Istok	0,025	0,020	0,020
KMO 2 – Jug	0,020	0,020	0,023
prosjek	0,023	0,020	0,022

U svim istraživanim godinama utvrđene razine klora na oba okna kretale su se od 0,020 do 0,025 mg/l, što ukazuje na to da klor nije limitirajući čimbenik u pogodnosti za navodnjavanje (Tablica 58). Naime, prema Katalogu za interpretaciju kvalitete vode za navodnjavanje, limitirajuće su razine od 10 i više mg/l klora. Isto tako, povećane razine klorida rezultiraju bržim smanjenjem ukupnoga organskog ugljika (TOC) i kemijske potrebe za kisikom (KPK), pa je KPK parametar koji se redovito prati u pogonu EL-TO na oba okna i tijekom svih istraživanih godina bio je unutar granica propisanih zakonskom regulativom. Sukladno novoj okolišnoj dozvoli od 18. svibnja 2021. godine (Rješenje o izmjeni i dopuni uvjeta okolišne dozvole), vrijednosti slobodnoga rezidualnog klora obavezan su parametar za praćenje kontrole otpadnih voda (Prilog).

4. RASPRAVA

U skladu s ambicijom EU-a da postane klimatski neutralna do 2050., Europska komisija predstavila je Europski zeleni dogovor u prosincu 2019. Nakon toga u travnju 2020. Europski parlament usvojio je novi zakon koji postavlja okvir za održiva ulaganja, također poznat kao EU Uredba o taksonomiji 24, koja je stupila na snagu u srpnju 2020. Zakonom se utvrđuje šest ekoloških ciljeva (ublažavanje klimatskih promjena, prilagodba klimatskim promjenama, održivo korištenje vodenih i morskih resursa, kružno gospodarstvo, sprječavanje onečišćenja i zdrav ekosustav) i dopušta se gospodarskoj aktivnosti da bude klasificirana kao ekološki održiva ako značajno doprinosi barem jednom od ciljeva i ako nema značajan negativan učinak na druge ciljeve. Potencijal doprinosa svih šest ciljeva može se postići aktivnostima upravljanja ponovnom uporabom otpadnih voda, bilo izravno ili neizravno (Europska investicijska banka, 2022).

Iako postoji dostatan napredak u istraživanju pročišćavanja otpadnih voda, zbog ograničenih podataka o smjernicama kvalitete otpadnih voda za ponovnu uporabu i optimalnim kombinacijama konvencionalnih i naprednih procesa pročišćavanja otpadnih voda, naše znanje o navodnjavanju otpadnih voda je oskudno. Stoga je bilo važno provesti temeljita istraživanja o utjecaju navodnjavanja otpadnim vodama na društvo, okoliš te zdravlje ljudi i životinja. Godine 2021. u državama članicama EU-a proveden je niz studija slučaja u organizaciji Zajedničkog istraživačkog centra (Služba za znanost i znanje Europske komisije) u vezi s testiranjem smjernica za ponovnu uporabu otpadnih voda i Plana upravljanja rizikom (RMP). RMP se bavi dodatnim zahtjevima za operatere uređaja za pročišćavanje otpadnih voda, koje je potrebno ispuniti prije nego što se voda isporuči drugim sudionicima u lancu. Kako bi se osigurala sigurnost sustava ponovne uporabe otpadnih voda, RMP također zahtijeva odgovarajuće preventivne i korektivne mjere i barijere, praćenje i druge postupke koji se primjenjuju na sustav ponovne uporabe otpadnih voda (JRC, 2022). Nakon provođenja temeljitih istraživačkih studija nova uredba EU-a o minimalnim zahtjevima za ponovnu upotrebu vode u poljoprivredi primjenjuje se od lipnja 2023. Prema Europskoj komisiji, nova bi uredba mogla povećati ponovnu upotrebu vode šest puta s 1,7 milijardi m³ na 6,6 milijardi m³ godišnje, smanjiti nedostatak vode za 5 %, a također stvoriti „zeleni radna mjesta“ u industriji povezanoj s vodom. Uredba ističe da su zbog ograničene primjene ponovne upotrebe otpadnih voda unutar EU-a potrebna dodatna velika ulaganja u nadogradnju postojećih uređaja za pročišćavanje otpadnih voda te dodatni financijski poticaji za ponovnu upotrebu otpadnih voda u poljoprivredi. Štoviše, to također ukazuje na to da bi promicanje inovativnih shema i

ekonomskih poticaja moglo riješiti ta pitanja (Europska investicijska banka, 2022). U skladu s tim, brojne pristupe pročišćavanju otpadnih voda koriste znanstvenici diljem svijeta. Različite fizikalne, kemijske i biološke metode proučavane su kao tercijarni proces obrade kada se specifični sastojci, tvari ili kontaminanti ne mogu potpuno ukloniti nakon sekundarnog procesa obrade. Iako su mnoge tehnologije ponovne upotrebe otpadnih voda proučavane u cijelom svijetu, samo su neke od njih primijenjene u velikoj mjeri zbog svoje tehničke nezrelosti ili nedostatka netehničkih ograničenja. Većina identificiranih ograničenja odnosi se na ekonomiju i lanac vrijednosti, posebice tržišni potencijal i konkurenciju. Osim toga, kako bi se dionicima omogućilo da razumiju i počnu gledati na otpadnu vodu kao na resurs, tehnološka rješenja i modeli upravljanja trebaju biti podržani potpunim demonstracijama, tržišnom provjerom valjanosti i promjenama u politici (Europska investicijska banka, 2022). Međutim, sektor otpadnih voda nudi značajne mogućnosti za gospodarski razvoj, rast i radna mjesta. Promjena politike, zakonodavstva i normi može otključati puni potencijal otpadnih voda, što je smjer kojim ide EU.

U tom pravcu provedno je i ovo istraživanje koje priža uvid u potencijal upotrebe otpadnih voda pogona EL-TO za navodnjavanje poljoprivrednih kultura temeljem rezultata proizašlih iz tehnologija pročišćavanja otpadnih voda koje se provode sukladno zakonskoj regulativi Republike Hrvatske.

4.1. Koncentracije teških metala i ostalih kemijskih svojstava vode

Utvrđene pH vrijednosti bile su ujednačene kroz sve istraživane godine i kvartale (Tablica 48), i kretale su se od 7,75 do 7,96, što je u skladu s literaturnim navodima, koji kažu kako pH-vrijednost nije konstantna veličina, već se tijekom godine ovisno o okolnostima znatno mijenja. Osobito su važne sezonske varijacije pH vrijednosti, a nije rijetkost da se varijacije u vrijednosti pH zabilježe i tijekom 24 satnog razdoblja (Dadić 2001). Najčešći raspon pH-vrijednosti otpadnih voda kreće se u intervalu od 6,5 do 8,4, a voda koja ima pH-vrijednosti izvan toga intervala može dovesti do nutritivne neuravnoteženosti koja se može odraziti i imati utjecaja na rast i razvoj biljke (Kralj 2017). Prema autoru pH vode dobro je mjeriti odmah nakon uzorkovanja vode što je u našem istraživanju i bio slučaj i sve utvrđene vrijednosti nisu bile ograničavajući čimbenik za upotrebu otpadne vode u svrhu navodnjavanja

(Tablica 57). Prema Madhumita i Ashwani (2009) pristupi procjene industrijskih otpadnih voda različitog sastava presudni su u ocjeni sposobnosti i primjenjivost pojedinih otpadnih voda za navodnjavanje u poljoprivredi. Kako navode autori kemijska karakterizacija različitih industrijskih otpadnih voda prvi je put otkrila njihov potencijal ponovne uporabe, a kompatibilnost efluenta temeljena na svojstvima tla usredotočila je njihove izgleda za ponovno korištenje. Proces procjene kakvoće vode koja se koristi za navodnjavanje ima cilj predvidjeti ionski sastav i potencijal otopine tla u vremenu i prostoru i dati odgovor na pitanje hoće li aplikacija vode takve kakvoće imati negativne posljedice na tlo i biljku u određenim agroekološkim uvjetima. Voda koja se primjenjuje u navodnjavanju može kvalitativno varirati, što ovisi o utjecaju različitih kemijskih i fizikalnih svojstava vode Zhou-Tsang i sur. (2021).

Jedan od najvažnijih pokazatelja za procjenu pogodnosti otpadnih voda u ponovnoj uporabi jest koncentracija teških metala, a u ovom istraživanju uvrđene su koncentracije sedam teških metala: bakar (Cu), cink (Zn), vanadij (V), krom (Cr), nikal (Ni), arsen (As), živa (Hg). Kako navodi Ivetić, B. (1991) poznavanje čimbenika koji utječu na ponašanje i dinamiku teških metala i njihovu pristupačnost biološkim sustavima ima veliku ekološku važnost, posebno za zaštitu zdravlja ljudi i okoliša.

U industrijsko-urbanim područjima gdje su tla kontaminirana teškim metalima vrši se njihova klasifikacija prema stupnju onečišćenja, a potom se određuje stupanj pouzdanosti daljnjeg korištenja za poljoprivrednu proizvodnju. Klasifikacija se vrši na temelju stupnja zagađenja tla, koji predstavlja postotak sadržaja teških metala u tlu u odnosu na maksimalno dopuštenu vrijednost. Za svaki stupanj kontaminacije primjenjuju se odgovarajuće mjere zaštite tla Goletić (2002). Koncentracije teških metala u provedenom istraživanju bile su ujednačene kroz sve istraživane godine i kvartale (Tablica 48) te unutar granica propisanih zakonskom regulativom što znači da i s tog aspekta postoji potencijal ponovne upotrebe istraživanih otpadnih voda u svrhe navodnjavanja. Samo je u 2019. godini utvrđena statistički značajna razlika u koncentraciji vanadija, pri čemu je viša koncentracija izmjerena na oknu Jug u odnosu na okno Istok, ali je bila unutar MDK-a (Tablica 14).

Koncentracije teških metala u otpadnoj vodi vrlo su značajan pokazatelj kakvoće vode čemu u prilog govore brojna istraživanja na tu temu. Tako su Zhao i sur. (2009) istraživali učinke različitih koncentracija nitrata i amonijaka u vodi za navodnjavanje odnosno kako njihov sadržaj utječe na mobilizaciju Zn i Cu. Tijekom tretmana s visokim sadržajem dušika utvrđeno je kako se pH se smanjio, a prisutnost izmjenjivih kationa rezultirala je mobilizacijom

Zn s površine tla. Studija je pokazala da poljoprivredne aktivnosti koje uključuju gnojidbu dušikom mogu imati snažan utjecaj na ispiranje metala iz tla. Lamb i sur. (2009) su u svojoj studiji istraživali sadržaj vode u porama i specijaciju bakra (Cu), cinka (Zn), kadmija (Cd) i olova (Pb) u nizu navodnavanih nekontaminiranih i dugoročno kontaminiranih tala kako bi utvrdili njihovu potencijalnu biodostupnost tla. Prema Dickin i sur. (2016). navodnjavanje poljoprivrednih površina otpadnim vodama predstavlja ozbiljan izazov jer teški metali koji mogu biti prisutni u otpadnim vodama mogu imati ozbiljne štetne učinke na ljudsko zdravlje i potencijal upotrebe otpadnih voda u navodnavanju poljoprivrednih kultura upravo „leži“ u koncentraciji teških metala. Teški metali čija je prisutnost najčešća u otpadnim vodama su arsen (As), olovo (Pb), živa (Hg), kadmij (Cd), krom (Cr), bakar (Cu), nikal (Ni) i cink (Zn), stoga se posebna pozornost posvećuje monitoringu teških metala u vodama općenito. Tako Galetić (2005) u svom radu navodi kako velik utjecaj na akumuliranje i zadržavanje teških metala u tlu, kao i na njihovu mobilnost i translokaciju u druge komponente okoliša imaju prvenstveno kemijska svojstva tla, a posebno pH-vrijednost, zatim sadržaj organske materije, karbonata i fosfata. Prema Bogdanović i sur. (1998), tla s visokim sadržajem organske tvari, karbonata i fosfata vežu teške metale u nepristupačne oblike, koji se teško prenose u biljku te takva tla imaju veću sposobnost „odupiranja“ ukoliko se navodnjavaju s vodom koja ima više koncentracije teških metala. Tako npr. kadmij pokazuje veliku sklonost akumulaciji, kao i veliku mobilnost iako je sadržaj kadmija u tlu relativno nizak, ali spojevi kadmija su relativno topivi u vodi pa kako navodi Andlar, K. (2016) koncentracija kadmija u vodi za navodnjavanje direktno je povezana s akumulacijom kadmija u poljoprivrednim proizvodima. Nordberg i sur. (2005) navode kako soli teških metala u otopljenom obliku mogu dovesti do vrlo ozbiljnih zagađenja, stoga se one smatraju najtoksičnijim zagađivačima u proizvodnom lancu. Naime, teški metali koji su otopljeni u vodi nalaze se u ionskom obliku te se ne mogu biološki razgraditi, ali se mogu bioakumulirati, što posljedično može izazvati velike ekološke i zdravstvene probleme Inglezakis i sur. (2006).

Osim teških metala važna su i ostala kemijska i fizikalna svojstva otpadnih voda, a u ovom istraživanju obuhvaćeni su sljedeći parametri: suspenzivne tvari, taložive tvari, otopljene soli (suhi ostatak) 105 °C, otopljeni kisik, KPK, BPK, ukupna ulja i masti, pH, temperatura vode, olovo, kadmij, ukupni fenoli – fenolni indeks, lako hlapljivi aromatski ugljikovodici-BTX, fluoridi, adsorbilni organski halogeni - AOX. Kada promatramo dobivene rezultate u ovom istraživanju tada se može se uočiti statistički značajno odstupanje u rezultatima na KMO 1 – Istok u odnosu na KMO 2 – Jug za suspendiranu tvar, otopljene soli, KPK – kemijsku potrošnju kisika, BPK – biološku potrošnju kisika. Za ostala ispitivana svojstva nije utvrđena

statistički značajna razlika, a sve izmjerene vrijednosti kretale su se unutar MDK-a (Tablica 23).

Kako navodi Romić (1997) kemijske i fizikalne analize voda za navodnjavanje nužne su i neophodne da bi se predvidjeli mogući problemi i utvrdile potrebne mjere gospodarenja vodom. Isti autor ističe kako se temperatura vode i količina suspendiranih čestica smatraju najvažnijim fizikalnim značajkama vode. Naime, kada se prilikom navodnjavanja koristi pretopla ili prehladna voda, mogu se izazvati temperaturni šokovi za biljke te je najpovoljnija temperatura vode za navodnjavanje oko 25 °C za većinu usjeva u vegetacijskom razdoblju. Prema Tušar (2001), povišene temperature dovode do ubrzavanja bioloških procesa razgradnje, čime dolazi do brže potrošnje otopljenog kisika u vodi. Nadalje, smanjena koncentracija kisika u vodi utječe na smanjenu kakvoću vode u ekosustavu uslijed prisutnosti organskih tvari u okolišu, što predstavlja stalan oblik onečišćenja prirodnih i vodnih sredina. Organski onečišćivači hlape i odlaze u atmosferu u toplijim krajevima, dok se u hladnijim krajevima kondenziraju. Vrlo su rasprostranjeni po cijelom svijetu, a pesticidi, industrijski produkti i nusprodukti smatraju se najučestalijim izvorima postojanih organskih onečišćivača Kaštelan, (2013)., Sofilić (2013).

Napretkom tehnologije osmišljeni su pročištači za vodu pa se danas za razliku od prethodnih godina posebna pozornost posvećuje zaštiti kakvoće voda Tušar (2004). Namjena pročištača za vodu jest da se otpadna voda pročisti do razine koja je zadovoljavajuća, odnosno prihvatljiva za ispuštanje vode u okoliš. Voda može biti sporadično onečišćena ili permanentno onečišćena. Razne organske tvari, topive i netopive tvari, toplinsko onečišćenje, otrovne i radioaktivne tvari te mikroorganizmi predstavljaju izvore onečišćenja vode Đikić(2001).

4.2. Kontrola kvalitete otpadnih voda u pogonu EL-TO testom fitotoksičnosti

Postoje brojne definicije fitotoksičnosti, pa tako Vuković i sur. (2014) definiraju fitotoksičnost kao pojavu privremenih ili trajnih oštećenja vegetativnih ili generativnih organa, usporavanje ili potpuni prestanak klijanja te fiziološke i morfološke promjene koje nastaju nakon upotrebe jednoga ili više potencijalno opasnih kemijskih sredstava (organska i mineralna gnojiva, pesticidi, visoke razine soli). Nadalje, prema Baumgarten i Spiegel (2004), fitotoksičnost je odgoda klijanja kod biljaka, inhibicija rasta ili neki drugi štetni učinak koji je

uzrokovano određenim tvarima, poput fitotoksina, ili nepovoljnim uvjetima rasta. Sukladno propisanoj metodologiji testne kulture u ovom istraživanju bile su krastavac i salata, a utvrđeni indeksi klijavosti na istraživanim oknima predstavljaju vrlo važan pokazatelj učinka fitotoksičnosti otpadnih voda iz pogona EL-TO, odnosno predstavljaju važan parametar u procjeni pogodnosti otpadne vode za navodnjavanje poljoprivrednih kultura. Naime, učinak visoke fitotoksičnosti utvrđen je u svim godinama istraživanja na oknu Istok dok na oknu Jug nije bilo fitotoksičnog učinka u analiziranoj otpadnoj vodi.

Slično istraživanje proveli su i Safi i sur. (2018) koji su primijenili otpadnu vodu u proizvodnju krastavaca, pri čemu su istražili njezin utjecaj na osnovna kemijska svojstva tla te porast krastavca i su potvrdili kako upotreba otpadne vode nema negativnog učinka na kemijska svojstva odnosno plodnost tla te da je imala pozitivan učinak na porast zelene mase krastavca.

Lee i sur. (2006) navode da je u hidroponskom uzgoju povrća najvažnije pravilno gospodarenje hranjivim otopinama u zoni korijena biljke jer korijenje biljaka često izlučuje velik broj organskih kiselina koje inhibiraju rast i razvoj uzrokujući fitotoksičnost. Takva hranjiva otopina zahtijeva česte prilagodbe na temelju kemijske analize anorganskih elemenata ili trenutnih mjerenja koncentracije elemenata s višeionskim senzorima i praćenjem konduktiviteta otopine. Prema Igrc (1983), pojava fitotoksičnosti može se manifestirati uslijed istovremene primjene dvaju ili više različitih kemijskih komponenti koje se primjenjuju i koriste za raznolike namjene. Međutim, kako navodi autor, u tome slučaju količina toksičnih komponenata (otapala, okvašivači, emulgatori itd.) se udvostručuje. Pojavu fitotoksičnosti mogu uzrokovati neki čimbenici kao što su: tvrdoća i pH vode, temperatura vode i zraka u vrijeme primjene, biljna vrsta i osjetljivost pojedinih sorti, kao i razvojna faza biljke (Cattanach i sur. 1997; Igrc 1983; Vuković i sur. 2009). Vuković i sur. (2014) navode kako fitotoksičnost otopina može prouzročiti kvaliteta vode, neovisno o tome radi li se o pojedinačnim pripravcima ili kombinacijama pripravaka. Sparks (2015) navodi kako se prije primjene bilo kojeg kemijskog sredstva u poljoprivrednoj proizvodnji treba i mora utvrditi njegov fitotoksični učinak te da se one kombinacije koje nemaju fitotoksični učinak još trebaju dopunski testirati, kao i rast i razvoj živih organizama u tlu.

U provedenom istraživanju vjerojatno je na rezultate utjecao način pročišćavanja i obrade voda u pogon EL-TO jer se na oknu Istok ispušta kemijski znatnije tretirana voda, dok se na oknu Jug ispušta voda s manipulativnih površina pogona koja je manje kemijski tretirana.

4.3 Pokazatelji i prikladnost otpadnih voda za navodnjavanje otpadnih voda u pogonu EL-TO

Kako je prethodno navedeno tijekom istraživanja poseban naglasak stavljen je na koncentraciju teških metala u otpadnim vodama, pH-vrijednost, sadržaj otopljenih soli, SAR, RSC i kloride jer su to svojstva koja ograničavaju upotrebu otpadne vode u svrhu navodnjavanja. Kako navodi Szabolcs (1979), navodnjavanje se u praksi dugo primjenjuje, što je utjecalo na brojne povoljne i nepovoljne učinke. Jedan od najvećih nepovoljnih učinaka jest sekundarno zaslanjivanje i alkalizacija tla. Spomenuti autor iznosi podatak gdje se navodi kako se od ukupno 223 milijuna ha tla u svijetu koja su navodnjavana jedna trećina do jedne polovine smatra zaslanjenima i/ili alkaliziranima. Koristeći otpadne vode koje nemaju definiranu kakvoću, mogu se i u tlu i u biljci akumulirati štetne tvari. Napredak u znanosti i tehnologiji melioracija tla iziskuje stjecanje novih vještina i implementaciju znanja koje vodi definiranoj kontroli i kakvoći aplicirane vode Romić (1997).

4.3.1. pH vrijednost i ukupno otopljene soli

Prema utvrđenim rezultatima u svim godinama istraživanja pH vrijednost otpadne vode sukladno Katalogu za interpretiranje kvalitete vode za navodnjavanje (Tablica 57) bila je unutar najčešćih vrijednosti od 6,5-8,4 (7,75 do 7,96) i predstavlja slabo do umjereno ograničenje za upotrebu u navodnjavanju.

Nadalje, sukladno godinama istraživanja utvrđen je i sadržaj ukupno otopljenih soli na oba okna te je utvrđeno da je na oknu Istok analizirana voda u prve dvije godine pripadala skupini bez ograničenja primjene (sadržaj ukupno otopljenih soli < 450 mg/l), a voda iz treće godine istraživanja (2021.) pripadala je skupini slabog do umjerenog ograničenja primjene (463,25 mg/l) (Tablica 56). Utvrđene vrijednosti ukupno otopljenih soli na oknu Istok vjerojatno su se negativno odrazile i na provedeni test fitotoksičnosti koji je pokazao značajno manju klijavost testnih biljaka testiranih u vodi s okna Istok. Na oknu Jug utvrđene su značajno niže vrijednosti ukupno otopljenih soli u istraživanim godinama, što znači da je voda s okna Jug bila bez ograničenja u prikladnosti za navodnjavanje za sve tri istraživane godine (Tablice 56, 57).

Vodu je teško klasificirati po salinitetu s obzirom na to da više ekoloških indikatora kao što su vrsta biljke, klima, tlo, kao i sama primjena tehnologije navodnjavanja, može utjecati na salinitet vode. Na temelju proučavanja i promatranja te praktičnih zapažanja dan je prikaz odnosno klasifikacija voda prema salinitetu, a primjer je dan u Tablici 58 (Lazarova i sur.

2005). Salinitet se može prikazati kao ukupno otopljene tvari (engl. *Total Dissolved Solids*, TDS, mg/l) ili kao vodljivost (engl. *Electrical Conductivity EC*, $\mu\text{S}/\text{cm}/20\text{ }^\circ\text{C}$).

Tablica 58. Standardizacija tipova vode za navodnjavanje sukladno salinitetu (Kandiah 1990; Rhoades 1992)

Kategorija saliniteta	Električna vodljivost (dS/m)	Ukupno otopljene tvari (mg/l)
Neslane vode	< 0,7	< 500
Slabo slane vode	0,7 – 3	500 – 2000
Umjerenno slane vode	3 – 6	2000 – 4000
Povišeno slane vode	6 – 14	4000 – 9000
Vrlo slane vode	14 – 42	9000 – 30000
Rasolne vode	> 42	> 30000

Kada dobivne rezultate promatramo kroz navedenu standardizaciju tipova vode po Tablici 58, tada svi rezultati upućuju da su vode i na oku Istok i na oknu Jug neslane vode jer se prosječan sadržaj ukupno otopljenih soli kretao u nizu: 251,50 mg/l (2019), 258,42 mg/l (2020.), 424,62 mg/l (2021.).

Lazarova i sur. (2005) navode kako otopljene soli dovode do povećanja osmotskog tlaka vode u tlu, i tada dolazi do povećane potrošnje energije koju biljke nastoje aplicirati kako bi iskoristile svu vodu iz tla. U konačnici, potrošnja pridonosi uvećanju respiracije, koja uvjetuje smanjeni rast, kao i umanjeni prinos kod većine biljaka.

Istraživanja koja su provedena u našim uvjetima dokazala su kako se prirodnim ispiranjem iz tla mogu ukloniti znatne količine soli koje su unesene u tlo navodnjavanjem zaslanjenim vodama (Romić 1994; Romić i Romić 1997). Isti autori navode da kada se govori o toksičnosti usljed otopljenih soli, proces se zbiva u samoj biljci i nije vezan uz deficit vode. Toksičnost se javlja pod utjecajem pojedinih iona koje je biljka primila i akumulirala najčešće u listu do koncentracije koja izaziva oštećenja. Veličina oštećenja ovisi o čimbenicima kao što su trajanje, koncentracija, osjetljivost kulture i potrošnja vode. Ioni klora, natrija i bora predstavljaju najčešće toksične ione koji se nalaze u vodi za navodnjavanje, kako je prezentirano u klasifikaciji (Romić 1997).

4.3.2. Koeficijent adsorpcije natrija (SAR) i ostatak natrijevog karbonata (RSC)

Prekomjerne koncentracije natrijevih i kloridnih iona u vodi za navodnjavanje mogu izazvati toksičnost u biljkama. Transport ovih iona u biljku je putem korijenja ili izravnim kontaktom s lišćem. Veće štete uzrokuje izravna adsorpcija preko lišća, a tipični simptomi toksičnosti natrija koje biljke mogu pokazati su opečeno lišće i mrtvo tkivo duž vanjskih rubova lišća. Visoke koncentracije natrija u vodi za navodnjavanje mogu uzrokovati nedostatak kalcija i kalija u tlima siromašnim tim elementima, a važan učinak natrija ogleda se i utjecaju na fizikalno-kemijska svojstva tj. utjecaju na strukturu tla te na infiltraciju vode i zraka te vode u tlo Klarić, (2011).

SAR predstavlja koeficijent adsorpcije natrija i predstavlja relativni postotak iona natrija u vodi u usporedbi s ionima kalcija i magnezija. Visoki SAR ukazuje da postoji mogućnost nakupljanja natrija u tlu, a ovaj koeficijent se vrlo često primjenjuje prilikom procjene kvalitete vode za navodnjavanje (Can i sur., 2003).

U istraživanim godinama prosječna vrijednost SAR-a kretala se od 2,54 do 2,58 mekv/l što otpadnu vodu svrstava u skupinu voda bez ograničenja za navodnjavanje i može se koristiti za navodnjavanje kišenjem i za površinsko navodnjavanje.

Tablica 59. Tolerancija pojedinih biljnih vrsta na vrijednosti SAR-a (www.poljoprivreda.hr)

SAR	Vrsta	Reakcija
2–8	citrusi i orašasti plodovi	vrlo osjetljivo
8–18	grahorice	osjetljivo
18–46	zob, riža	umjereno tolerantno
46–102	lucerna, rajčica, pšenica	tolerantno

Međutim, promatramo li osjetljivost pojedinih kultura na koeficijent adsorpcije natrija tada je vidljivo da su citrusi i orašasti plodovi vrlo osjetljivi na navodnjavanje vodom koja ima SAR iznad 2 i o tome treba voditi računa kod potencijalne upotrebe otpadne vode u poljoprivrednoj proizvodnji.

Ostatak natrijevog karbonata RSC predstavlja dopunski parametar koji također ukazuje na štetnu pojavu povećane koncentracije natrija u vodi za navodnjavanje i opisuje ovisnost koncentracije natrija u vodi za navodnjavanje u odnosu na koncentraciju kalcija i magnezija.

Naime, RSC koeficijentom određuje se hoće li višak kalcija i magnezija ostati u vodi za navodnjavanje nakon reakcije s karbonatima i hidrogenkarbonatima ili će se kalcij i magnezij u potpunosti istaložiti Hećimović (2022). Ovaj parametar usko je vezan uz koncentraciju HCO_3 iona u vodi u našem istraživanju kretao se u vrlo uskom rasponu od 3,92-3,93 mekv/l. Prema Tablici 57. ovakav rezultat ukazuje da postoji nisko do umjereno ograničenje za upotrebu otpadnih voda za navodnjavanje, ali samo kod upotrebe ove vode u navodnjavanju kišenjem.

Kralj (2017) navodi kako vode koje imaju visok sadržaj natrija u većini slučajeva nisu prikladne za navodnjavanje, a nakupljanje takvih voda u tlu može značajno pogoršati svojstva tla; primarno može utjecati na strukturne agregate u tlu. Kako navodi Šivak (2002), soli koje su otopljene u prirodnoj vodi prosječno sadrže soli koje se kreću u rasponu od 0,2 do 0,5 g/L različitih soli. To su soli pretežito zemno-alkalijskih metala kalcija (Ca), magnezija (Mg), a manjim dijelom alkalnih soli natrija (Na) i kalija (K). Isti autor navodi kako su često prisutne i druge soli kao što su željezni bikarbonat, kalijev bikarbonat, manganski spojevi i druge soli.

4.3.3. Koncentracija klorida u otpadnoj vodi

Sadržaj klorida u otpadnoj vodi odnosi se na koncentraciju kloridnih iona (Cl^-) prisutnih u vodi koja je korištena u raznim industrijskim, komercijalnim ili kućanskim aktivnostima i nakon toga ispuštena u sustave za pročišćavanje otpadnih voda ili izravno u okoliš. Kloridni ioni ulaze u otpadnu vodu prvenstveno iz izvora kao što su otjecanje soli s cesta, industrijskih procesa, kanalizacije i prirodnih izvora poput prodora morske vode. Razine klorida u gradskim otpadnim vodama mogu se kretati od nekoliko miligrama po litri (mg/l) do nekoliko stotina mg/l, ovisno o čimbenicima kao što su gustoća naseljenosti, industrijske aktivnosti i klime Matić (2021).

Tokovi industrijskih otpadnih voda mogu imati čak i veće koncentracije klorida, posebno u sektorima kao što su kemijska proizvodnja, rudarstvo i prerada hrane. U nekim slučajevima industrijska otpadna voda može sadržavati koncentracije klorida u rasponu od stotina do tisuća mg/l ili čak više, ovisno o specifičnim procesima koji su uključeni i vrstama korištenih kemikalija (Simhayov i sur., 2023).

Praćenje sadržaja klorida u otpadnoj vodi ključno je zbog potencijalnog utjecaja na okoliš i zdravlje. Povišene razine klorida mogu ukazivati na kontaminaciju i mogu dovesti do štetnih učinaka na vodene ekosustave, kvalitetu tla i zdravlje ljudi. Na primjer, klorid može biti

toksičan za vodene organizme, poremetiti ravnotežu ekosustava i narušiti biološku raznolikost. Štoviše, može se infiltrirati u tlo, ometati rast biljaka i kontaminirati resurse podzemne vode Haviđić (2015).

Praćenje sadržaja klorida redovito se provodi u otpadnoj vodi pogona EL-TO te su u svim istraživanim godinama utvrđene razine klorida na oba bile izrazito niske i kretale su se od 0,020 do 0,025 mg/l, što ukazuje na to da klorid nije limitirajući čimbenik u pogodnosti za navodnjavanje (Tablica 58). Naime, prema Katalogu za interpretaciju kvalitete vode za navodnjavanje, limitirajuće su razine od 10 i više mg/l klorida (Tablica 57). Ovakvi rezultati upućuju da su metode pročišćavanja otpadnih voda u pogonu EL-TO odgovarajuće za uklanjanje sadržaja klorida u vodi. Naime, prema Klingbeil i Todd (2018) za ublažavanje utjecaja sadržaja klorida u otpadnoj vodi mogu se primijeniti različite strategije. To uključuje provedbu najboljih praksi za smanjenje ispuštanja klorida iz industrijskih procesa, promicanje upotrebe alternativnih sredstava za odleđivanje, ulaganje u napredne tehnologije za pročišćavanje otpadnih voda koje mogu ukloniti kloridne ione i provedbu regulatornih mjera za ograničavanje ispuštanja klorida i osiguravanje usklađenosti sa standardima kvalitete vode.

Općenito, upravljanje sadržajem klorida u otpadnoj vodi ključno je za očuvanje kvalitete okoliša, zaštitu ljudskog zdravlja i očuvanje integriteta infrastrukture. Učinkovitim praćenjem i kontrolom razine klorida možemo ublažiti štetne učinke onečišćenja kloridima na ekosustave i osigurati održivo korištenje vodnih resursa za sadašnje i buduće generacije Bar, Y. i sur., (1998).

Generalno možemo reći kako je prilikom primjene otpadne vode u navodnjavanju od iznimne važnosti poznavati kvalitetu i ispravnost vode. Voda koja se primjenjuje za navodnjavanje mora biti odgovarajućih kemijskih, bioloških i fizikalnih svojstava. Od iznimne je važnosti da voda kojom se navodnjava nema prisutnih mehaničkih čestica koje bi mogle uvjetovati probleme poput začepjenja kapaljki (hidrauličke naprave koje raspodjeljuju vodu u obliku kapi Klingbeil i Todd (2018).

Prema Romić (1997) pogodnost vode za navodnjavanje definirana je:

- Fizikalnim značajkama – količina krutih čestica i temperatura. Prilikom navodnjavanja pretoplom ili prehladnom vodom može se izazvati temperaturni šok za biljku. Podzemne su vode hladnije, dok su površinske vode toplije. U primjeni podzemnih voda za navodnjavanje preporučljivo bi bilo izgraditi bazen u kojem bi se voda

temperirala prije same primjene. Voda ne bi smjela sadržavati krute čestice koje bi mogle uzrokovati oštećenje dijelova sustava za navodnjavanje.

- Biološkim značajkama – voda za primjenu ne smije sadržavati uzročnike bolesti.
- Kemijskim značajkama – kako bi se mogli previdjeti problemi, odnosno kako bi se pravovremeno spriječile štetne posljedice potrebno je redovito provoditi kemijsku analizu vode. Voda koja se primjenjuje za navodnjavanje sadrži znatne količine otopljenih soli, a koncentracija i vrsta soli definiraju kakvoću vode i njezinu pogodnost za navodnjavanje.

Kako navode Pereira i sur. (2021), sve klasifikacije pogodnosti vode za navodnjavanja deklariraju se kao orijentacijske jer voda treba biti ocijenjena na temelju karakterističnih odgovarajućih uvjeta upotrebe, tj. pod okriljem svakoga agroekološkog područja potrebno je odrediti pogodnost za svaku kulturu koja se želi navodnjavati.



Slika 5. Pozicija Pogona EL-TO Zagreb i potencijano mjesto navodnjavanja (izvor: <https://mapiranjetresnjevke.com/kvartovi/stara-tresnjevka/munjara>)

Upravo vođeni takvim ciljem ovaj rad definirao je potencijalnu upotrebu otpadne vode pogona EL-TO za navodnjavanje. Kao što je razvidno iz prikazanih rezultata većina parametara svrstava otpadnu vodu u potencijalno pogodnu za navodnjavanje, a pozicija pogona EL-TO Zagreb upućuje na moguću upotrebu otpadne vode u na vodnjavanju parkova i travnatih površina. Naime, pogon EL-TO Zagreb smješten je na lokaciji zagrebačke Trešnjevke, u

Zagorskoj ulici u blizini parka „Pravednika među narodima“ i „Hokejskog centra“ i ovo su potencijane površine koje bi se mogle navodnjavati istraživanom otpadnom vodom (Slika 5). Iako je cilj ovog istraživanja bio utvrditi pogodnost otpadne vode za navodnjavanje u poljoprivredi, zbog skupih infrastrukturnih radova izglednije je da će se ova voda moći koristiti u svrhu navodnjavanja zelenih površina.

Važno je istaknuti da su trenutno u tijeku pregovori o navodnjavanj-natapanjem „Hokejskog centra“ pročišćenom otpadnom vodom iz pogona EL-TO.

Upotreba otpadne vode u navedene svrhe već je ispitana 2011. godine. Castro i sur. (2011) su proveli istraživanje u cilju procijene primjenjivost pročišćene otpadne vode za navodnjavanje travnjaka te procijene učinaka kontinuirane uporabe pročišćene vode na tlo i usjeve. Analizirani su fizikalni i kemijski parametri u tlu. Biljke navodnjavane pročišćenom otpadnom vodom imale su najveći sadržaj natrija. Također, autori navode kako nije bilo negativnih učinaka s obzirom na promjene u pH-vrijednosti tla, ali uočeno je značajno povećanje električne vodljivosti i sadržaja natrija u tlu navodnjavanom otpadnom vodom.

5. ZAKLJUČCI

Kvaliteta pročišćenih otpadnih voda HEP Pogona EL-TO Zagreb procijenjena na temelju ispitivanih fizikalno–kemijskih pokazatelja te testa fitotoksičnosti u periodu od 2019. do 2021. godine.

Otpadna voda uzorkovana četiri puta godišnje (kvartalno) s kontrolnog mjernog okna KMO Istok i Jug i ukupno je analizirano 288 uzoraka na 26 parametara

Prosječna koncentracija teških metala u otpadnim vodama koje su izražene u mg/l kretala se u nizu

- 2019. godina: As=Hg<V<Cd=Cr<Zn<Cu<Ni
- 2020. godina: Hg<As<Cd=V<Cr<Ni=Pb>Cu=Zn
- 2021. godina: Hg<V<Cd=As<Cr=Ni=Pb=Cu<Zn

Sve utvrđene vrijednosti bile su ispod maksimalno dopuštenih koncentracija (MDK) propisanih Pravilnikom o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda (NN 26/20).

Nije bilo utvrđene statistički značajne razlike u koncentracijama teških metala u pročišćenim otpadnim vodama iz okna Istok i Jug.

Izmjerene vrijednosti lako hlapivih aromatskih ugljikovodika BTX tijekom uzorkovanja bile su ispod 0,005 mg/l, dok su se vrijednosti adsorptivnih organskih halogena AOX-a kretale ovisno o kvartalu uzorkovanja u rasponu od <0,02 – 0,04 mg/l što je bilo zamjetno i kod ostalih ispitivanih parametara čije su vrijednosti varirale ovisno o vremenu uzorkovanja, ali ne i o oknima.

Najveća varijabilnost rezultata na oba okna utvrđena je kod temperature vode, koja se kretala u rasponu od 15,5 do 36 °C.

Po završetku tehnološkog procesa pročišćavanja otpadnih voda u pogonu EL-TO Zagreb definirane su vrijednosti kemijskih parametara otpadne vode koje ukazuju na to da je voda na mjernim oknima Istok i Jug bila unutar granica propisanih Pravilnikom o graničnim vrijednostima emisija u otpadnim vodama (NN 26/20) te da je pogodnost propisanih metoda za pročišćavanje otpadnih voda od iz pogona EL-TO Zagreb prikladna za dobivanje vode odgovarajuće kvalitete za upotrebu u navodnjavanju poljoprivrednih kultura.

Utvrđene vrijednosti SAR-a za oba okna u svim godinama bile su < 3 mekv/l što analiziranu otpadnu vodu svrstava u kategoriju „nema ograničenja za navodnjavanje“.

RSC vrijednosti svrstavaju analiziranu otpadnu vodu na oba istraživana okna u grupu ograničene primjene za navodnjavanja, ali samo kod upotrebe ove vode u navodnjavanju kišenjem.

Prema sadržaju ukupno otopljenih soli analizirana voda je na oknu Istok u prve dvije godine pripadala skupini bez ograničenja primjene (sadržaj ukupno otopljenih soli < 450 mg/l), a voda iz treće godine istraživanja (2021.) pripadala je skupini slabog do umjerenog ograničenja primjene (463,25 mg/l) dok rezultati na oknu Jug ukazuju da nema ograničenja u primjeni u navodnjavanju.

Provedeni test fitotoksičnosti kao dopunski test o kvaliteti i pogodnosti vode za navodnjavanje pokazao značajno manju klijavost testnih biljaka testiranih u vodi s okna Istok te je učinak visoke fitotoksičnosti utvrđen u svim godinama istraživanja na oknu Istok dok na oknu Jug nije bilo fitotoksičnog učinka u analiziranoj otpadnoj vodi.

U svim istraživanim godinama utvrđene razine klora na oba okna kretale su se od 0,020 do 0,025 mg/l, što ukazuje na to da klor bio nije limitirajući čimbenik u pogodnosti za navodnjavanje.

Na sve utvrđene rezultate najveći utjecaj je imalo istraživano okno zbog različitog načina pročišćavanja i obrade voda u pogon EL-TO: na oknu Istok ispušta se kemijski znatnije tretirana voda, dok se na oknu Jug ispušta voda s manipulativnih površina pogona manje kemijski tretirana.

Obzirom da se u Republici Hrvatskoj navodnjava svega 2,5 % poljoprivrednih površina pročišćena otpadna voda iz termoenergetskog postrojenja EL-TO Zagreb ima potencijal u navodnjavanju poljoprivrednih kultura, međutim zbog skupih infrastrukturnih zahvata otpadna voda iz termoenergetskog postrojenja EL-TO Zagreb svoj potencijal može ostvariti u navodnjavanju parkova, te zelenih, travnatih površina koje se nalaze u neposrednoj blizini pogona.

6. LITERATURA

1. Abedi-Koupai, J., Mostafazadeh-Fard, B., Afyuni, M., Bagheri, M. R. (2006): Effect of treated wastewater on soil chemical and physical properties in an arid region.
2. Akpor, O. B., Ohiobor, G. O., Olaolu, T. D. (2014): Heavy metal pollutants in wastewater effluents: Sources, effects and remediation, *Advances in Bioscience and Bioengineering*, 2, 37-43.
3. Andlar, A. (2016): Metode uklanjanja teških metala iz otpadnih voda, diplomski rad, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Zagreb.
4. Albuquerque, J. A., González, J., García, D., Cegarra, J. (2006): Measuring detoxification and maturity in compost made from “alperujo”, the solid by-product of extracting olive oil by the two-phase centrifugation system. *Chemosphere*. 64: 470-477.
5. Andlar, K. (2016): Metode uklanjanja teških metala iz otpadnih voda.
6. Ayers, R. S., Westcot, D. W. (1985): *Water Quality for Agriculture*, FAO Irrigation and Drainage Paper 29. Roma.
7. AWWA (1998): *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* 20th Edition, APHA, AWWA, WEF, Washington, SAD.
8. Barakat, M. A. (2010): New trends in removing heavy metals from industrial wastewater. *Arabian journal of chemistry* Vol (4): 4: 361-377.
9. Barral, M. T., Paradelo, R. (2011): A Review on the Use of Phytotoxicity as a Compost Quality Indicator. *Dynamic Soil, Dynamic Plant* 5 (Special Issue 2): 36-44.
10. Bar, Y., Apelbaum, A., Kafkafi, U., Goren, R. 1998. Relationship between chloride and nitrate and its effect on growth and mineral composition of avocado and citrus plants. *J. Plant Nutr.* 20: 715-731.
11. Baysal, A., Ozbek, N., Akman, S. (2013): Determination of Trace Metal sin Waste Water and Their Removal Process, *Waste Water-Treatment Technologies and Recent Analytical Developments*, Fernando Sebastian García Einschlag and Luciano Carlos, 7, 46-171.
12. Baumgarten, A., Spiegel, H. (2004): Phytotoxicity (Plant tolerance), *Horizontal* 8,
13. Bažok, R., Cenko, P. (2016): Fitotoksičnost i kombinacija insekticidnih i fungicidnih pripravaka na ukrasnu vrstu *Petunia* sp.
14. Bogdanović, D., Ubavić, M., Hadžić, V. (1997): Heavy metals in soil. Heavy metals in the environment. Research Institute of Field and Vegetable Crops. Novi Sad, Ed. R. Kastori, 95-152.

15. Bogdanović, D., Ubavić, M., Čuvardić, M. (1998): Effect of different fertilization systems on lead content in a chernozem soil in long-term field trials. *Balkan Symposium on Field Crops*, Novi Sad.
16. Bujas, N., Antolić, J., Medić, Đ. (2013): Prijedlog europskog zakonodavstva o dopuni liste prioritetnih i prioritetnih opasnih tvari, *Hrvatske vode*, 21, 328-332.
17. Can, H. Z., Anac, D., Kukul, Y., Hepaksoy, S. 2003. Alleviation of salinity stress by using potassium fertilization in satsuma mandarin trees budded on two different rootstocks. *Acta Hort.* 618: 275-280.
18. Castro, E., Mañas, M. P., De Las Heras, J. (2011): Effects of wastewater irrigation on soil properties and turfgrass growth. *Water science and technology : a journal of the International Association on Water Pollution Research*. Vol (63): 1678-1688.
19. Cattanach, A., Dexter, A., Mahoney, B. (1997): The phytotoxicity of tank mixes of fungicides and other agrichemicals. *Sugarbeet Research and Extension Reports*, 28: 328-330.
20. Chen, Y., Wang, C., Wang, Z. (2005): Residues and source identification of persistent organic pollutants in farmland soils. *Environment international*, 25-28.
21. Cvjetković, B., Bažok, R., Barić, K., Ostojić, Z. (2015): Pregled sredstava za zaštitu bilja u Hrvatskoj za 2015. godinu. *Glasilo biljne zaštite*, XV(1-2): 13-123.
22. Crites, R. W., Middlebrooks, E. J., Reed, S. C. (2006): *Natural Wastewater Treatment Systems*, CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, 91-92.
23. Dadić, Ž. (2001): Priručnik o temeljnoj kakvoći vode u Hrvatskoj, Zagreb.
24. Dickin, S. K., Schuster-Wallace, C. J., Qadir, M., Pizzacalla, K. (2016): A Review of Health Risks and Pathways for Exposure to Wastewater Use in Agriculture. *Environmental Health Perspectives*. Vol (124)7: 900-909.
25. Đikić, D. et al. (2001): *Ekološki leksikon*. Zagreb: Barbat.
26. Đozić, A., Hodžić, I. (2016): Prisustvo teških metala u površinskim i industrijskim otpadnim vodama na području općine Lukavac, Centar za ekologiju.
27. Castro, E., Mañas, M. P., Las Heras, J. de (2011): Effects of wastewater irrigation on soil properties and turfgrass growth.
28. Eissa, M. A., Negim, O. E. (2018): Heavy metals uptake and translocation by lettuce and spinach grown on a metal-contaminated soil. *Journal of soil science and plant nutrition*. Vol (18): 4. 1097-1107.
29. FAO (2016): *Wastewater treatment and reuse un agriculture*.

30. Faith M, Kiziloglu, Turan M, Angin I, Okuroglo M. (2007): Effects of wastewater irrigation on soil and cabbage-plant –chemical properties
31. Faouzi, E., Arioua, A., Karaoui, I., Ait Ouhamchich, K., Elhamdouni, D. (2020): Wastewater reuse in agriculture sector: resources management and adaptation in the context of climate change: case study of the Beni Mellal-Khenifra region, Morocco. E3S Web of Conferences. Vol (183): 2-5.
32. Goletić, Š. (2002): The dynamics of the heavy metals in the vegetable species of the Zenica region ecosystem, in the conditions of different industrial loads. A PhD. Thesis, Faculty of Science, University of Sarajevo.
33. Goletić, Š. (2005): Teški metali u okolišu, Univerzitet u Zenici.
34. Glancer-Šoljan, M., Dragičević, T. L., Šoljan, V., Ban S. (2002): Biotehnologija u zaštiti okoliša – Interna skripta, Zagreb: Prehrambeno-biotehnoški fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
35. Halnor, S. (2015): Removal of Heavy Metals from wastewater: A review, International Journal of Application or Innovation in Engineering and Management, 4:19-22.
36. Haviđić, K. (2015): Utjecaj kemijske regeneracije na razgradnju diklofenaka UV/TiO₂ procesom, završni rad, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Zagreb.
37. Hećimović, M. (2022). Tvrdoća podzemnih voda vodocrpilišta Osječko-baranjske županije (Diplomski rad). Osijek: Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek. <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:109:128705>.
38. HRN EN (2011): Poboljšivači tla i supstrati – Određivanje reakcije biljaka – 2. dio: Test u Petrijevoj posudi upotrebom kres salate. European standard EN 16086-2:2011. European Committee for Standardization. Brussels, Belgium.
39. HRN EN 5667-14 (2016): Kvaliteta vode – Uzorkovanje – 14 dio: Upute za osiguravanje kvalitete i kontrolu kvalitete pri uzorkovanju i rukovanju uzorcima vode iz okoliša European standard EN 5667-14:2016. European Committee for Standardization. Brussels, Belgium.
40. HRN EN 17294-1 (2008): Kvaliteta vode – Određivanje teških metala kadmij (Cd), bakar (Cu), krom (Cr), olovo (Pb), nikal (Ni) i cink (Zn) EN 17294-2:2016 European Committee for Standardization. Brussels, Belgium.
41. Hrvatske vode i Europska unija (2015): Sektor za projekte sufinancirane sredstvima EU
42. Hrvatski zavod za norme: Kvaliteta vode – Određivanje pH-vrijednosti. HRN EN ISO 10523:2012.

43. Hrvatski zavod za norme: Kakvoća vode – Uzorkovanje – 2. dio: Smjernice za tehnike uzorkovanja. HRN EN ISO 5667 – 2: 1999.
44. Hrvatski zavod za norme: Kakvoća vode – Uzorkovanje – 3. dio: Smjernice za čuvanje i rukovanje uzorcima. HRN EN ISO 5667-3:2008.
45. Hrvatski zavod za norme: Kakvoća vode – Uzorkovanje – 11. dio: Smjernice za uzorkovanje otpadnih voda. HRN EN ISO 5667 – 11: 2001.
46. HRN EN 12846 (2012): Kvaliteta vode – Određivanje Živa – SOP-22-053 Masena spektrometrija induktivno spregnute plazme (ICP-MS) European Committee for Standardization. Brussels, Belgium.
47. HRN EN 17378-2 (2018): Kvaliteta vode – Utvrđivanje arsena i antimonije. European Committee for Standardization. Brussels, Belgium.
48. Hossain, A: Fundamentals of Irrigation and On-farm Water Management (2010): Volume 1, Springer Science+Business Media, LLC, Springer New York, Heidelberg, Dordrecht, London, 286-287.
49. Igrc, J. (1983): Prilog poznavanju kompatibilnosti pesticida. Magistarski rad. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet poljoprivrednih znanosti, Zagreb.
50. Inđić, D., Klokočar-Šmit, Z., Ignjatov, M., Belić, S. (1999): Fizičke osobine insekticida i fungicida u mješavini zavisno od kvalitete vode. Letopis naučnih radova, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, 23(1-2): 229-241.
51. Inglezakis, V. J., Pouloupoulos, S. G. (2006): Adsorption, Ion Exchange and Catalysis, Elsevier. Amsterdam.
52. Ioppolo, A., Laudicina, V. A., Badalucco, L., Saiano, F. i Palazzolo, E. (2020): Wastewaters from citrus processing industry as natural biostimulants for soil microbial community. Journal of Environmental Management 273.
53. Ivetić, B.(1991): Sadržaj i dinamika teških metala i sumpora u tlu, vodi (drenažnoj) i biljkama na području opštine Zenica. Studija. Zavod za agropedologiju Sarajevo.
54. Jahantigh, M. (2008): Impact of recycled wastewater irrigation on soil chemical properties in an arid region. PJBS, -2264-2268.
55. Jurac, Z. (2009): Otpadne vode, Veleučilište u Karlovcu, Karlovac, 15-23.
56. Jyothsna, M., Parmiral Kumar, M., Divya Rani, V., Vishwamitra, V. (2013): Research article compatibility of agrochemicals. International Journal of Recent Scientific Research, 4(10): 1504-1506.

57. Kandiah, A. (1990): Environmental impacts of irrigation development with special reference to saline water use. *Water, Soil and Crop Management Relating to Use of Saline Water*, AGL/MISC/16, FAO, Rome, 152.
58. Kaštelan-Macan, M., Petrović, M. (2013): *Analitika okoliša*, HINUS-FKIT, Zagreb.
59. Khaskhoussy, K., Kahlaoui, B., Messoudi-Nefzi, B., Jozdan, O. (2015): Effect of treated wastewater irrigation on heavy metals distribution in a Tunisian soil. *Engineering, Technology and Applied Science Research*.
60. Klarić, I. (2011). *Pokazatelji i indeksi kvalitete podzemnih i površinskih voda Brčko distrikta Bosne i Hercegovine (Disertacija)*. Osijek: Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek. <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:109:655184>.
61. Klingbeil, D. F., Todd, E. C. D. (2018): The Impact of Climate Change on Raw and Untreated Wastewater Use for Agriculture, Especially in Arid Regions: A Review. *Foodborne Pathogens and Disease* Vol (15), 2: 61-72.
62. Kralj, E. (2017): *Pokazatelji i indeksi kakvoće podzemnih i površinskih voda istočne Hrvatske*. Doktorska disertacija: sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek.
63. Kuleš, M., Habuda-Stanić, M. (2000): *Analiza vode*. Osijek: Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek.
64. Kurniawan, T. A., Chan, G. Y. S., Lo, W. H., Babel, S. (2006): Physico-chemical treatment techniques for wastewater laden with heavy metals, *Chemical Engineering Journal*, 118, 83-98.
65. Kopic, M. (2021). *Ocjena fitotoksičnosti octene i limunske kiseline testom klijavosti (Diplomski rad)*. Osijek: Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek. <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:037131>
66. Lado, M., Ben-Hur, M. (2010): Effects of irrigation with different effluents on saturated hydraulic conductivity of arid and semiarid soils
67. Lakherwal, D. (2014): Adsorption of Heavy Metals: A Review, *International Journal of Environmental Research and Development*, 4, 41-48.
68. Lamb D., Ming H., Megharaj M, Naidu R., (2009): Distribution of heavy metals Cu Zn Cd I Pb and bioavailability in uncontrolled and long-term contaminated soils
69. Lau, S. S. S., Wong, W. C. (2001): Toxicity Evaluation of weathered coal fly ash-amended manure compost. *Water, Air and Soil Pollution*, 128: 243-254.

70. Lazarova, A., Bahri, A. (eds.) (2005): *Water Reuse for Irrigation*, CRC Press, Boca Ration, 45-55.
71. Lee, J. G., Lee, B. Y., Lee, H. J. (2006): Accumulation of phytotoxic organic acids in reused nutrient solution during hydroponic cultivation of lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Scientia Horticulturae*, 110(2), 119-128.
72. Levy G.J., Rosenthal A, Tarchitzky J, Shainberg I, Chen Y. (1999): Soil hydraulic conductivity changes caused by irrigation with reclaimed waste water
73. Levy Guy, J., Pinchas Fine, Asher Bar-Tal (2010): *Treated Wastewater in Agriculture: Use And Impacts on the Soil Environment and Crops*.
74. Linarić, M., Markić, M., Sipos, L. (2013): High salinity wastewater treatment. *Water Sci. Technol.*, 68, 1400–1405.
75. Lončarić Božić, A. (2015): *Obrada industrijskih otpadnih voda*, II. dio, FKIT, Zagreb.
76. Lončarić, Z., Kadar, I., Jurković, Z., Kovačević, V., Popović, B., Karalić, K. (2012): Teški metali od polja do stola, 47th Croatian and 7th International Symposium on Agriculture, Zbornik radova, 14-23.
77. Lončarić, Z., Kristek, S., Ivezić, V., Popović, B., Jović, J., Rašić, S. (2019): Plodnost tala i gospodarenje organskim gnojivima, Fakultet agrobiotehničkih znanosti u Osijeku, Osijek.
78. Maceljčki, M. (1967): *Fitofarmacija – opći dio*. Sveučilište u Zagrebu, Zagreb.
79. Madhumita, D., Ashwani, K., (2009): *Wastewater characterization and different ways of reuse in agriculture – case study model*.
80. Maas, E. V. (1986): *Salt Tolerance of Plants*. Applied Agricultural Research No.1: 1225.
81. Maas, E. V., Hoffman, G. J. (1977): *Crop Salt Tolerance – Current assessment*. *Jurnal on Irrigation and Drainage Division*. ASCE 103: 115-134.
82. Matic, A. (2021). *Usporedba fizikalno-kemijskih parametara pitkih voda grada Zagreba i grada Rijeke u 2020 godini (Diplomski rad)*. Rijeka: Sveučilište u Rijeci, Medicinski fakultet. <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:184:223528>.
83. Mendoza-Espinosa, L. G., Cabello-Pasini, A., Macias-Carranza, V., Daessle-Heuser, W., Orozco-Borbón, M. V., Quintanilla-Montoya, A. L. (2008): The effect of reclaimed wastewater on the quality and growth of grapevines. *Water Science & Technology – WST: Vol (57). 9: 1445-1450*.
84. Murray, A., Ray, I. (2010): *Wastewater for agriculture: A reuse-oriented planning model and its application in peri-urban China*. *Water Research* 44, 1667-1679.

85. Moussaoui T., Derdour A., Hosni A., Legua P., (2023): Assessing the quality of treated wastewater for irrigation: A case study of ain sefra wastewater treatment plant
86. Nađ, K. (2015): Razvoj sustava za pripremu pitke vode primjenom elektrokemijskih metoda i naprednih oksidacijskih procesa, Doktorski rad, Tehnički fakultet, Rijeka.
87. Nesbitt, B. (2007): Handbook of Valves and Actuators, Valves Manual International, Elsevier, Burlington, 54.
88. Nordberg, G. F., Fowler, B. A., Nordberg, M., Friberg, L. (2005): Handbook of Toxicology of Metals, European Environment Agency, Copenhagen.
89. Nguyen, M. K., Pham, T. T., Nguyen, C. V. (2008): Journal of Science : Earth – Effects of using wastewater as nutrient sources on soil chemical properties in peri-urban agricultural systems.
90. Özverdi, A., Erdem, M. (2006): Cu²⁺, Cd²⁺ and Pb²⁺ adsorption from aqueous solutions by pyrite and synthetic iron sulphide., J. Hazard. Mater. 137, 626-632.
91. Ožanić i sur. (2007): Priručnik za tehničke hidromelioracije - Vodnogospodarski aspekti razvoja navodnjavanja u priobalju i krškom zaleđu Hrvatske.
92. Pavlek, P. (1979): Specijalno povrćarstvo. Fakultet poljoprivrednih znanosti, Zavod za povrćarstvo, Zagreb.
93. Pereira, L. S., Trout, T. J. (1999): Irrigation Systems and Irrigation Performance. In CIGR Handbook of Agricultural Engineering, Land & Water Engineering. Volume I. American Society of Agricultural Engineers.
94. Pereira, B. F. F., He, Z., Stoffella, P. J., Montes, C. R., Melfi, A. J., Baligar, V. C. (2012): Nutrients and nonessential elements in soil after 11 years of wastewater irrigation. J. Environ. Qual. 41, 920-927.
95. Pizzi, N. G. Water Treatment Operator Handbook, AWWA, 119-129.
96. Pravilnik o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda (NN 26/20).
97. Pravilniku o registru onečišćavanja okoliša (NN 03/22).
98. Rata, Y., Douaoui, A., Douaik, A., Rata, M. (2022): Accumulation of Heavy Metal sin Soils Irrigated by treated Wasrewater: A case study from the Northwest of the Haut Chelif Plain, Algeria.
99. Rajkumar, D., Palanivelu, K. (2004): Electrochemical treatment of industrial wastewater. Journal of Hazardous Materials: B113: 123-129.
100. Ribeiro, H. M., Romero, A. M., Pereira, H., Borges, P., Cabral, F., Vasconcelos, E. (2007): Evaluation of a compost obtained from forestry wastes and solid phase of pig slurry as a substrate for seedlings production. Bioresource Technology 98: 3294-3297.

101. Richards, L. A. (ed.) (2004): Diagnosis and improvement of saline and alkali soils, Agricultural Handbook 60, U. S. Dept. Agric., Washington, D. C., 160.
102. Rhoades, J. D., Kandiah, A., Mashall, A. M. (1992): The use of saline water for crop production, Irrigation and Drainage Paper No. 48, Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO.
103. Rješenje o izmjeni i dopuni uvjeta okolišne dozvole za pogon EL-TO Zagreb (2021).
104. Romić, D. (1995): Režim vode Vranskog jezera i procjena njene kakvoće za navodnjavanje. Poljoprivredna znanstvena smotra 60 (1/1995): 27-44.
105. Romić, D., Romić, M. (1997): Ratio of salt content added by irrigation with saline water and percolated from the root zone. Proceedings of the International Conference on "Water management, salinity and pollution control towards sustainable irrigation in the Mediterranean region". Bari, Italy. Volume IV, 275-284.
106. Romić, D. (1998): Navodnjavanje – interna skripta.
107. Ruppert, G., Bauer, R., Heisler, G. (1993): The photo-fenton reaction-an effective photochemical wastewater treatment process. Journal of Photochemical Photobiol: 73, 75-78.
108. Safi, M. J., Yassin, M. M., Safi, J. M. (2018): Evaluation of Soil Properties and Production of Cucumis sativus Irrigated with Treated Wastewater in Gaza Strip. International Journal of Plant and Soil Science: 21(5): 1-12.
109. Shomar, B. H., Muller, G., Yahya, A. (2003): Potential use of treated wastewater and sludge in the agricultural sector of the Gaza Strip. Clean Technologies and Environmental Policy: 6(2): 128-137.
110. Simhayov R., Ohana-Levi N., Shenker M. (2022): Effect of long-term treated wastewater irrigation on soil sodium levels and table grapevines health
111. Singh, S., Kumar, M. (2006). Heavy metal load of soil, water and vegetables in peri-urban Delhi, Environ Monit. Assess 120 81.
112. Singh, P. K., Deshbhratar, P. B., Ramteke, D. S. (2012): Effects of sewage wastewater irrigation on soil properties, crop yield and environment, Agric, Water103.
113. Soboklęszcz, Ciechanów County (2000): Adsorption ratio of sodium,
114. Sofilić, T. (2015): Ekotoksikologija. Sveučilište u Zagrebu, Metalurški fakultet, <http://bib.irb.hr/datoteka/743709>.
115. Sofilić, T. (2015): Zdravlje i okoliš, Sveučilište u Zagrebu, Metalurški fakultet, Sisak, 51-66.

116. Sparks, B. (2015): Phytotoxicity: The unexpected danger. http://grounds-ag.com/mag/grounds_maintenance_phytotoxicity_unexpected_danger/
117. Szabolcs, I. (1979): Review of research on salt affected soils. Natural Resources Research XV, UNESCO, Paris.
118. Šovljanski, R., Klokočar-Šmit, Z. (1976): Praktikum iz fitofarmacije. Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.
119. Štambuk-Giljanović, N., Štambuk, D. (2005): Information subsystem of the SO₄/Cl ratio as database for studying its influence on human health. Journal of Medical Systems, 29, 251-257.
120. Štrkalj, A. (2014): Onečišćenje i zaštita voda, Sveučilište u Zagrebu, Metalurški fakultet, Sisak, 2-60.
121. Tam, N. F. Y., Tiquia, S. M. (1994): Assessing toxicity of spent pig litter using a seed germination technique. Resources, Conservation and Recycling, 11: 261-274.
122. Tarchouna, L. G., Merdy, P., Raynaud, M., Pfeifer, H. R. (2010): Effect of long-term irrigation with treated wastewater 1703-1710.
123. Tariq S.R., Bashir A. (2011): Specific distribution and bioavailability of metals in agricultural soils receiving industrial wastewater
124. Thompson, W. H. (2001): Test Methods for the Examination of Composting and Compost: 05.05-B In-vitro germination and root elongation. The United States Department of Agriculture (USDA).
125. Trinh, L. T., Duong, C. C., Van Der Steen, P., Lens, P. N. L. (2013): Exploring the potential for wastewater reuse in agriculture as a climate change adaptation measure for Can Tho City, Vietnam. Agricultural Water Management 128, 43-54.
126. Tušar, B. (2004): Ispuštanje i pročišćavanje otpadnih voda, Croatiaknjiga, Zagreb, 41-62.
127. Tušar, B. (2009): Pročišćavanje otpadnih voda, Zagreb: Geotehnički fakultet.
128. Tomić, F. (1988): Navodnjavanje. Savez poljoprivrednih inženjera i tehničara Hrvatske i Fakultet poljoprivrednih znanosti u Zagrebu, Zagreb.
129. Tedeschi, S. (1997): Zaštita voda, Hrvatsko društvo građevinskih inženjera, Zagreb.
130. Van Rooijen, D. J., Biggs, T. W., Smout, I. K., Drechsel, P. (2010): Urban growth, wastewater production and use irrigated agriculture: a comparative study of Accra, Addis Abbaba and Hyderabad. Irrigation Drainage Systems: 24: 53-64.
131. Višić, K. (2015): Problematika zbrinjavanja i pročišćavanja otpadnih voda – zakonski propisi, Tekstil, 64, 109-121.

132. Vodopravna dozvola od 27. 11. 2019. za HEP Proizvodnja – Pogon EL-TO Zagreb.
133. Vukobratović, M. (2008): Proizvodnja i ocjena kvalitete kompostiranih stajskih gnojiva. Doktorska disertacija: sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet u Osijeku.
134. Vuković, S., Indić, D., Bursić, V., Šunjka, D., Grahovac, M. (2009): Insekticidni efekti mešavina insekticida, fungicida, kompleksnog đubriva i okvašivača zavisno od tvrdoće vode. *Pesticidi i fitomedicina*, 24(1): 43-49.
135. Vuković, S., Indić, D., Gvozdenac, S. (2014): Phytotoxic effects of fungicides, insecticides and nonpesticidal components on pepper depending on water quality. *Pesticidi i fitomedicina*, 29(2): 145-153.
136. Yin, Y., Impellitteri, C. A., You, S. J., Allen, H. E. (2002): Znanost o ukupnom okolišu, The importance of organic matter distribution and extract soil : solution ratio on the desorption of heavy metals from soils .
137. Zakon o vodama. Narodne novine (NN 66/19, 84/21).
138. Zhang Y, Shen Y. (2017): Wastewater irrigation: past, present and future
139. Zhao L Y Lu, Schulin R., Nowack B. (2009) : Cu and Zn mobilization in soil columns percolated by different irrigation solutions
140. Zhou-Tsang, A., Wu, Y., Henderson, S., Walker, A., Borneman, A., Walker, R., Gilliam, M. (2021): Grapevine salt tolerance. *Aust. J. Grape Wine Res* 27, 149-168.
141. Zucconi, F., Pera, A., Forte, M., de Bertoldi, M. (1981): Evaluating toxicity of immature compost. *BioCycle*, 22 (4): 54-57.

1. <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:149:825616>.

2. https://www.ecn.ne/docs/society/horizontal/hor8_phytotoxicity.pdf

3. <https://wwwsbreb.org/research/plant/plant97/97p328.htm>

4. Pozicija Pogona EL-TO Zagreb i potencijano mjesto navodnjavanja (izvor: <https://mapiranjetresnjevke.com/kvartovi/stara-tresnjevka/munjara>)

7. SAŽETAK

Nedostatak vode i učestale klimatske promjene uvelike utječu na suvremene trendove u poljoprivrednoj proizvodnji, stoga se proizvođači moraju prilagoditi novim trendovima i neprestano pronalaziti nove alate, vještine i rješenja kako bi osigurali stabilna poljoprivredna proizvodnja. Navodnjavanje je jedna od najvažnijih agrotehničkih mjera, koja potencijalno podrazumijeva i korištenje otpadnih voda u svrhu navodnjavanja. Međutim, primjena otpadnih voda u suvremenoj poljoprivrednoj proizvodnji nosi velik broj rizičnih čimbenika s obzirom na to da te vode mogu biti kontaminirane brojnim patogenima i/ili teškim metalima koje biljke potencijalno mogu apsorbirati kroz tlo i dalje u ljudski i prehrambeni lanac. Ciljevi ove disertacije bili su: utvrditi pogodnost propisanih metoda za pročišćavanje otpadnih voda od polutanata iz pogona EL-TO Zagreb za dobivanje vode odgovarajuće kvalitete za upotrebu u navodnjavanju poljoprivrednih kultura, utvrditi potencijal upotrebe otpadnih voda iz pogona EL-TO Zagreb za upotrebu u navodnjavanju poljoprivrednih kultura određivanjem vrijednosti saliniteta, koncentracije toksičnih iona, pH-vrijednosti, koncentracije karbonata i hirdrogenkarbonata te odrediti postoji li opasnost od fitotoksičnog djelovanja pročišćenih otpadnih voda upotrebom u navodnjavanju poljoprivrednih kultura. Uzorkovanje i analize otpadne vode iz pogona EL-TO Zagreb provedene su u certificiranom laboratoriju za analizu otpadnih, površinskih, tehnoloških i procesnih voda NZJZ-a „Dr. Andrija Štampar“. Otpadna voda (288) koja je uzorkovana tijekom tri godine, 2019., 2020. i 2021., s mjernog okna KMO 1 – Istok i KMO 2 – Jug analizirana je sukladno propisanim normama za EU 5667-14:2016, i to na način da se mjeri protok vode i uzima se kompozitni uzorak svakih sat vremena tijekom 24-satnog razdoblja. Analitičke metode i norme za mjerenje parametara u otpadnim vodama provedene su sukladno Pravilniku o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda (NN 26/20). Ispitivanja otpadne vode s mjernog okna uključivale su određivanje sljedećih parametara: mjerodavni protok, sadržaj otopljenog kisika, pH, suhi ostatak, ukupna suspendirana tvar, vidljiva otpadna tvar, miris i boja te pokazatelji koji se ispuštaju na temelju procesa rada. Metode pročišćavanja teških metala iz otpadnih voda pogona EL-TO Zagreb rezultirale su pročišćenom otpadnom vodom s niskim koncentracijama teških metala i povoljnom pH-vrijednosti, dok su razine ukupno otopljenih soli na oknu Istok za 2021. godinu ukazivale na slabo do umjereno ograničenje primjene otpadne vode za navodnjavanje. Utvrđene vrijednosti SAR-a za oba okna u svim godinama svrstale u snaliziranu vodu u kategoriju nema ograničenja za navodnjavanje, dok su vrijednosti RSC svrstale analiziranu

otpadnu vodu na oba istraživana okna u grupu ograničene primjene za navodnjavanja. Isti rezultati potvrđeni su i testom fitotoksičnosti, koji je na oknu Istok pokazao negativan utjecaj ukupnih soli na klijavost testnih biljaka.

8. SUMMARY

Lack of water and frequent climate changes greatly affect contemporary trends in agricultural production, therefore producers must adapt to new trends and constantly find new tools, skills and solutions to ensure stable agricultural production. Irrigation is one of the most important agrotechnical measures, which potentially implies the use of wastewater for irrigation purposes. However, the use of wastewater in modern agricultural production carries a large number of risk factors, considering that these waters can be contaminated with numerous pathogens and/or heavy metals that plants can potentially absorb through the soil and further into the human and food chain. The goals of this dissertation were: to determine the suitability of the prescribed methods for purifying wastewater from pollutants from the EL-TO Zagreb plant to obtain water of appropriate quality for use in the irrigation of agricultural crops, to determine the potential of using wastewater from the EL-TO Zagreb plant for use in the irrigation of agricultural crops culture by determining the salinity value, concentration of toxic ions, pH-value, concentration of carbonate and hydrogencarbonate, and to determine whether there is a danger of phytotoxic effects of treated wastewater when used in the irrigation of agricultural crops. Sampling and analyzes of wastewater from the EL-TO Zagreb plant were carried out in the certified laboratory for the analysis of waste, surface, technological and process waters of the NZJZ "Dr. Andrija Štampar". The waste water (288 samples) that was sampled during three years, 2019, 2020 and 2021, from the measuring location KMO 1 - East and KMO 2 - South was analyzed in accordance with the prescribed norms for EU 5667-14:2016, namely on way to measure water flow and take a composite sample every hour over a 24-hour period. Analytical methods and norms for measuring parameters in waste water were carried out in accordance with the Rulebook on Limit Values of Waste Water Emissions (Official Gazette 26/20). Tests of waste water from the measuring shaft included the determination of the following parameters: relevant flow, dissolved oxygen content, pH, dry residue, total suspended matter, visible waste matter, odor and color, and indicators that are released based on the work process. The methods of purifying heavy metals from the wastewater of the EL-TO Zagreb facility resulted in purified wastewater with low concentrations of heavy metals and a favorable pH-value, while the levels of total dissolved salts at the Istok location for the year 2021 indicated a weak to moderate limitation of the use of wastewater for irrigation. The determined SAR values for both locations in all years classified the treated water in the category of no restrictions for irrigation, while the RSC values

classified the analyzed waste water at both investigated locations in the group of limited application for irrigation. The same results were confirmed by the phytotoxicity test, which showed a negative influence of total salts on the germination of the test plants in the East location.

9. PRILOG

B2 Očividnici otpadnih voda za KMO 1 – Istok i KMO 2 – Jug za razdoblje
2019., 2020. i 2021.

Rezultati analiza koji su dostavljeni Hrvatskim vodama za predmetno razdoblje:

Obrazac B2 – OČEVIDNIK ISPITIVANJA KOMPOZITNIH UZORAKA

Naš broj:	1. kvartal/2019	Datum:	10.04.2019.
Naziv onečišćivača:	HEP PROIZVODNJA, Pogon EL-TO Zagreb		
	Ulica i kućni		
Adresa sjedišta:	br.: <u>Ulica grada Vukovara 37</u>	OIB:	<u>09518585079</u>
	Naselje: _____	MBPS (DZS):	<u>1643983</u>
Naziv lokacije onečišćivača:	Pogon EL-TO Zagreb		
	Ulica i kućni		
Adresa lokacije:	br.: <u>Zagorska 1</u>	RBDPS (DZS):	_____
	Naselje: <u>Trešnjevka</u>		
Kontakt osoba na lokaciji:	Ime i prezime: <u>Anamarija Dellavia</u>	Tel:	<u>01 3037 909</u>
	E-mail: <u>anamarija.dellavia@hep.hr</u>	Mob:	_____
Podaci o ispustu:	Naziv ispusta: <u>OKNO 1 – Istok</u>	Koordinate točke	N <u>5074288.0</u>
	Oznaka ispusta: <u>OKNO 1 – Istok</u>	ispuštanja (HTRS96/TM):	E <u>457338.0</u>
Podaci o mjernom oknu:	Vrsta mj. okna: <u>Izlaz – kakvoća</u>	Koordinate mjernog okna (HTRS96/TM):	N <u>5074288.0</u>
	ID mj. okna: _____		E <u>457338.0</u>

OPĆI PODACI			
1	Laboratorij – naziv	NZ JZ DR. Andrija Štampar	
2	Analitički broj izvješća o ispitivanju	05102 208/19	
3	Datum izvješća o ispitivanju (dd.:mm:gggg)	29.03.2019.	
4	Datum uzorkovanja (dd.:mm:gggg)	13.03.2019.	
5	Početak uzorkovanja (hh:min)	8:00 h	
6	Trajanje uzorkovanja (h)	24	
7	Frekvencija uzorkovanja (h)	1	
8	Vremenski uvjeti tijekom uzorkovanja	bez oborina	
9	Vremenski uvjeti prethodni dan	bez oborina	
10	Prosječna temperatura zraka tijekom uzorkovanja (°C)	5,0	
11	Trajanje ispuštanja otpadnih voda u satima/dan	24,00	
12	Srednji protok tijekom uzorkovanja otpadnih voda u m ³ /h	2,78	
13	Maksimalni protok tijekom uzorkovanja otpadnih voda u m ³ /h		
14	Minimalni protok tijekom uzorkovanja otpadnih voda u m ³ /h		
15	Način utvrđivanja protoka otpadnih voda u vremenu uzorkovanja	Ugrađeni mjerni uređaj	
REZULTATI ISPITIVANJA OTPADNIH VODA			
	Pokazatelj	Mjerna jedinica	Rezultat
1	pH vrijednost	–	7,9
2	Temperatura vode	°C	15,3
3	Boja	–	bez

4	Miris	–	bez
5	Krupne tvari	–	bez
6	Suhi ostatak ukupni 105°C	mg/l	362,0000
7	Taložive tvari	ml/l/h	< 0,1
8	Ukupne suspendirane tvari	mg/l	8,4000
9	Otopljeni kisik	mgO ₂ /l	8,9900
10	BPK ₅	mgO ₂ /l	5,0000
11	KPK-Cr	mgO ₂ /l	15,0000
12	Kloridi	mg/l	38,0000
13	Krom	mg/l	< 0,03
14	Bakar	mg/l	< 0,05
15	Cink	mg/l	< 0,050
16	Nikal	mg/l	0,1400
17	Vanadij	mg/l	< 0,01
18	Teško hlapljive lipofilne tvari	mg/l	6,3200
19	Olovo	mg/l	< 0,05
20	Kadmij	mg/l	< 0,03
21	Ukupni fenoli	mg/l	< 0,002
22	Adsorbilni organski halogeni (AOX)	mg/l	< 0,02
23	Lakohlapljivi aromatski ugljikovodici (BTX)	mg/l	< 0,005
24	Arsen	mg/l	< 0,001
25	Živa	mg/l	< 0,001
26	Flouridi	mg/l	< 0,2
27	ukupni dušik	mg/l	4,7000
28	ukupni fosfor	mg/l	0,1400

Pod materijalnom i kaznenom odgovornošću izjavljujemo da su podaci u ovom očevidniku vjerodostojni, istiniti i istovjetni podacima dostavljenim na očevidniku u elektroničkom obliku.

Osoba odgovorna za točnost podataka

Anamarija Dellavia, mag. ing.

ime i prezime

M. P.

Odgovorna osoba korisnika

mr. sc. Krešimir Komljenović, dipl. ing.

ime i prezime

Obrazac B 2 - OČEVIDNIK ISPITIVANJA KOMPOZITNIH UZORAKA
Naš broj: 2 kvartal /2019 **Datum:** 09.09.2019.

Naziv onečišćivača: **HEP PROIZVODNJA , Pogon EL-TO Zagreb**

 Adresa sjedišta: Ulica i kućni br.: Ulica grada Vukovara 37 OIB: 09518585079
 Naselje: _____ MBPS (DZS): 1643983
Naziv lokacije onečišćivača: **Pogon EL-TO Zagreb**

 Adresa lokacije: Ulica i kućni br.: Zagorska 1 RBDPS (DZS): _____
 Naselje: Trešnjevka
 Kontakt osoba na lokaciji: Ime i prezime: Anamarija Dellavia Tel: 01 3037 909
 E-mail: anamarija.dellavia@hep.hr Mob: _____

Podaci o ispustu: Naziv ispusta: OKNO 1 - Istok Koordinate N 5074288.0
 Oznaka _____ točke _____
 Ispusta: OKNO 1 - Istok (HTRS96/TM): E 457338.0
Podaci o mjernom oknu: Vrsta mj. okna: Izlaz - kakvoća Koordinate N 5074288.0
 ID mj. okna: _____ (HTRS96/TM): E 457338.0

OPĆI PODACI			
1	Laboratorij - naziv	NZ JZ DR. Andrija Štampar	
2	Analitički broj izvješća o ispitivanju	05102 601/19	
3	Datum izvješća o ispitivanju (dd.:mm:gggg)	11.07.2019.	
4	Datum uzorkovanja (dd.:mm:gggg)	19.06.2019.	
5	Početak uzorkovanja (hh:min)	8,50 h	
6	Trajanje uzorkovanja (h)	24	
7	Frekvencija uzorkovanja (h)	1	
8	Vremenski uvjeti tijekom uzorkovanja	bez oborina	
9	Vremenski uvjeti prethodni dan	bez oborina	
10	Prosječna temperatura zraka tijekom uzorkovanja (°C)	22,5	
11	Trajanje ispuštanja otpadnih voda u satima/dan	24,00	
12	Srednji protok tijekom uzorkovanja otpadnih voda u m3/h	30,28	
13	Maksimalni protok tijekom uzorkovanja otpadnih voda u m3/h	/	
14	Minimalni protok tijekom uzorkovanja otpadnih voda u m3/h	/	
15	Način utvrđivanja protoka otpadnih voda u vremenu uzorkovanja	Ugrađeni mjerni uređaj	
REZULTATI ISPITIVANJA OTPADNIH VODA			
	Pokazatelj	Mjerna jedinica	Rezultat
1	pH vrijednost	-	7,7
2	Temperatura vode	°C	36,0
3	Boja	-	bez
4	Miris	-	bez
5	Krupne tvari	-	bez
6	Suhi ostatak ukupni 105°C	mg/l	281,0000
7	Taložive tvari	ml/l/h	<0,1
8	Ukupne suspendirane tvari	mg/l	2,6000
9	Otopljeni kisik	mgO2/l	5,4100
10	BPK5	mgO2/l	1,2000
11	KPK-Cr	mgO2/l	< 15
12	Kloridi	mg/l	33,0000
13	Krom	mg/l	<0,03

14	Bakar	mg/l	<0,05
15	Cink	mg/l	<0,050
16	Nkal	mg/l	< 0,05
17	Vanadij	mg/l	<0,01
18	Teško hlapljive lipofilne tvari	mg/l	5,4500
19	Olovo	mg/l	<0,05
20	Kadmij	mg/l	<0,03
21	Ukupni fenoli	mg/l	0,0030
22	Adsorbilni organski halogeni (AOX)	mg/l	<0,02
23	Lakohlapljivi aromatski ugljikovodici (BTX)	mg/l	<0,005
24	Arsen	mg/l	<0,001
25	Živa	mg/l	<0,001
26	Flouridi	mg/l	<0,2
27	ukupni dušik	mg/l	4,3000
28	ukupni fosfor	mg/l	0,3300

Pod materijalnom i kaznenom odgovornošću izjavljujemo da su podaci u ovom očevidniku vjerodostojni, istiniti i istovjetni podacima dostavljenim na očevidniku u elektroničkom obliku.

Osoba odgovorna za točnost podataka

Anamarija Dellavia, mag.ing.

ime i prezime

M.P.

Odgovorna osoba korisnika

Vedran Gaće, dipl.ing.

ime i prezime

Obrazac B2 – OČEVIDNIK ISPITIVANJA KOMPOZITNIH UZORAKA

Naš broj: 3. kvartal/2019 Datum: 18.10.2019.

Naziv onečišćivača: **HEP PROIZVODNJA, Pogon EL-TO Zagreb**

Adresa sjedišta: Ulica i kućni br.: Ulica grada Vukovara 37 OIB: 09518585079
 Naselje: _____ MBPS (DZS): 1643983

Naziv lokacije onečišćivača: **Pogon EL-TO Zagreb**

Adresa lokacije: Ulica i kućni br.: Zagorska 1 RBDPS (DZS): _____
 Naselje: Trešnjevka
 Kontakt osoba na lokaciji: Ime i prezime: Anamarija Dellavia Tel: 01 3037 909
 E-mail: anamarija.dellavia@hep.hr Mob: _____

Podaci o ispustu: Naziv ispusta: OKNO 1 – Istok Koordinate N 5074288.0
 Oznaka točke ispuštanja E 457338.0
 ispusta: OKNO 1 – Istok (HTRS96/TM):

Podaci o mjernom oknu: Vrsta mj. okna: Izlaz – kakvoća Koordinate N 5074288.0
 ID mj. okna: _____ (HTRS96/TM): E 457338.0

OPĆI PODACI			
1	Laboratorij – naziv	NZ JZ DR. Andrija Štampar	
2	Analitički broj izvješća o ispitivanju	05102 879/19	
3	Datum izvješća o ispitivanju (dd.:mm:gggg)	02.10.2019.	
4	Datum uzorkovanja (dd.:mm:gggg)	11.09.2019.	
5	Početak uzorkovanja (hh:min)	8,00	
6	Trajanje uzorkovanja (h)	24	
7	Frekvencija uzorkovanja (h)	1	
8	Vremenski uvjeti tijekom uzorkovanja	bez oborina	
9	Vremenski uvjeti prethodni dan	bez oborina	
10	Prosječna temperatura zraka tijekom uzorkovanja (°C)	17,0	
11	Trajanje ispuštanja otpadnih voda u satima/dan	24,00	
12	Srednji protok tijekom uzorkovanja otpadnih voda u m ³ /h	2,37	
13	Maksimalni protok tijekom uzorkovanja otpadnih voda u m ³ /h		
14	Minimalni protok tijekom uzorkovanja otpadnih voda u m ³ /h		
15	Način utvrđivanja protoka otpadnih voda u vremenu uzorkovanja	Ugrađeni mjerni uređaj	
REZULTATI ISPITIVANJA OTPADNIH VODA			
	Pokazatelj	Mjerna jedinica	Rezultat
1	pH vrijednost	–	7,8
2	Temperatura vode	°C	20,4
3	Boja	–	bez
4	Miris	–	bez
5	Krupne tvari	–	bez
6	Suhi ostatak ukupni 105 °C	mg/l	490,0000
7	Taložive tvari	ml/l/h	< 0,1
8	Ukupne suspendirane tvari	mg/l	8,0000
9	Otopljeni kisik	mgO ₂ /l	7,9500
10	BPK ₅	mgO ₂ /l	3,7000
11	KPK-Cr	mgO ₂ /l	< 15
12	Kloridi	mg/l	53,0000
13	Krom	mg/l	< 0,03

14	Bakar	mg/l	< 0,05
15	Cink	mg/l	< 0,050
16	Nikal	mg/l	< 0,05
17	Vanadij	mg/l	< 0,01
18	Teško hlapljive lipofilne tvari	mg/l	8,3300
19	Olovo	mg/l	< 0,05
20	Kadmij	mg/l	< 0,03
21	Ukupni fenoli	mg/l	< 0,002
22	Adsorbilni organski halogeni (AOX)	mg/l	0,0200
23	Lakohlapljivi aromatski ugljikovodici (BTX)	mg/l	< 0,005
24	Arsen	mg/l	< 0,001
25	Živa	mg/l	< 0,001
26	Flouridi	mg/l	< 0,2
27	ukupni dušik	mg/l	7,5000
28	ukupni fosfor	mg/l	0,0800

Pod materijalnom i kaznenom odgovornošću izjavljujemo da su podaci u ovom očevidniku vjerodostojni, istiniti i istovjetni podacima dostavljenim na očevidniku u elektroničkom obliku.

Osoba odgovorna za točnost podataka

Anamarija Dellavia, mag. ing.

ime i prezime

M. P.

Odgovorna osoba korisnika

Vedran Gaće, dipl. ing.

ime i prezime

Obrazac B2 – OČEVIDNIK ISPITIVANJA KOMPOZITNIH UZORAKA

Naš broj: 4. kvartal/ 2019 Datum: 10.01.2020.

Naziv onečišćivača: **HEP PROIZVODNJA, Pogon EL-TO Zagreb**

Adresa sjedišta: Ulica i kućni br.: Ulica grada Vukovara 37 OIB: 09518585079
 Naselje: _____ MBPS (DZS): 1643983

Naziv lokacije onečišćivača: **Pogon EL-TO Zagreb**

Adresa lokacije: Ulica i kućni br.: Zagorska 1 RBDPS (DZS): _____
 Naselje: Trešnjevka
 Kontakt osoba na lokaciji: Ime i prezime: Anamarija Dellavia Tel: 01 3037 909
 E-mail: anamarija.dellavia@hep.hr Mob: _____

Podaci o ispustu: Naziv ispusta: OKNO 1 – Istok Koordinate N 5074288.0
 Oznaka točke ispuštanja E 457338.0
 ispusta: OKNO 1 – Istok (HTRS96/TM):

Podaci o mjernom oknu: Vrsta mj. okna: Izlaz – kakvoća Koordinate N 5074288.0
 ID mj. okna: _____ (HTRS96/TM): E 457338.0

OPĆI PODACI			
1	Laboratorij – naziv	NZ JZ DR. Andrija Štampar	
2	Analitički broj izvješća o ispitivanju	05102 1454/19	
3	Datum izvješća o ispitivanju (dd.:mm:gggg)	03.01.2020.	
4	Datum uzorkovanja (dd.:mm:gggg)	18.12.2020.	
5	Početak uzorkovanja (hh:min)	8,00	
6	Trajanje uzorkovanja (h)	24	
7	Frekvencija uzorkovanja (h)	1	
8	Vremenski uvjeti tijekom uzorkovanja	bez oborina	
9	Vremenski uvjeti prethodni dan	bez oborina	
10	Prosječna temperatura zraka tijekom uzorkovanja (°C)	14,0	
11	Trajanje ispuštanja otpadnih voda u satima/dan	24,00	
12	Srednji protok tijekom uzorkovanja otpadnih voda u m ³ /h	2,62	
13	Maksimalni protok tijekom uzorkovanja otpadnih voda u m ³ /h	/	
14	Minimalni protok tijekom uzorkovanja otpadnih voda u m ³ /h	/	
15	Način utvrđivanja protoka otpadnih voda u vremenu uzorkovanja	Ugrađeni mjerni uređaj	
REZULTATI ISPITIVANJA OTPADNIH VODA			
	Pokazatelj	Mjerna jedinica	Rezultat
1	pH vrijednost	–	7,6
2	Temperatura vode	°C	17,7
3	Boja	–	bez
4	Miris	–	bez
5	Krupne tvari	–	bez
6	Suhi ostatak ukupni 105 °C	mg/l	401,0000
7	Taložive tvari	ml/l/h	< 0,1
8	Ukupne suspendirane tvari	mg/l	8,0000
9	Otopljeni kisik	mgO ₂ /l	8,8300
10	BPK ₅	mgO ₂ /l	2,0000
11	KPK-Cr	mgO ₂ /l	< 15
12	Kloridi	mg/l	76,0000
13	Krom	mg/l	0,0300

14	Bakar	mg/l	< 0,05
15	Cink	mg/l	< 0,050
16	Nikal	mg/l	< 0,05
17	Vanadij	mg/l	< 0,01
18	Teško hlapljive lipofilne tvari	mg/l	5,3300
19	Olovo	mg/l	< 0,05
20	Kadmij	mg/l	< 0,03
21	Ukupni fenoli	mg/l	< 0,002
22	Adsorbilni organski halogeni (AOX)	mg/l	0,0400
23	Lakohlapljivi aromatski ugljikovodici (BTX)	mg/l	< 0,005
24	Arsen	mg/l	< 0,001
25	Živa	mg/l	< 0,001
26	Flouridi	mg/l	< 0,2
27	ukupni dušik	mg/l	6,8000
28	ukupni fosfor	mg/l	0,1400

Pod materijalnom i kaznenom odgovornošću izjavljujemo da su podaci u ovom očevidniku vjerodostojni, istiniti i istovjetni podacima dostavljenim na očevidniku u elektroničkom obliku.

Osoba odgovorna za točnost podataka

Anamarija Dellavia, mag. ing.

ime i prezime

M. P.

Odgovorna osoba korisnika

Vedran Gaće, dipl. ing.

ime i prezime

Obrazac B2 – OČEVIDNIK ISPITIVANJA KOMPOZITNIH UZORAKA

Naš broj: 1. kvartal/2019 Datum: 10.04.2019.

Naziv onečišćivača: **HEP PROIZVODNJA, Pogon EL-TO Zagreb**

Adresa sjedišta: Ulica i kućni br.: Ulica grada Vukovara 37 OIB: 09518585079
 Naselje: _____ MBPS (DZS): 1643983

Naziv lokacije onečišćivača: **Pogon EL-TO Zagreb**

Adresa lokacije: Ulica i kućni br.: Zagorska 1 RBDPS (DZS): _____
 Naselje: Trešnjevka
 Kontakt osoba na lokaciji: Ime i prezime: Anamarija Dellavia Tel: 01 3037 909
 E-mail: anamarija.dellavia@hep.hr Mob: _____

Podaci o ispustu: Naziv ispusta: OKNO 2 – Jug Koordinate N 5074155.0
 Oznaka točke ispuštanja E 457107.0
 ispusta: OKNO 2 – Jug (HTRS96/TM):

Podaci o mjernom oknu: Vrsta mj. okna: Izlaz – kakvoća Koordinate N 5074155.0
 ID mj. okna: _____ (HTRS96/TM): E 457107.0

OPĆI PODACI			
1	Laboratorij – naziv	NZ JZ DR Andrija Štampar	
2	Analitički broj izvješća o ispitivanju	05102 209/19	
3	Datum izvješća o ispitivanju (dd.:mm:gggg)	29.03.2019.	
4	Datum uzorkovanja (dd.:mm:gggg)	13.03.2019.	
5	Početak uzorkovanja (hh:min)	8,10	
6	Trajanje uzorkovanja (h)	4	
7	Frekvencija uzorkovanja (h)	1	
8	Vremenski uvjeti tijekom uzorkovanja	bez oborina	
9	Vremenski uvjeti prethodni dan	bez oborina	
10	Prosječna temperatura zraka tijekom uzorkovanja (°C)	5,0	
11	Trajanje ispuštanja otpadnih voda u satima/dan		
12	Srednji protok tijekom uzorkovanja otpadnih voda u m ³ /h	0,34	
13	Maksimalni protok tijekom uzorkovanja otpadnih voda u m ³ /h	0,00	
14	Minimalni protok tijekom uzorkovanja otpadnih voda u m ³ /h	0,00	
15	Način utvrđivanja protoka otpadnih voda u vremenu uzorkovanja	Ugrađeni mjerni uređaj	
REZULTATI ISPITIVANJA OTPADNIH VODA			
	Pokazatelj	Mjerna jedinica	Rezultat
1	pH vrijednost	–	8,3
2	Temperatura vode	°C	26,1
3	Boja	–	bez
4	Miris	–	bez
5	Krupne tvari	–	bez
6	Suhi ostatak ukupni 105 °C	mg/l	106,0000
7	Taložive tvari	ml/l/h	0,3000
8	Ukupne suspendirane tvari	mg/l	18,0000
9	Otopljeni kisik	mgO ₂ /l	6,1800
10	BPK ₅	mgO ₂ /l	6,0000
11	KPK-Cr	mgO ₂ /l	22,0000
12	Kloridi	mg/l	24,0000
13	Krom	mg/l	< 0,03

14	Adsorbilni aromatski ugljikovodici (AOX)	mg/l	< 0,02
15	Bakar	mg/l	< 0,05
16	Cink	mg/l	< 0,050
17	Nikal	mg/l	< 0,05
18	Vanadij	mg/l	0,0300
19	Teško hlapljive lipofilne tvari	mg/l	6,7500
20	Olovo	mg/l	< 0,05
21	Kadmij	mg/l	< 0,03
22	Ukupni fenoli	mg/l	0,0020
23	Lakohlapljivi aromatski ugljikovodici (BTX)	mg/l	< 0,005
24	Arsen	mg/l	< 0,001
25	Živa	mg/l	< 0,001
26	Flouridi	mg/l	< 0,2
27	Ukupni dušik	mg/l	3,3000
28	Ukupni fosfor	mg/l	0,3400

Pod materijalnom i kaznenom odgovornošću izjavljujemo da su podaci u ovom očevidniku vjerodostojni, istiniti i istovjetni podacima dostavljenim na očevidniku u elektroničkom obliku.

Osoba odgovorna za točnost podataka

Anamarija Dellavia, mag. ing.

ime i prezime

M. P.

Odgovorna osoba korisnika

mr.sc. Krešimir Komljenović, dipl. ing.

ime i prezime

Obrazac B2 – OČEVIDNIK ISPITIVANJA KOMPOZITNIH UZORAKA

Naš broj: 2. kvartal/ 2019 Datum: 06.09.2019.

Naziv onečišćivača: **HEP PROIZVODNJA, Pogon EL-TO Zagreb**

Adresa sjedišta: Ulica i kućni br.: Ulica grada Vukovara 37 OIB: 09518585079
 Naselje: _____ MBPS (DZS): 1643983

Naziv lokacije onečišćivača: **Pogon EL-TO Zagreb**

Adresa lokacije: Ulica i kućni br.: Zagorska 1 RBDPS (DZS): _____
 Naselje: Trešnjevka
 Kontakt osoba na lokaciji: Ime i prezime: Anamarija Dellavia Tel: 01 3037 909
 E-mail: anamarija.dellavia@hep.hr Mob: _____

Podaci o ispustu: Naziv ispusta: OKNO 2 – Jug Koordinate N 5074155.0
 Oznaka točke ispuštanja E 457107.0
 ispusta: OKNO 2 – Jug (HTRS96/TM):

Podaci o mjernom oknu: Vrsta mj. okna: Izlaz – kakvoća Koordinate N 5074155.0
 ID mj. okna: _____ (HTRS96/TM): E 457107.0

OPĆI PODACI			
1	Laboratorij – naziv	NZ JZ DR Andrija Štampar	
2	Analitički broj izvješća o ispitivanju	05102 602/19	
3	Datum izvješća o ispitivanju (dd.:mm:gggg)	11.07.2019.	
4	Datum uzorkovanja (dd.:mm:gggg)	19.06.2019.	
5	Početak uzorkovanja (hh:min)	8,00	
6	Trajanje uzorkovanja (h)	4	
7	Frekvencija uzorkovanja (h)	1	
8	Vremenski uvjeti tijekom uzorkovanja	bez oborina	
9	Vremenski uvjeti prethodni dan	bez oborina	
10	Prosječna temperatura zraka tijekom uzorkovanja (°C)	22,5	
11	Trajanje ispuštanja otpadnih voda u satima/dan	/	
12	Srednji protok tijekom uzorkovanja otpadnih voda u m ³ /h	1,44	
13	Maksimalni protok tijekom uzorkovanja otpadnih voda u m ³ /h	0,00	
14	Minimalni protok tijekom uzorkovanja otpadnih voda u m ³ /h	0,00	
15	Način utvrđivanja protoka otpadnih voda u vremenu uzorkovanja	Ugrađeni mjerni uređaj	
REZULTATI ISPITIVANJA OTPADNIH VODA			
	Pokazatelj	Mjerna jedinica	Rezultat
1	pH vrijednost	–	8,0
2	Temperatura vode	°C	26,3
3	Boja	–	bez
4	Miris	–	bez
5	Krupne tvari	–	bez
6	Suhi ostatak ukupni 105 °C	mg/l	101,0000
7	Taložive tvari	ml/l/h	< 0,1
8	Ukupne suspendirane tvari	mg/l	4,6000
9	Otopljeni kisik	mgO ₂ /l	6,7200
10	BPK ₅	mgO ₂ /l	2,7000
11	KPK-Cr	mgO ₂ /l	< 15
12	Kloridi	mg/l	11,0000
13	Krom	mg/l	< 0,03

14	Adsorbilni aromatski ugljikovodici (AOX)	mg/l	< 0,02
15	Bakar	mg/l	< 0,05
16	Cink	mg/l	< 0,050
17	Nikal	mg/l	< 0,05
18	Vanadij	mg/l	0,0300
19	Teško hlapljive lipofilne tvari	mg/l	6,3800
20	Olovo	mg/l	< 0,05
21	Kadmij	mg/l	< 0,03
22	Ukupni fenoli	mg/l	< 0 002
23	Lakohlapljivi aromatski ugljikovodici (BTX)	mg/l	< 0,005
24	Arsen	mg/l	< 0,001
25	Živa	mg/l	< 0,001
26	Flouridi	mg/l	< 0,2
27	Ukupni dušik	mg/l	4,2000
28	Ukupni fosfor	mg/l	0,2000

Pod materijalnom i kaznenom odgovornošću izjavljujemo da su podaci u ovom očevidniku vjerodostojni, istiniti i istovjetni podacima dostavljenim na očevidniku u elektroničkom obliku.

Osoba odgovorna za točnost podataka

Anamarija Dellavia, mag. ing.

ime i prezime

M. P.

Odgovorna osoba korisnika

Vedran Gaće, dipl. ing.

ime i prezime

Obrazac B2 – OČEVIDNIK ISPITIVANJA KOMPOZITNIH UZORAKA

Naš broj: 3. kvartal/ 2019 Datum: 18.10.2019.

Naziv onečišćivača: **HEP PROIZVODNJA, Pogon EL-TO Zagreb**

Adresa sjedišta: Ulica i kućni br.: Ulica grada Vukovara 37 OIB: 09518585079
 Naselje: _____ MBPS (DZS): 1643983

Naziv lokacije onečišćivača: **Pogon EL-TO Zagreb**

Adresa lokacije: Ulica i kućni br.: Zagorska 1 RBDPS (DZS): _____
 Naselje: Trešnjevka
 Kontakt osoba na lokaciji: Ime i prezime: Anamarija Dellavia Tel: 01 3037 909
 E-mail: anamarija.dellavia@hep.hr Mob: _____

Podaci o ispustu: Naziv ispusta: OKNO 2 – Jug Koordinate N 5074155.0
 Oznaka točke ispuštanja E 457107.0
 ispusta: OKNO 2 – Jug (HTRS96/TM):

Podaci o mjernom oknu: Vrsta mj. okna: Izlaz – kakvoća Koordinate N 5074155.0
 ID mj. okna: _____ (HTRS96/TM): E 457107.0

OPĆI PODACI			
1	Laboratorij – naziv	NZ JZ DR Andrija Štampar	
2	Analitički broj izvješća o ispitivanju	05102 880/19.	
3	Datum izvješća o ispitivanju (dd.:mm:gggg)	02.10.2019.	
4	Datum uzorkovanja (dd.:mm:gggg)	10.09.2019.	
5	Početak uzorkovanja (hh:min)	8,00	
6	Trajanje uzorkovanja (h)	4	
7	Frekvencija uzorkovanja (h)	1	
8	Vremenski uvjeti tijekom uzorkovanja	bez oborina	
9	Vremenski uvjeti prethodni dan	bez oborina	
10	Prosječna temperatura zraka tijekom uzorkovanja (°C)	17,0	
11	Trajanje ispuštanja otpadnih voda u satima/dan	/	
12	Srednji protok tijekom uzorkovanja otpadnih voda u m ³ /h	1,32	
13	Maksimalni protok tijekom uzorkovanja otpadnih voda u m ³ /h	0,00	
14	Minimalni protok tijekom uzorkovanja otpadnih voda u m ³ /h	0,00	
15	Način utvrđivanja protoka otpadnih voda u vremenu uzorkovanja	Ugrađeni mjerni uređaj	
REZULTATI ISPITIVANJA OTPADNIH VODA			
	Pokazatelj	Mjerna jedinica	Rezultat
1	pH vrijednost	–	7,3
2	Temperatura vode	°C	22,3
3	Boja	–	bez
4	Miris	–	bez
5	Krupne tvari	–	bez
6	Suhi ostatak ukupni 105 °C	mg/l	76,0000
7	Taložive tvari	ml/l/h	< 0,1
8	Ukupne suspendirane tvari	mg/l	12,0000
9	Otopljeni kisik	mgO ₂ /l	8,2100
10	BPK ₅	mgO ₂ /l	3,8000
11	KPK-Cr	mgO ₂ /l	< 15
12	Kloridi	mg/l	14,0000
13	Krom	mg/l	< 0,03

14	Adsorbilni aromatski ugljikovodici (AOX)	mg/l	< 0,02
15	Bakar	mg/l	0,1200
16	Cink	mg/l	< 0,050
17	Nikal	mg/l	< 0,05
18	Vanadij	mg/l	0,0200
19	Teško hlapljive lipofilne tvari	mg/l	8,0500
20	Olovo	mg/l	< 0,05
21	Kadmij	mg/l	< 0,03
22	Ukupni fenoli	mg/l	< 0 002
23	Lakohlapljivi aromatski ugljikovodici (BTX)	mg/l	< 0,005
24	Arsen	mg/l	< 0,001
25	Živa	mg/l	< 0,001
26	Flouridi	mg/l	< 0,2
27	Ukupni dušik	mg/l	3,5000
28	Ukupni fosfor	mg/l	0,1100

Pod materijalnom i kaznenom odgovornošću izjavljujemo da su podaci u ovom očevidniku vjerodostojni, istiniti i istovjetni podacima dostavljenim na očevidniku u elektroničkom obliku.

Osoba odgovorna za točnost podataka

Anamarija Dellavia, mag. ing.

ime i prezime

M. P.

Odgovorna osoba korisnika

Vedran Gaće, dipl. ing.

ime i prezime

Obrazac B2 – OČEVIDNIK ISPITIVANJA KOMPOZITNIH UZORAKA

Naš broj: 4. kvartal/ 2019 Datum: 10.01.2020.

Naziv onečišćivača: **HEP PROIZVODNJA, Pogon EL-TO Zagreb**

Adresa sjedišta: Ulica i kućni br.: Ulica grada Vukovara 37 OIB: 09518585079
 Naselje: _____ MBPS (DZS): 1643983

Naziv lokacije onečišćivača: **Pogon EL-TO Zagreb**

Adresa lokacije: Ulica i kućni br.: Zagorska 1 RBDPS (DZS): _____
 Naselje: Trešnjevka
 Kontakt osoba na lokaciji: Ime i prezime: Anamarija Dellavia Tel: 01 3037 909
 E-mail: anamarija.dellavia@hep.hr Mob: _____

Podaci o ispustu: Naziv ispusta: OKNO 2 – Jug Koordinate N 5074155.0
 Oznaka točke ispuštanja E 457107.0
 ispusta: OKNO 2 – Jug (HTRS96/TM):

Podaci o mjernom oknu: Vrsta mj. okna: Izlaz – kakvoća Koordinate N 5074155.0
 ID mj. okna: _____ (HTRS96/TM): E 457107.0

OPĆI PODACI			
1	Laboratorij – naziv	NZ JZ DR Andrija Štampar	
2	Analitički broj izvješća o ispitivanju	05102 1455/19	
3	Datum izvješća o ispitivanju (dd.:mm:gggg)	03.01.2020.	
4	Datum uzorkovanja (dd.:mm:gggg)	18.12.2019.	
5	Početak uzorkovanja (hh:min)	8,00	
6	Trajanje uzorkovanja (h)	4	
7	Frekvencija uzorkovanja (h)	1	
8	Vremenski uvjeti tijekom uzorkovanja	bez oborina	
9	Vremenski uvjeti prethodni dan	bez oborina	
10	Prosječna temperatura zraka tijekom uzorkovanja (°C)	14,0	
11	Trajanje ispuštanja otpadnih voda u satima/dan	/	
12	Srednji protok tijekom uzorkovanja otpadnih voda u m ³ /h	0,50	
13	Maksimalni protok tijekom uzorkovanja otpadnih voda u m ³ /h	/	
14	Minimalni protok tijekom uzorkovanja otpadnih voda u m ³ /h	/	
15	Način utvrđivanja protoka otpadnih voda u vremenu uzorkovanja	Ugrađeni mjerni uređaj	
REZULTATI ISPITIVANJA OTPADNIH VODA			
	Pokazatelj	Mjerna jedinica	Rezultat
1	pH vrijednost	–	7,9
2	Temperatura vode	°C	19,1
3	Boja	–	mutna
4	Miris	–	bez
5	Krupne tvari	–	bez
6	Suhi ostatak ukupni 105 °C	mg/l	193,0000
7	Taložive tvari	ml/l/h	< 0,1
8	Ukupne suspendirane tvari	mg/l	29,0000
9	Otopljeni kisik	mgO ₂ /l	6,0700
10	BPK ₅	mgO ₂ /l	5,1000
11	KPK-Cr	mgO ₂ /l	20,0000
12	Kloridi	mg/l	27,0000
13	Krom	mg/l	< 0,03

14	Adsorbilni aromatski ugljikovodici (AOX)	mg/l	0,1000
15	Bakar	mg/l	< 0,05
16	Cink	mg/l	< 0,050
17	Nikal	mg/l	< 0,05
18	Vanadij	mg/l	0,0120
19	Teško hlapljive lipofilne tvari	mg/l	4,4400
20	Olovo	mg/l	< 0,05
21	Kadmij	mg/l	< 0,03
22	Ukupni fenoli	mg/l	0,0020
23	Lakohlapljivi aromatski ugljikovodici (BTX)	mg/l	< 0,005
24	Arsen	mg/l	< 0,001
25	Živa	mg/l	< 0,001
26	Flouridi	mg/l	< 0,2
27	Ukupni dušik	mg/l	5,6000
28	Ukupni fosfor	mg/l	0,3000

Pod materijalnom i kaznenom odgovornošću izjavljujemo da su podaci u ovom očevidniku vjerodostojni, istiniti i istovjetni podacima dostavljenim na očevidniku u elektroničkom obliku.

Osoba odgovorna za točnost podataka

Anamarija Dellavia, mag. ing.

ime i prezime

M. P.

Odgovorna osoba korisnika

Vedran Gaće, dipl. ing.

ime i prezime

Obrazac B2 – OČEVIDNIK ISPITIVANJA KOMPOZITNIH UZORAKA

Naš broj: 4. kvartal/2020 Datum: 21.01.2021.

Naziv onečišćivača: **HEP PROIZVODNJA, Pogon EL-TO Zagreb**

Adresa sjedišta: Ulica i kućni br.: Ulica grada Vukovara 37 OIB: 09518585079
 Naselje: _____ MBPS (DZS): 1643983

Naziv lokacije onečišćivača: **Pogon EL-TO Zagreb**

Adresa lokacije: Ulica i kućni br.: Zagorska 1 RBDPS (DZS): _____
 Naselje: Trešnjevka
 Kontakt osoba na lokaciji: Ime i prezime: Anamarija Dellavia Tel: 01 3037 909
 E-mail: anamarija.dellavia@hep.hr Mob: _____

Podaci o ispustu: Naziv ispusta: OKNO 2 – Jug Koordinate N 5074155.0
 Oznaka točke ispuštanja E 457107.0
 ispusta: OKNO 2 – Jug (HTRS96/TM):

Podaci o mjernom oknu: Vrsta mj. okna: Izlaz – kakvoća Koordinate N 5074155.0
 ID mj. okna: _____ (HTRS96/TM): E 457107.0

OPĆI PODACI			
1	Laboratorij – naziv	NZ JZ DR Andrija Štampar	
2	Analitički broj izvješća o ispitivanju	05102 1380/20	
3	Datum izvješća o ispitivanju (dd.:mm:gggg)	20.01.2021.	
4	Datum uzorkovanja (dd.:mm:gggg)	30.12.2021.	
5	Početak uzorkovanja (hh:min)	8,00	
6	Trajanje uzorkovanja (h)	4	
7	Frekvencija uzorkovanja (h)	1	
8	Vremenski uvjeti tijekom uzorkovanja	bez oborina	
9	Vremenski uvjeti prethodni dan	bez oborina	
10	Prosječna temperatura zraka tijekom uzorkovanja (°C)	6,0	
11	Trajanje ispuštanja otpadnih voda u satima/dan	0,00	
12	Srednji protok tijekom uzorkovanja otpadnih voda u m ³ /h	0,74	
13	Maksimalni protok tijekom uzorkovanja otpadnih voda u m ³ /h	0,00	
14	Minimalni protok tijekom uzorkovanja otpadnih voda u m ³ /h	0,00	
15	Način utvrđivanja protoka otpadnih voda u vremenu uzorkovanja	Ugrađeni mjerni uređaj	
REZULTATI ISPITIVANJA OTPADNIH VODA			
	Pokazatelj	Mjerna jedinica	Rezultat
1	pH vrijednost	–	8,0
2	Temperatura vode	°C	27,5
3	Boja	–	bez
4	Miris	–	bez
5	Krupne tvari	–	bez
6	Suhi ostatak ukupni 105 °C	mg/l	126,0000
7	Taložive tvari	ml/l/h	0,4000
8	Ukupne suspendirane tvari	mg/l	16,0000
9	Otopljeni kisik	mgO ₂ /l	7,1800
10	BPK ₅	mgO ₂ /l	3,3000
11	KPK-Cr	mgO ₂ /l	< 15
12	Kloridi	mg/l	14,0000
13	Krom	mg/l	< 0,050

14	Adsorbilni aromatski ugljikovodici (AOX)	mg/l	< 0,02
15	Bakar	mg/l	0,0500
16	Cink	mg/l	0,1200
17	Nikal	mg/l	< 0,050
18	Vanadij	mg/l	0,0300
19	Teško hlapljive lipofilne tvari	mg/l	11,5000
20	Olovo	mg/l	< 0,050
21	Kadmij	mg/l	< 0,020
22	Ukupni fenoli	mg/l	< 0,002
23	Lakohlapljivi aromatski ugljikovodici (BTX)	mg/l	< 0,0050
24	Arsen	mg/l	< 0,020
25	Živa	mg/l	< 0,001
26	Flouridi	mg/l	< 0,2
27	Ukupni dušik	mg/l	2,7000
28	Ukupni fosfor	mg/l	0,1100

Pod materijalnom i kaznenom odgovornošću izjavljujemo da su podaci u ovom očevidniku vjerodostojni, istiniti i istovjetni podacima dostavljenim na očevidniku u elektroničkom obliku.

Osoba odgovorna za točnost podataka

Anamarija Dellavia, mag. ing.

ime i prezime

M. P.

Odgovorna osoba korisnika

Vedran Gaće, dipl. ing.

ime i prezime

Obrazac B2 – OČEVIDNIK ISPITIVANJA KOMPOZITNIH UZORAKA

Naš broj: 3. kvartal/2020 Datum: 03.11.2020.

Naziv onečišćivača: **HEP PROIZVODNJA, Pogon EL-TO Zagreb**

Adresa sjedišta: Ulica i kućni br.: Ulica grada Vukovara 37 OIB: 09518585079
 Naselje: _____ MBPS (DZS): 1643983

Naziv lokacije onečišćivača: **Pogon EL-TO Zagreb**

Adresa lokacije: Ulica i kućni br.: Zagorska 1 RBDPS (DZS): _____
 Naselje: Trešnjevka
 Kontakt osoba na lokaciji: Ime i prezime: Anamarija Dellavia Tel: 01 3037 909
 E-mail: anamarija.dellavia@hep.hr Mob: _____

Podaci o ispustu: Naziv ispusta: OKNO 2 – Jug Koordinate N 5074155.0
 Oznaka točke ispuštanja E 457107.0
 ispusta: OKNO 2 – Jug (HTRS96/TM):

Podaci o mjernom oknu: Vrsta mj. okna: Izlaz – kakvoća Koordinate N 5074155.0
 ID mj. okna: _____ (HTRS96/TM): E 457107.0

OPĆI PODACI			
1	Laboratorij – naziv	NZ JZ DR Andrija Štampar	
2	Analitički broj izvješća o ispitivanju	05102 988/20	
3	Datum izvješća o ispitivanju (dd.:mm:gggg)	27.10.2020.	
4	Datum uzorkovanja (dd.:mm:gggg)	30.09.2020.	
5	Početak uzorkovanja (hh:min)	8,00	
6	Trajanje uzorkovanja (h)	4	
7	Frekvencija uzorkovanja (h)	1	
8	Vremenski uvjeti tijekom uzorkovanja	bez oborina	
9	Vremenski uvjeti prethodni dan	bez oborina	
10	Prosječna temperatura zraka tijekom uzorkovanja (°C)	14,0	
11	Trajanje ispuštanja otpadnih voda u satima/dan	0,00	
12	Srednji protok tijekom uzorkovanja otpadnih voda u m ³ /h	0,43	
13	Maksimalni protok tijekom uzorkovanja otpadnih voda u m ³ /h	0,00	
14	Minimalni protok tijekom uzorkovanja otpadnih voda u m ³ /h	0,00	
15	Način utvrđivanja protoka otpadnih voda u vremenu uzorkovanja	Ugrađeni mjerni uređaj	
REZULTATI ISPITIVANJA OTPADNIH VODA			
	Pokazatelj	Mjerna jedinica	Rezultat
1	pH vrijednost	–	7,8
2	Temperatura vode	°C	22,3
3	Boja	–	bez
4	Miris	–	bez
5	Krupne tvari	–	bez
6	Suhi ostatak ukupni 105 °C	mg/l	102,0000
7	Taložive tvari	ml/l/h	0,1000
8	Ukupne suspendirane tvari	mg/l	16,0000
9	Otopljeni kisik	mgO ₂ /l	7,7600
10	BPK ₅	mgO ₂ /l	6,4000
11	KPK-Cr	mgO ₂ /l	18,0000
12	Kloridi	mg/l	12,0000
13	Krom	mg/l	< 0,050

14	Adsorbilni aromatski ugljikovodici (AOX)	mg/l	< 0,02
15	Bakar	mg/l	0,1200
16	Cink	mg/l	0,0800
17	Nikal	mg/l	< 0,050
18	Vanadij	mg/l	0,0900
19	Teško hlapljive lipofilne tvari	mg/l	5,0000
20	Olovo	mg/l	< 0,050
21	Kadmij	mg/l	< 0,020
22	Ukupni fenoli	mg/l	/
23	Lakohlapljivi aromatski ugljikovodici (BTX)	mg/l	< 0,0050
24	Arsen	mg/l	< 0,020
25	Živa	mg/l	< 0,001
26	Flouridi	mg/l	< 0,2
27	Ukupni dušik	mg/l	8,1000
28	Ukupni fosfor	mg/l	0,3300

Pod materijalnom i kaznenom odgovornošću izjavljujemo da su podaci u ovom očevidniku vjerodostojni, istiniti i istovjetni podacima dostavljenim na očevidniku u elektroničkom obliku.

Osoba odgovorna za točnost podataka

Anamarija Dellavia, mag. ing.

ime i prezime

M. P.

Odgovorna osoba korisnika

Vedran Gaće, dipl. ing.

ime i prezime

Obrazac B2 – OČEVIDNIK ISPITIVANJA KOMPOZITNIH UZORAKA

Naš broj: 1. kvartal/2020 Datum: 07.04.2020.

Naziv onečišćivača: **HEP PROIZVODNJA, Pogon EL-TO Zagreb**

Adresa sjedišta: Ulica i kućni br.: Ulica grada Vukovara 37 OIB: 09518585079
 Naselje: _____ MBPS (DZS): 1643983

Naziv lokacije onečišćivača: **Pogon EL-TO Zagreb**

Adresa lokacije: Ulica i kućni br.: Zagorska 1 RBDPS (DZS): _____
 Naselje: Trešnjevka
 Kontakt osoba na lokaciji: Ime i prezime: Anamarija Dellavia Tel: 01 3037 909
 E-mail: anamarija.dellavia@hep.hr Mob: _____

Podaci o ispustu: Naziv ispusta: OKNO 2 – Jug Koordinate N 5074155.0
 Oznaka točke ispuštanja E 457107.0
 ispusta: OKNO 2 – Jug (HTRS96/TM):

Podaci o mjernom oknu: Vrsta mj. okna: Izlaz – kakvoća Koordinate N 5074155.0
 ID mj. okna: _____ (HTRS96/TM): E 457107.0

OPĆI PODACI			
1	Laboratorij – naziv	NZ JZ DR Andrija Štampar	
2	Analitički broj izvješća o ispitivanju	05102286/20	
3	Datum izvješća o ispitivanju (dd.:mm:gggg)	25.03.2020.	
4	Datum uzorkovanja (dd.:mm:gggg)	25.03.2020.	
5	Početak uzorkovanja (hh:min)	8,00	
6	Trajanje uzorkovanja (h)	4	
7	Frekvencija uzorkovanja (h)	1	
8	Vremenski uvjeti tijekom uzorkovanja	slaba kiša	
9	Vremenski uvjeti prethodni dan	bez oborina	
10	Prosječna temperatura zraka tijekom uzorkovanja (°C)	1,0	
11	Trajanje ispuštanja otpadnih voda u satima/dan	0,00	
12	Srednji protok tijekom uzorkovanja otpadnih voda u m ³ /h	0,5,4	
13	Maksimalni protok tijekom uzorkovanja otpadnih voda u m ³ /h	0,00	
14	Minimalni protok tijekom uzorkovanja otpadnih voda u m ³ /h	0,00	
15	Način utvrđivanja protoka otpadnih voda u vremenu uzorkovanja	Ugrađeni mjerni uređaj	
REZULTATI ISPITIVANJA OTPADNIH VODA			
	Pokazatelj	Mjerna jedinica	Rezultat
1	pH vrijednost	–	8,1
2	Temperatura vode	°C	19,7
3	Boja	–	bez
4	Miris	–	bez
5	Krupne tvari	–	bez
6	Suhi ostatak ukupni 105 °C	mg/l	101,0000
7	Taložive tvari	ml/l/h	< 0,1
8	Ukupne suspendirane tvari	mg/l	5,2000
9	Otopljeni kisik	mgO ₂ /l	8,8000
10	BPK ₅	mgO ₂ /l	3,7000
11	KPK-Cr	mgO ₂ /l	< 15,0
12	Kloridi	mg/l	15,0000
13	Krom	mg/l	< 0,03

14	Adsorbilni aromatski ugljikovodici (AOX)	mg/l	0,0200
15	Bakar	mg/l	< 0,05
16	Cink	mg/l	< 0,050
17	Nikal	mg/l	< 0,05
18	Vanadij	mg/l	0,0100
19	Teško hlapljive lipofilne tvari	mg/l	5,4100
20	Olovo	mg/l	< 0,05
21	Kadmij	mg/l	< 0,03
22	Ukupni fenoli	mg/l	0,0070
23	Lakohlapljivi aromatski ugljikovodici (BTX)	mg/l	< 0,005
24	Arsen	mg/l	< 0,001
25	Živa	mg/l	< 0,001
26	Flouridi	mg/l	< 0,2
27	Ukupni dušik	mg/l	2,0000
28	Ukupni fosfor	mg/l	0,0690

Pod materijalnom i kaznenom odgovornošću izjavljujemo da su podaci u ovom očevidniku vjerodostojni, istiniti i istovjetni podacima dostavljenim na očevidniku u elektroničkom obliku.

Osoba odgovorna za točnost podataka

Anamarija Dellavia, mag. ing.

ime i prezime

M. P.

Odgovorna osoba korisnika

Vedran Gaće, dipl. ing.

ime i prezime

Obrazac B2 – OČEVIDNIK ISPITIVANJA KOMPOZITNIH UZORAKA

Naš broj: 4. kvartal/ 2020 Datum: 20.01.2021.

Naziv onečišćivača: **HEP PROIZVODNJA, Pogon EL-TO Zagreb**

Adresa sjedišta: Ulica i kućni br.: Ulica grada Vukovara 37 OIB: 09518585079
 Naselje: _____ MBPS (DZS): 1643983

Naziv lokacije onečišćivača: **Pogon EL-TO Zagreb**

Adresa lokacije: Ulica i kućni br.: Zagorska 1 RBDPS (DZS): _____
 Naselje: Trešnjevka
 Kontakt osoba na lokaciji: Ime i prezime: Anamarija Dellavia Tel: 01 3037 909
 E-mail: anamarija.dellavia@hep.hr Mob: _____

Podaci o ispustu: Naziv ispusta: OKNO 1 – Istok Koordinate N 5074155.0
 Oznaka točke ispuštanja E 457107.0
 ispusta: OKNO 1 – Istok (HTRS96/TM):

Podaci o mjernom oknu: Vrsta mj. okna: Izlaz – kakvoća Koordinate N 5074155.0
 ID mj. okna: _____ (HTRS96/TM): E 457107.0

OPĆI PODACI			
1	Laboratorij – naziv	NZ JZ DR Andrija Štampar	
2	Analitički broj izvješća o ispitivanju	05102 1379/20	
3	Datum izvješća o ispitivanju (dd.:mm:gggg)	20.01.2021.	
4	Datum uzorkovanja (dd.:mm:gggg)	29.12.2020.	
5	Početak uzorkovanja (hh:min)	8,00	
6	Trajanje uzorkovanja (h)	24	
7	Frekvencija uzorkovanja (h)	1	
8	Vremenski uvjeti tijekom uzorkovanja	bez oborina	
9	Vremenski uvjeti prethodni dan	bez oborina	
10	Prosječna temperatura zraka tijekom uzorkovanja (°C)	6,0	
11	Trajanje ispuštanja otpadnih voda u satima/dan	24,00	
12	Srednji protok tijekom uzorkovanja otpadnih voda u m ³ /h	4,42	
13	Maksimalni protok tijekom uzorkovanja otpadnih voda u m ³ /h	0,00	
14	Minimalni protok tijekom uzorkovanja otpadnih voda u m ³ /h	0,00	
15	Način utvrđivanja protoka otpadnih voda u vremenu uzorkovanja	Ugrađeni mjerni uređaj	
REZULTATI ISPITIVANJA OTPADNIH VODA			
	Pokazatelj	Mjerna jedinica	Rezultat
1	pH vrijednost	–	8,0
2	Temperatura vode	°C	7,4
3	Boja	–	bez
4	Miris	–	bez
5	Krupne tvari	–	bez
6	Suhi ostatak ukupni 105 °C	mg/l	432,0000
7	Taložive tvari	ml/l/h	0,1000
8	Ukupne suspendirane tvari	mg/l	12,0000
9	Otopljeni kisik	mgO ₂ /l	9,0800
10	BPK ₅	mgO ₂ /l	3,2000
11	KPK-Cr	mgO ₂ /l	< 15,0
12	Kloridi	mg/l	39,0000
13	Krom	mg/l	0,0500

14	Adsorbilni aromatski ugljikovodici (AOX)	mg/l	< 0,02
15	Bakar	mg/l	< 0,050
16	Cink	mg/l	0,0700
17	Nikal	mg/l	< 0,050
18	Vanadij	mg/l	< 0,010
19	Teško hlapljive lipofilne tvari	mg/l	0,6700
20	Olovo	mg/l	< 0,050
21	Kadmij	mg/l	< 0,020
22	Ukupni fenoli	mg/l	< 0,002
23	Lakohlapljivi aromatski ugljikovodici (BTX)	mg/l	< 0,0050
24	Arsen	mg/l	< 0,020
25	Živa	mg/l	< 0,001
26	Flouridi	mg/l	0,2100
27	Ukupni dušik	mg/l	5,7000
28	Ukupni fosfor	mg/l	0,1000

Pod materijalnom i kaznenom odgovornošću izjavljujemo da su podaci u ovom očevidniku vjerodostojni, istiniti i istovjetni podacima dostavljenim na očevidniku u elektroničkom obliku.

Osoba odgovorna za točnost podataka

Anamarija Dellavia, mag. ing.

ime i prezime

M. P.

Odgovorna osoba korisnika

Vedran Gaće, dipl. ing.

ime i prezime

Obrazac B2 – OČEVIDNIK ISPITIVANJA KOMPOZITNIH UZORAKA

Naš broj: 3. kvartal/2020 Datum: 03.11.2020.

Naziv onečišćivača: **HEP PROIZVODNJA, Pogon EL-TO Zagreb**

Adresa sjedišta: Ulica i kućni br.: Ulica grada Vukovara 37 OIB: 09518585079
 Naselje: _____ MBPS (DZS): 1643983

Naziv lokacije onečišćivača: **Pogon EL-TO Zagreb**

Adresa lokacije: Ulica i kućni br.: Zagorska 1 RBDPS (DZS): _____
 Naselje: Trešnjevka
 Kontakt osoba na lokaciji: Ime i prezime: Anamarija Dellavia Tel: 01 3037 909
 E-mail: anamarija.dellavia@hep.hr Mob: _____

Podaci o ispustu: Naziv ispusta: OKNO 1 – Istok Koordinate N 5074155.0
 Oznaka točke ispuštanja E 457107.0
 ispusta: OKNO 1 – Istok (HTRS96/TM):

Podaci o mjernom oknu: Vrsta mj. okna: Izlaz – kakvoća Koordinate N 5074155.0
 ID mj. okna: _____ (HTRS96/TM): E 457107.0

OPĆI PODACI			
1	Laboratorij – naziv	NZ JZ DR Andrija Štampar	
2	Analitički broj izvješća o ispitivanju	05102 987/20	
3	Datum izvješća o ispitivanju (dd.:mm:gggg)	27.10.2020.	
4	Datum uzorkovanja (dd.:mm:gggg)	30.09.2020.	
5	Početak uzorkovanja (hh:min)	8,00	
6	Trajanje uzorkovanja (h)	24	
7	Frekvencija uzorkovanja (h)	1	
8	Vremenski uvjeti tijekom uzorkovanja	bez oborina	
9	Vremenski uvjeti prethodni dan	bez oborina	
10	Prosječna temperatura zraka tijekom uzorkovanja (°C)	14,0	
11	Trajanje ispuštanja otpadnih voda u satima/dan	24,00	
12	Srednji protok tijekom uzorkovanja otpadnih voda u m ³ /h	2,97	
13	Maksimalni protok tijekom uzorkovanja otpadnih voda u m ³ /h	0,00	
14	Minimalni protok tijekom uzorkovanja otpadnih voda u m ³ /h	0,00	
15	Način utvrđivanja protoka otpadnih voda u vremenu uzorkovanja	Ugrađeni mjerni uređaj	
REZULTATI ISPITIVANJA OTPADNIH VODA			
	Pokazatelj	Mjerna jedinica	Rezultat
1	pH vrijednost	–	7,8
2	Temperatura vode	°C	19,2
3	Boja	–	bez
4	Miris	–	bez
5	Krupne tvari	–	bez
6	Suhi ostatak ukupni 105 °C	mg/l	426,0000
7	Taložive tvari	ml/l/h	< 0,1
8	Ukupne suspendirane tvari	mg/l	8,0000
9	Otopljeni kisik	mgO ₂ /l	8,2700
10	BPK ₅	mgO ₂ /l	4,7000
11	KPK-Cr	mgO ₂ /l	< 15,0
12	Kloridi	mg/l	46,0000
13	Krom	mg/l	< 0,050

14	Adsorbilni aromatski ugljikovodici (AOX)	mg/l	< 0,02
15	Bakar	mg/l	< 0,050
16	Cink	mg/l	< 0,050
17	Nikal	mg/l	< 0,05
18	Vanadij	mg/l	0,0100
19	Teško hlapljive lipofilne tvari	mg/l	4,5500
20	Olovo	mg/l	< 0,05
21	Kadmij	mg/l	< 0,02
22	Ukupni fenoli	mg/l	/
23	Lakohlapljivi aromatski ugljikovodici (BTX)	mg/l	< 0,005
24	Arsen	mg/l	< 0,020
25	Živa	mg/l	< 0,001
26	Flouridi	mg/l	0,2670
27	Ukupni dušik	mg/l	9,7000
28	Ukupni fosfor	mg/l	0,2800

Pod materijalnom i kaznenom odgovornošću izjavljujemo da su podaci u ovom očevidniku vjerodostojni, istiniti i istovjetni podacima dostavljenim na očevidniku u elektroničkom obliku.

Osoba odgovorna za točnost podataka

Anamarija Dellavia, mag. ing.

ime i prezime

M. P.

Odgovorna osoba korisnika

Vedran Gaće, dipl. ing.

ime i prezime

Obrazac B 2 - OČEVIDNIK ISPITIVANJA KOMPOZITNIH UZORAKA

Naš broj:	2kvartal/ 2020	Datum:	04.07.2020.
Naziv onečišćivača:	HEP PROIZVODNJA , Pogon EL-TO Zagreb		
Adresa sjedišta:	Ulica i kućni br.: <u>Ulica grada Vukovara 37</u>	OIB:	<u>09518585079</u>
	Naselje: _____	MBPS (DZS):	<u>1643983</u>
Naziv lokacije onečišćivača:	Pogon EL-TO Zagreb		
Adresa lokacije:	Ulica i kućni br.: <u>Zagorska 1</u>	RBDPS (DZS):	_____
	Naselje: <u>Trešnjevka</u>		
Kontakt osoba na lokaciji:	Ime i prezime: <u>Anamarija Dellavia</u>	Tel:	<u>01 3037 909</u>
	E-mail: <u>anamarija.dellavia@hep.hr</u>	Mob:	_____
Podaci o ispustu:	Naziv ispusta: <u>OKNO 1 - Istok</u>	Koordinate točke ispuštanja (HTRS96/T M):	N <u>5074288.0</u> E <u>457338.0</u>
	Oznaka ispusta: <u>OKNO 1 - Istok</u>		
Podaci o mjernom oknu:	Vrsta mj. okna: <u>Izlaz - kakvoća</u>	Koordinate mjernog okna (HTRS96/T M):	N <u>5074288.0</u> E <u>457338.0</u>
	ID mj. okna: _____		

OPĆI PODACI			
1	Laboratorij - naziv	NZ JZ DR. Andrija Štampar	
2	Analitički broj izvješća o ispitivanju	05102592/20	
3	Datum izvješća o ispitivanju (dd.:mm:gggg)	04.07.2020.	
4	Datum uzorkovanja (dd.:mm:gggg)	09.06.2020.	
5	Početak uzorkovanja (hh:min)	8,00 h	
6	Trajanje uzorkovanja (h)	24	
7	Frekvencija uzorkovanja (h)	1	
8	Vremenski uvjeti tijekom uzorkovanja	slaba kiša	
9	Vremenski uvjeti prethodni dan	slaba kiša	
10	Prosječna temperatura zraka tijekom uzorkovanja (°C)	15,0	
11	Trajanje ispuštanja otpadnih voda u satima/dan	24,00	
12	Srednji protok tijekom uzorkovanja otpadnih voda u m3/h	2,78	
13	Maksimalni protok tijekom uzorkovanja otpadnih voda u m3/h		
14	Minimalni protok tijekom uzorkovanja otpadnih voda u m3/h		
15	Način utvrđivanja protoka otpadnih voda u vremenu uzorkovanja	Ugrađeni mjerni uređaj	
REZULTATI ISPITIVANJA OTPADNIH VODA			
	Pokazatelj	Mjerna jedinica	Rezultat
1	pH vrijednost	-	7,8
2	Temperatura vode	°C	20,0
3	Boja	-	bez
4	Miris	-	bez
5	Krupne tvari	-	bez
6	Suhi ostatak ukupni 105°C	mg/l	499,0000
7	Taložive tvari	ml/l/h	0,2000
8	Ukupne suspendirane tvari	mg/l	3,8000
9	Otopljeni kisik	mgO2/l	7,9000

10	BPK5	mgO ₂ /l	2,6000
11	KPK-Cr	mgO ₂ /l	<15,0
12	Kloridi	mg/l	64,0000
13	Krom	mg/l	<0,050
14	Bakar	mg/l	<0,050
15	Cink	mg/l	<0,050
16	Nkal	mg/l	<0,050
17	Vanadij	mg/l	<0,010
18	Teško hlapljive lipofilne tvari	mg/l	5,5100
19	Olovo	mg/l	<0,050
20	Kadmij	mg/l	<0,020
21	Ukupni fenoli	mg/l	<0,002
22	Adsorbilni organski halogeni (AOX)	mg/l	0,0400
23	Lakohlapljivi aromatski ugljikovodici (BTX)	mg/l	<0,005
24	Arsen	mg/l	<0,0020
25	Živa	mg/l	<0,001
26	Flouridi	mg/l	<0,2
27	ukupni dušik	mg/l	8,6000
28	ukupni fosfor	mg/l	0,1500

Pod materijalnom i kaznenom odgovornošću izjavljujemo da su podaci u ovom očevidniku vjerodostojni, istiniti i istovjetni podacima dostavljenim na očevidniku u elektroničkom obliku.

Osoba odgovorna za točnost podataka

Anamarija Dellavia, mag.ing.

ime i prezime

M.P.

Odgovorna osoba korisnika

Vedran Gaće, dipl.ing.

ime i prezime

Obrazac B2 – OČEVIDNIK ISPITIVANJA KOMPOZITNIH UZORAKA

Naš broj: 1. kvartal/2020 Datum: 07.04.2020.

Naziv onečišćivača: **HEP PROIZVODNJA, Pogon EL-TO Zagreb**

Adresa sjedišta: Ulica i kućni br.: Ulica grada Vukovara 37 OIB: 09518585079
 Naselje: _____ MBPS (DZS): 1643983

Naziv lokacije onečišćivača: **Pogon EL-TO Zagreb**

Adresa lokacije: Ulica i kućni br.: Zagorska 1 RBDPS (DZS): _____
 Naselje: Trešnjevka
 Kontakt osoba na lokaciji: Ime i prezime: Anamarija Dellavia Tel: 01 3037 909
 E-mail: anamarija.dellavia@hep.hr Mob: _____

Podaci o ispustu: Naziv ispusta: OKNO 1 – Istok Koordinate N 5074288.0
 Oznaka ispusta: OKNO 1 – Istok točke ispuštanja E 457338.0
 (HTRS96/TM):

Podaci o mjernom oknu: Vrsta mj. okna: Izlaz – kakvoća Koordinate N 5074288.0
 ID mj. okna: _____ (HTRS96/TM): E 457338.0

OPĆI PODACI			
1	Laboratorij – naziv	NZ JZ DR. Andrija Štampar	
2	Analitički broj izvješća o ispitivanju	05102 285/20	
3	Datum izvješća o ispitivanju (dd.:mm:gggg)	25.03.2020.	
4	Datum uzorkovanja (dd.:mm:gggg)	25.03.2020.	
5	Početak uzorkovanja (hh:min)	8,00 h	
6	Trajanje uzorkovanja (h)	24	
7	Frekvencija uzorkovanja (h)	1	
8	Vremenski uvjeti tijekom uzorkovanja	slaba kiša	
9	Vremenski uvjeti prethodni dan	bez oborina	
10	Prosječna temperatura zraka tijekom uzorkovanja (°C)	1,0	
11	Trajanje ispuštanja otpadnih voda u satima/dan	24,00	
12	Srednji protok tijekom uzorkovanja otpadnih voda u m ³ /h	3,13	
13	Maksimalni protok tijekom uzorkovanja otpadnih voda u m ³ /h		
14	Minimalni protok tijekom uzorkovanja otpadnih voda u m ³ /h		
15	Način utvrđivanja protoka otpadnih voda u vremenu uzorkovanja	Ugrađeni mjerni uređaj	
REZULTATI ISPITIVANJA OTPADNIH VODA			
	Pokazatelj	Mjerna jedinica	Rezultat
1	pH vrijednost	–	7,9
2	Temperatura vode	°C	17,6
3	Boja	–	bez
4	Miris	–	bez
5	Krupne tvari	–	bez
6	Suhi ostatak ukupni 105 °C	mg/l	272,0000
7	Taložive tvari	ml/l/h	< 0,1
8	Ukupne suspendirane tvari	mg/l	3,4000
9	Otopljeni kisik	mgO ₂ /l	8,8500
10	BPK ₅	mgO ₂ /l	4,7000
11	KPK-Cr	mgO ₂ /l	< 15,0
12	Kloridi	mg/l	35,0000
13	Krom	mg/l	< 0,03

14	Bakar	mg/l	< 0,050
15	Cink	mg/l	< 0,050
16	Nkal	mg/l	< 0,05
17	Vanadij	mg/l	< 0,01
18	Teško hlapljive lipofilne tvari	mg/l	5,1300
19	Olovo	mg/l	< 0,05
20	Kadmij	mg/l	< 0,03
21	Ukupni fenoli	mg/l	0,0030
22	Adsorbilni organski halogeni (AOX)	mg/l	0,0200
23	Lakohlapljivi aromatski ugljikovodici (BTX)	mg/l	< 0,005
24	Arsen	mg/l	< 0,001
25	Živa	mg/l	< 0,001
26	Flouridi	mg/l	< 0,2
27	ukupni dušik	mg/l	6,6000
28	ukupni fosfor	mg/l	0,0770

Pod materijalnom i kaznenom odgovornošću izjavljujemo da su podaci u ovom očevidniku vjerodostojni, istiniti i istovjetni podacima dostavljenim na očevidniku u elektroničkom obliku.

Osoba odgovorna za točnost podataka

Anamarija Dellavia, mag. ing.

ime i prezime

M. P.

Odgovorna osoba korisnika

Vedran Gaće, dipl. ing.

ime i prezime

Obrazac B2 – OČEVIDNIK ISPITIVANJA KOMPOZITNIH UZORAKA

Naš broj: 4. kvartal/ 2021 Datum: 10.01.2022.

Naziv onečišćivača: **HEP PROIZVODNJA, Pogon EL-TO Zagreb**

Adresa sjedišta: Ulica i kućni br.: Ulica grada Vukovara 37 OIB: 09518585079
 Naselje: _____ MBPS (DZS): 1643983

Naziv lokacije onečišćivača: **Pogon EL-TO Zagreb**

Adresa lokacije: Ulica i kućni br.: Zagorska 1 RBDPS (DZS): _____
 Naselje: Trešnjevka
 Kontakt osoba na lokaciji: Ime i prezime: Anamarija Dellavia Tel: 01 3037 909
 E-mail: anamarija.dellavia@hep.hr Mob: _____

Podaci o ispustu: Naziv ispusta: OKNO 1 – Istok Koordinate N 5074288.0
 Oznaka točke ispuštanja E 457338.0
 ispusta: OKNO 1 – Istok (HTRS96/TM):

Podaci o mjernom oknu: Vrsta mj. okna: Izlaz – kakvoća Koordinate N 5074288.0
 ID mj. okna: _____ (HTRS96/TM): E 457338.0

OPĆI PODACI			
1	Laboratorij – naziv	NZ JZ DR. Andrija Štampar	
2	Analitički broj izvješća o ispitivanju	05102 1020/21	
3	Datum izvješća o ispitivanju (dd.:mm:gggg)	28.12.2021.	
4	Datum uzorkovanja (dd.:mm:gggg)	15.12.2021.	
5	Početak uzorkovanja (hh:min)	8,40	
6	Trajanje uzorkovanja (h)	24	
7	Frekvencija uzorkovanja (h)	1	
8	Vremenski uvjeti tijekom uzorkovanja	slaba kiša	
9	Vremenski uvjeti prethodni dan	slaba kiša	
10	Prosječna temperatura zraka tijekom uzorkovanja (°C)	5,0	
11	Trajanje ispuštanja otpadnih voda u satima/dan	24,00	
12	Srednji protok tijekom uzorkovanja otpadnih voda u m ³ /h	2,60	
13	Maksimalni protok tijekom uzorkovanja otpadnih voda u m ³ /h	/	
14	Minimalni protok tijekom uzorkovanja otpadnih voda u m ³ /h	/	
15	Način utvrđivanja protoka otpadnih voda u vremenu uzorkovanja	Ugrađeni mjerni uređaj	
REZULTATI ISPITIVANJA OTPADNIH VODA			
	Pokazatelj	Mjerna jedinica	Rezultat
1	pH vrijednost	–	7,8
2	Temperatura vode	°C	17,8
3	Boja	–	bez
4	Miris	–	bez
5	Krupne tvari	–	bez
6	Suhi ostatak ukupni 105 °C	mg/l	464,0000
7	Taložive tvari	ml/l/h	0,2000
8	Ukupne suspendirane tvari	mg/l	26,0000
9	Otopljeni kisik	mgO ₂ /l	8,7800
10	BPK ₅	mgO ₂ /l	2,4000
11	KPK-Cr	mgO ₂ /l	< 15
12	Slobodni rezidualni klor	mg/l	< 0,02
13	Krom	mg/l	< 0,050

14	Bakar	mg/l	< 0,050
15	Cink	mg/l	0,0900
16	Nikal	mg/l	< 0,050
17	Vanadij	mg/l	0,0200
18	Teško hlapljive lipofilne tvari	mg/l	5,2300
19	Olovo	mg/l	< 0,050
20	Kadmij	mg/l	< 0,020
21	Ukupni fenoli (fenolni indeks)	mg/l	< 0,002
22	Adsorbilni organski halogeni (AOX)	mg/l	0,0330
23	Lakohlapljivi aromatski ugljikovodici (BTX)	mg/l	< 0,0050
24	Arsen	mg/l	< 0,020
25	Živa	mg/l	< 0,001
26	Flouridi (otopljeni)	mg/l	0,2430
27	Anionski deterdenti	mg/l	0,0500
28	Neionski deterdenti	mg/l	0,0900
29	Sulfiti otopljeni	mg/l	< 0,05
30	Sulfiti	mg/l	0,7000
31	Ukupni ugljikovodici	mg/l	0,5100

Pod materijalnom i kaznenom odgovornošću izjavljujemo da su podaci u ovom očevidniku vjerodostojni, istiniti i istovjetni podacima dostavljenim na očevidniku u elektroničkom obliku.

Osoba odgovorna za točnost podataka

Anamarija Dellavia, mag. ing.

ime i prezime

M. P.

Odgovorna osoba korisnika

Vedran Gaće, dipl. ing.

ime i prezime

Obrazac B2 – OČEVIDNIK ISPITIVANJA KOMPOZITNIH UZORAKA

Naš broj:	3. kvartal/ 2021	Datum:	03.11.2021.
Naziv onečišćivača:	HEP PROIZVODNJA, Pogon EL-TO Zagreb		
Adresa sjedišta:	Ulica i kućni br.: <u>Ulica grada Vukovara 37</u>	OIB:	<u>09518585079</u>
	Naselje: _____	MBPS (DZS):	<u>1643983</u>
Naziv lokacije onečišćivača:	Pogon EL-TO Zagreb		
Adresa lokacije:	Ulica i kućni br.: <u>Zagorska 1</u>	RBDPS (DZS):	_____
	Naselje: <u>Trešnjevka</u>		
Kontakt osoba na lokaciji:	Ime i prezime: <u>Anamarija Dellavia</u>	Tel:	<u>01 3037 909</u>
	E-mail: <u>anamarija.dellavia@hep.hr</u>	Mob:	_____
Podaci o ispustu:	Naziv ispusta: <u>OKNO 1 – Istok</u>	Koordinate točke ispuštanja (HTRS96/T M):	N <u>5074288.0</u>
	Oznaka ispusta: <u>OKNO 1 – Istok</u>		E <u>457338.0</u>
Podaci o mjernom oknu:	Vrsta mj. okna: <u>Izlaz – kakvoća</u>	Koordinate mjernog okna (HTRS96/T M):	N <u>5074288.0</u>
	ID mj. okna: _____		E <u>457338.0</u>

OPĆI PODACI			
1	Laboratorij – naziv	NZ JZ DR. Andrija Štampar	
2	Analitički broj izvješća o ispitivanju	05102 736/21	
3	Datum izvješća o ispitivanju (dd.:mm:gggg)	30.09.2021.	
4	Datum uzorkovanja (dd.:mm:gggg)	29.09.2021.	
5	Početak uzorkovanja (hh:min)	8,10 h	
6	Trajanje uzorkovanja (h)	24	
7	Frekvencija uzorkovanja (h)	1	
8	Vremenski uvjeti tijekom uzorkovanja	bez oborina	
9	Vremenski uvjeti prethodni dan	bez oborina	
10	Prosječna temperatura zraka tijekom uzorkovanja (°C)	19,0	
11	Trajanje ispuštanja otpadnih voda u satima/dan	24,00	
12	Srednji protok tijekom uzorkovanja otpadnih voda u m ³ /h	2,29	
13	Maksimalni protok tijekom uzorkovanja otpadnih voda u m ³ /h	/	
14	Minimalni protok tijekom uzorkovanja otpadnih voda u m ³ /h	/	
15	Način utvrđivanja protoka otpadnih voda u vremenu uzorkovanja	Ugrađeni mjerni uređaj	
REZULTATI ISPITIVANJA OTPADNIH VODA			
	Pokazatelj	Mjerna jedinica	Rezultat
1	pH vrijednost	–	7,8
2	Temperatura vode	°C	19,5
3	Boja	–	bez
4	Miris	–	bez
5	Krupne tvari	–	bez
6	Suhi ostatak ukupni 105 °C	mg/l	437,0000
7	Taložive tvari	ml/l/h	< 0,1
8	Ukupne suspendirane tvari	mg/l	3,0000
9	Otopljeni kisik	mgO ₂ /l	7,7600
10	BPK ₅	mgO ₂ /l	1,8000
11	KPK-Cr	mgO ₂ /l	< 15

12	Slobodni rezidualni klor	mg/l	< 0,02
13	Krom	mg/l	< 0,050
14	Bakar	mg/l	< 0,050
15	Cink	mg/l	< 0,050
16	Nkal	mg/l	< 0,050
17	Vanadij	mg/l	< 0,010
18	Teško hlapljive lipofilne tvari	mg/l	4,4200
19	Olovo	mg/l	< 0,050
20	Kadmij	mg/l	< 0,020
21	Ukupni fenoli (fenolni indeks)	mg/l	< 0,002
22	Adsorbilni organski halogeni (AOX)	mg/l	0,0280
23	Lakohlapljivi aromatski ugljikovodici (BTX)	mg/l	< 0,0050
24	Arsen	mg/l	< 0,020
25	Živa	mg/l	< 0,001
26	Flouridi (otopljeni)	mg/l	0,6820
27	Anionski deterdenti	mg/l	0,0400
28	Neionski deterdenti	mg/l	< 0,06
29	Sulfiti otopljeni	mg/l	< 0,05
30	Sulfiti	mg/l	0,8000
31	Ukupni ugljikovodici	mg/l	< 0,20

Pod materijalnom i kaznenom odgovornošću izjavljujemo da su podaci u ovom očevidniku vjerodostojni, istiniti i istovjetni podacima dostavljenim na očevidniku u elektroničkom obliku.

Osoba odgovorna za točnost podataka

Anamarija Dellavia, mag. ing.

ime i prezime

M. P.

Odgovorna osoba korisnika

Vedran Gaće, dipl. ing.

ime i prezime

Obrazac B2 – OČEVIDNIK ISPITIVANJA KOMPOZITNIH UZORAKA

Naš broj: 2. kvartal/ 2021

Datum: 08.07.2021.

Naziv onečišćivača: **HEP PROIZVODNJA, Pogon EL-TO Zagreb**

Adresa sjedišta: Ulica i kućni

br.: Ulica grada Vukovara 37

OIB: 09518585079

Naselje:

MBPS (DZS): 1643983

Naziv lokacije onečišćivača: **Pogon EL-TO Zagreb**

Adresa lokacije: Ulica i kućni

br.: Zagorska 1

RBDPS (DZS):

Naselje: Trešnjevka

Kontakt osoba na lokaciji: Ime i prezime: Anamarija Dellavia

Tel: 01 3037 909

E-mail: anamarija.dellavia@hep.hr

Mob:

Podaci o ispustu: Naziv ispusta: OKNO 1 – Istok

Koordinate N 5074288.0

Oznaka

ispusta: OKNO 1 – Istok

točke
ispuštanja
(HTRS96/TM): E 457338.0

Podaci o mjernom oknu:

Vrsta mj.

okna: Izlaz – kakvoća

Koordinate
mjernog okna N 5074288.0

ID mj. okna:

(HTRS96/TM): E 457338.0

OPĆI PODACI			
1	Laboratorij – naziv	NZ JZ DR. Andrija Štampar	
2	Analitički broj izvješća o ispitivanju	05102 525/21	
3	Datum izvješća o ispitivanju (dd.:mm:gggg)	30.06.2021.	
4	Datum uzorkovanja (dd.:mm:gggg)	29.06.2021.	
5	Početak uzorkovanja (hh:min)	8,00 h	
6	Trajanje uzorkovanja (h)	24	
7	Frekvencija uzorkovanja (h)	1	
8	Vremenski uvjeti tijekom uzorkovanja	bez oborina	
9	Vremenski uvjeti prethodni dan	bez oborina	
10	Prosječna temperatura zraka tijekom uzorkovanja (°C)	26,0	
11	Trajanje ispuštanja otpadnih voda u satima/dan	24,00	
12	Srednji protok tijekom uzorkovanja otpadnih voda u m ³ /h	4,56	
13	Maksimalni protok tijekom uzorkovanja otpadnih voda u m ³ /h	/	
14	Minimalni protok tijekom uzorkovanja otpadnih voda u m ³ /h	/	
15	Način utvrđivanja protoka otpadnih voda u vremenu uzorkovanja	Ugrađeni mjerni uređaj	
REZULTATI ISPITIVANJA OTPADNIH VODA			
	Pokazatelj	Mjerna jedinica	Rezultat
1	pH vrijednost	–	8,0
2	Temperatura vode	°C	21,1
3	Boja	–	bez
4	Miris	–	bez
5	Krupne tvari	–	bez
6	Suhi ostatak ukupni 105 °C	mg/l	483,0000
7	Taložive tvari	ml/l/h	< 0,1
8	Ukupne suspendirane tvari	mg/l	9,0000
9	Otopljeni kisik	mgO ₂ /l	6,8400
10	BPK ₅	mgO ₂ /l	2,7000
11	KPK-Cr	mgO ₂ /l	< 15,0
12	Slobodni rezidualni klor	mg/l	< 0,02
13	Krom	mg/l	< 0,050

14	Bakar	mg/l	< 0,050
15	Cink	mg/l	< 0,050
16	Nikal	mg/l	< 0,050
17	Vanadij	mg/l	< 0,010
18	Teško hlapljive lipofilne tvari	mg/l	5,7900
19	Olovo	mg/l	< 0,050
20	Kadmij	mg/l	< 0,020
21	Ukupni fenoli (fenolni indeks)	mg/l	< 0,002
22	Adsorbilni organski halogeni (AOX)	mg/l	< 0,020
23	Lakohlapljivi aromatski ugljikovodici (BTX)	mg/l	< 0,0050
24	Arsen	mg/l	< 0,020
25	Živa	mg/l	< 0,001
26	Flouridi (otopljeni)	mg/l	0,1420
27	Anionski deterdenti	mg/l	0,0400
28	Neionski deterdenti	mg/l	0,0600
29	Sulfiti otopljeni	mg/l	< 0,05
30	Sulfiti	mg/l	1,1000
31	Ukupni ugljikovodici	mg/l	< 0,20

Pod materijalnom i kaznenom odgovornošću izjavljujemo da su podaci u ovom očevidniku vjerodostojni, istiniti i istovjetni podacima dostavljenim na očevidniku u elektroničkom obliku.

Osoba odgovorna za točnost podataka

Anamarija Dellavia, mag. ing.

ime i prezime

M. P.

Odgovorna osoba korisnika

Vedran Gaće, dipl. ing.

ime i prezime

Obrazac B2 – OČEVIDNIK ISPITIVANJA KOMPOZITNIH UZORAKA

Naš broj: 1. kvartal/2021 Datum: 22. travanj 2021.

Naziv onečišćivača: **HEP PROIZVODNJA, Pogon EL-TO Zagreb**

Adresa sjedišta: Ulica i kućni br.: Ulica grada Vukovara 37 OIB: 09518585079
 Naselje: _____ MBPS (DZS): 1643983

Naziv lokacije onečišćivača: **Pogon EL-TO Zagreb**

Adresa lokacije: Ulica i kućni br.: Zagorska 1 RBDPS (DZS): _____
 Naselje: Trešnjevka
 Kontakt osoba na lokaciji: Ime i prezime: Anamarija Dellavia Tel: 01 3037 909
 E-mail: anamarija.dellavia@hep.hr Mob: _____

Podaci o ispustu: Naziv ispusta: OKNO 1 – Istok Koordinate N 5074288.0
 Oznaka ispusta: OKNO 1 – Istok točke ispuštanja E 457338.0
 (HTRS96/TM):

Podaci o mjernom oknu: Vrsta mj. okna: Izlaz – kakvoća Koordinate N 5074288.0
 ID mj. okna: _____ (HTRS96/TM): E 457338.0

OPĆI PODACI			
1	Laboratorij – naziv	NZ JZ DR. Andrija Štampar	
2	Analitički broj izvješća o ispitivanju	05102 264/21	
3	Datum izvješća o ispitivanju (dd.:mm:gggg)	21.04.2021.	
4	Datum uzorkovanja (dd.:mm:gggg)	30.03.2021	
5	Početak uzorkovanja (hh:min)	8,00 h	
6	Trajanje uzorkovanja (h)	24	
7	Frekvencija uzorkovanja (h)	1	
8	Vremenski uvjeti tijekom uzorkovanja	slaba kiša	
9	Vremenski uvjeti prethodni dan	bez oborina	
10	Prosječna temperatura zraka tijekom uzorkovanja (°C)	13,0	
11	Trajanje ispuštanja otpadnih voda u satima/dan	24,00	
12	Srednji protok tijekom uzorkovanja otpadnih voda u m ³ /h	2,30	
13	Maksimalni protok tijekom uzorkovanja otpadnih voda u m ³ /h	/	
14	Minimalni protok tijekom uzorkovanja otpadnih voda u m ³ /h	/	
15	Način utvrđivanja protoka otpadnih voda u vremenu uzorkovanja	Ugrađeni mjerni uređaj	
REZULTATI ISPITIVANJA OTPADNIH VODA			
	Pokazatelj	Mjerna jedinica	Rezultat
1	pH vrijednost	–	7,9
2	Temperatura vode	°C	17,9
3	Boja	–	bez
4	Miris	–	bez
5	Krupne tvari	–	bez
6	Suhi ostatak ukupni 105 °C	mg/l	469,0000
7	Taložive tvari	ml/l/h	< 0,1
8	Ukupne suspendirane tvari	mg/l	4,0000
9	Otopljeni kisik	mgO ₂ /l	8,8600
10	BPK ₅	mgO ₂ /l	2,9000
11	KPK-Cr	mgO ₂ /l	< 15,0
12	Kloridi	mg/l	44,0000
13	Krom	mg/l	< 0,050

14	Bakar	mg/l	< 0,050
15	Cink	mg/l	< 0,050
16	Nikal	mg/l	< 0,050
17	Vanadij	mg/l	< 0,010
18	Teško hlapljive lipofilne tvari	mg/l	5,6800
19	Olovo	mg/l	< 0,050
20	Kadmij	mg/l	< 0,020
21	Ukupni fenoli	mg/l	< 0,002
22	Adsorbilni organski halogeni (AOX)	mg/l	< 0,02
23	Lakohlapljivi aromatski ugljikovodici (BTX)	mg/l	< 0,0050
24	Arsen	mg/l	< 0,020
25	Živa	mg/l	< 0,001
26	Fluoridi	mg/l	0,1730
27	ukupni dušik	mg/l	10,1000
28	ukupni fosfor	mg/l	0,1600

Pod materijalnom i kaznenom odgovornošću izjavljujemo da su podaci u ovom očevidniku vjerodostojni, istiniti i istovjetni podacima dostavljenim na očevidniku u elektroničkom obliku.

Osoba odgovorna za točnost podataka

Anamarija Dellavia, mag. ing.

ime i prezime

M. P.

Odgovorna osoba korisnika

Vedran Gaće, dipl. ing.

ime i prezime

Obrazac B2 – OČEVIDNIK ISPITIVANJA KOMPOZITNIH UZORAKA

Naš broj: 1. kvartal/2021 Datum: 22. travanj 2021.

Naziv onečišćivača: **HEP PROIZVODNJA, Pogon EL-TO Zagreb**

Adresa sjedišta: Ulica i kućni br.: Ulica grada Vukovara 37 OIB: 09518585079
 Naselje: _____ MBPS (DZS): 1643983

Naziv lokacije onečišćivača: **Pogon EL-TO Zagreb**

Adresa lokacije: Ulica i kućni br.: Zagorska 1 RBDPS (DZS): _____
 Naselje: Trešnjevka
 Kontakt osoba na lokaciji: Ime i prezime: Anamarija Dellavia Tel: 01 3037 909
 E-mail: anamarija.dellavia@hep.hr Mob: _____

Podaci o ispustu: Naziv ispusta: OKNO 2 – Jug Koordinate N 5074155.0
 Oznaka točke ispuštanja E 457107.0
 ispusta: OKNO 2 – Jug (HTRS96/TM):

Podaci o mjernom oknu: Vrsta mj. okna: Izlaz – kakvoća Koordinate N 5074155.0
 ID mj. okna: _____ (HTRS96/TM): E 457107.0

OPĆI PODACI			
1	Laboratorij – naziv	NZ JZ DR Andrija Štampar	
2	Analitički broj izvješća o ispitivanju	05102 265/21	
3	Datum izvješća o ispitivanju (dd.:mm:gggg)	21.04.2021	
4	Datum uzorkovanja (dd.:mm:gggg)	30.03.2021	
5	Početak uzorkovanja (hh:min)	8,00	
6	Trajanje uzorkovanja (h)	4	
7	Frekvencija uzorkovanja (h)	1	
8	Vremenski uvjeti tijekom uzorkovanja	slaba kiša	
9	Vremenski uvjeti prethodni dan	bez oborina	
10	Prosječna temperatura zraka tijekom uzorkovanja (°C)	13,0	
11	Trajanje ispuštanja otpadnih voda u satima/dan	0,00	
12	Srednji protok tijekom uzorkovanja otpadnih voda u m ³ /h	0,20	
13	Maksimalni protok tijekom uzorkovanja otpadnih voda u m ³ /h	0,00	
14	Minimalni protok tijekom uzorkovanja otpadnih voda u m ³ /h	0,00	
15	Način utvrđivanja protoka otpadnih voda u vremenu uzorkovanja	Ugrađeni mjerni uređaj	
REZULTATI ISPITIVANJA OTPADNIH VODA			
	Pokazatelj	Mjerna jedinica	Rezultat
1	pH vrijednost	–	7,7
2	Temperatura vode	°C	18,0
3	Boja	–	svijetlo smeđa
4	Miris	–	slabo primjetan
5	Krupne tvari	–	bez
6	Suhi ostatak ukupni 105 °C	mg/l	640,0000
7	Taložive tvari	ml/l/h	0,3000
8	Ukupne suspendirane tvari	mg/l	80,0000
9	Otopljeni kisik	mgO ₂ /l	3,2000
10	BPK ₅	mgO ₂ /l	66,0000
11	KPK-Cr	mgO ₂ /l	177,0000
12	Kloridi	mg/l	79,0000
13	Krom	mg/l	< 0,050

14	Adsorbilni aromatski ugljikovodici (AOX)	mg/l	< 0,02
15	Bakar	mg/l	< 0,050
16	Cink	mg/l	0,0800
17	Nikal	mg/l	< 0,050
18	Vanadij	mg/l	0,0100
19	Teško hlapljive lipofilne tvari	mg/l	7,4400
20	Olovo	mg/l	< 0,050
21	Kadmij	mg/l	< 0,020
22	Ukupni fenoli	mg/l	0,0050
23	Lakohlapljivi aromatski ugljikovodici (BTX)	mg/l	< 0,0050
24	Arsen	mg/l	< 0,020
25	Živa	mg/l	< 0,001
26	Flouridi	mg/l	0,2710
27	Ukupni dušik	mg/l	42,6000
28	Ukupni fosfor	mg/l	3,2500

Pod materijalnom i kaznenom odgovornošću izjavljujemo da su podaci u ovom očevidniku vjerodostojni, istiniti i istovjetni podacima dostavljenim na očevidniku u elektroničkom obliku.

Osoba odgovorna za točnost podataka

Anamarija Dellavia, mag. ing.

Ime i prezime

M. P.

Odgovorna osoba korisnika

Vedran Gaće, dipl. ing.

Ime i prezime

Obrazac B2 – OČEVIDNIK ISPITIVANJA KOMPOZITNIH UZORAKA

Naš broj: 2. kvartal/ 2021 Datum: 08.07.2021.

Naziv onečišćivača: **HEP PROIZVODNJA, Pogon EL-TO Zagreb**

Adresa sjedišta: Ulica i kućni br.: Ulica grada Vukovara 37 OIB: 09518585079
 Naselje: _____ MBPS (DZS): 1643983

Naziv lokacije onečišćivača: **Pogon EL-TO Zagreb**

Adresa lokacije: Ulica i kućni br.: Zagorska 1 RBDPS (DZS): _____
 Naselje: Trešnjevka
 Kontakt osoba na lokaciji: Ime i prezime: Anamarija Dellavia Tel: 01 3037 909
 E-mail: anamarija.dellavia@hep.hr Mob: _____

Podaci o ispustu: Naziv ispusta: OKNO 2 – JUG Koordinate N 5074288.0
 Oznaka ispusta: OKNO 2 – JUG točke ispuštanja E 457338.0
 (HTRS96/TM):

Podaci o mjernom oknu: Vrsta mj. okna: Izlaz – kakvoća Koordinate N 5074288.0
 ID mj. okna: _____ (HTRS96/TM): E 457338.0

OPĆI PODACI			
1	Laboratorij – naziv	NZ JZ DR. Andrija Štampar	
2	Analitički broj izvješća o ispitivanju	05102 524/21	
3	Datum izvješća o ispitivanju (dd.:mm:gggg)	30.06.2021.	
4	Datum uzorkovanja (dd.:mm:gggg)	29.06.2021.	
5	Početak uzorkovanja (hh:min)	8,00 h	
6	Trajanje uzorkovanja (h)	4	
7	Frekvencija uzorkovanja (h)	1	
8	Vremenski uvjeti tijekom uzorkovanja	bez oborina	
9	Vremenski uvjeti prethodni dan	bez oborina	
10	Prosječna temperatura zraka tijekom uzorkovanja (°C)	26,0	
11	Trajanje ispuštanja otpadnih voda u satima/dan	24,00	
12	Srednji protok tijekom uzorkovanja otpadnih voda u m ³ /h	0,27	
13	Maksimalni protok tijekom uzorkovanja otpadnih voda u m ³ /h	/	
14	Minimalni protok tijekom uzorkovanja otpadnih voda u m ³ /h	/	
15	Način utvrđivanja protoka otpadnih voda u vremenu uzorkovanja	Ugrađeni mjerni uređaj	
REZULTATI ISPITIVANJA OTPADNIH VODA			
	Pokazatelj	Mjerna jedinica	Rezultat
1	pH vrijednost	–	7,7
2	Temperatura vode	°C	28,0
3	Boja	–	bez
4	Miris	–	bez
5	Krupne tvari	–	bez
6	Suhi ostatak ukupni 105 °C	mg/l	382,0000
7	Taložive tvari	ml/l/h	0,2000
8	Ukupne suspendirane tvari	mg/l	18,0000
9	Otopljeni kisik	mgO ₂ /l	4,6900
10	BPK ₅	mgO ₂ /l	3,1000
11	KPK-Cr	mgO ₂ /l	< 15,0
12	Slobodni rezidualni klor	mg/l	< 0,02
13	Krom	mg/l	< 0,050

14	Bakar	mg/l	< 0,050
15	Cink	mg/l	< 0,050
16	Nikal	mg/l	< 0,050
17	Vanadij	mg/l	< 0,010
18	Teško hlapljive lipofilne tvari	mg/l	5,5300
19	Olovo	mg/l	< 0,050
20	Kadmij	mg/l	< 0,020
21	Ukupni fenoli (fenolni indeks)	mg/l	< 0,002
22	Adsorbilni organski halogeni (AOX)	mg/l	< 0,020
23	Lakohlapljivi aromatski ugljikovodici (BTX)	mg/l	< 0,0050
24	Arsen	mg/l	< 0,020
25	Živa	mg/l	< 0,001
26	Flouridi (otopljeni)	mg/l	0,2230
27	Anionski deterdenti	mg/l	0,0400
28	Neionski deterdenti	mg/l	0,1500
29	Sulfiti otopljeni	mg/l	< 0,05
30	Sulfiti	mg/l	1,4000
31	Ukupni ugljikovodici	mg/l	< 0,20

Pod materijalnom i kaznenom odgovornošću izjavljujemo da su podaci u ovom očevidniku vjerodostojni, istiniti i istovjetni podacima dostavljenim na očevidniku u elektroničkom obliku.

Osoba odgovorna za točnost podataka

Anamarija Dellavia, mag. ing.

ime i prezime

M. P.

Odgovorna osoba korisnika

Vedran Gaće, dipl. ing.

ime i prezime

Obrazac B2 – OČEVIDNIK ISPITIVANJA KOMPOZITNIH UZORAKA

Naš broj: 4. kvartal/ 2021 Datum: 10.01.2022.

Naziv onečišćivača: **HEP PROIZVODNJA, Pogon EL-TO Zagreb**

Adresa sjedišta: Ulica i kućni br.: Ulica grada Vukovara 37 OIB: 09518585079
 Naselje: _____ MBPS (DZS): 1643983

Naziv lokacije onečišćivača: **Pogon EL-TO Zagreb**

Adresa lokacije: Ulica i kućni br.: Zagorska 1 RBDPS (DZS): _____
 Naselje: Trešnjevka
 Kontakt osoba na lokaciji: Ime i prezime: Anamarija Dellavia Tel: 01 3037 909
 E-mail: anamarija.dellavia@hep.hr Mob: _____

Podaci o ispustu: Naziv ispusta: OKNO 2 – JUG Koordinate N 5074288.0
 Oznaka točke ispuštanja E 457338.0
 ispusta: OKNO 2 – JUG (HTRS96/TM):

Podaci o mjernom oknu: Vrsta mj. okna: Izlaz – kakvoća Koordinate N 5074288.0
 ID mj. okna: _____ (HTRS96/TM): E 457338.0

OPĆI PODACI			
1	Laboratorij – naziv	NZ JZ DR. Andrija Štampar	
2	Analitički broj izvješća o ispitivanju	05102 1021/21	
3	Datum izvješća o ispitivanju (dd.:mm:gggg)	28.12.2021.	
4	Datum uzorkovanja (dd.:mm:gggg)	15.12.2021.	
5	Početak uzorkovanja (hh:min)	8,00 h	
6	Trajanje uzorkovanja (h)	4	
7	Frekvencija uzorkovanja (h)	1	
8	Vremenski uvjeti tijekom uzorkovanja	slaba kiša	
9	Vremenski uvjeti prethodni dan	umjerena kiša	
10	Prosječna temperatura zraka tijekom uzorkovanja (°C)	5,0	
11	Trajanje ispuštanja otpadnih voda u satima/dan	24,00	
12	Srednji protok tijekom uzorkovanja otpadnih voda u m ³ /h	0,32	
13	Maksimalni protok tijekom uzorkovanja otpadnih voda u m ³ /h	/	
14	Minimalni protok tijekom uzorkovanja otpadnih voda u m ³ /h	/	
15	Način utvrđivanja protoka otpadnih voda u vremenu uzorkovanja	Ugrađeni mjerni uređaj	
REZULTATI ISPITIVANJA OTPADNIH VODA			
	Pokazatelj	Mjerna jedinica	Rezultat
1	pH vrijednost	–	7,8
2	Temperatura vode	°C	31,0
3	Boja	–	bez
4	Miris	–	bez
5	Krupne tvari	–	bez
6	Suhi ostatak ukupni 105 °C	mg/l	136,0000
7	Taložive tvari	ml/l/h	0,2000
8	Ukupne suspendirane tvari	mg/l	25,0000
9	Otopljeni kisik	mgO ₂ /l	4,5600
10	BPK ₅	mgO ₂ /l	2,8000
11	KPK-Cr	mgO ₂ /l	< 15,0
12	Slobodni rezidualni klor	mg/l	< 0,02
13	Krom	mg/l	< 0,050

14	Bakar	mg/l	< 0,050
15	Cink	mg/l	0,0600
16	Nikal	mg/l	< 0,050
17	Vanadij	mg/l	< 0,010
18	Teško hlapljive lipofilne tvari	mg/l	4,7700
19	Olovo	mg/l	< 0,050
20	Kadmij	mg/l	< 0,020
21	Ukupni fenoli (fenolni indeks)	mg/l	< 0,002
22	Adsorbilni organski halogeni (AOX)	mg/l	< 0,020
23	Lakohlapljivi aromatski ugljikovodici (BTX)	mg/l	< 0,0050
24	Arsen	mg/l	< 0,020
25	Živa	mg/l	< 0,001
26	Flouridi (otopljeni)	mg/l	< 0,200
27	Anionski deterdenti	mg/l	0,0400
28	Neionski deterdenti	mg/l	0,1800
29	Sulfiti otopljeni	mg/l	< 0,05
30	Sulfiti	mg/l	1,2000
31	Ukupni ugljikovodici	mg/l	0,3900

Pod materijalnom i kaznenom odgovornošću izjavljujemo da su podaci u ovom očevidniku vjerodostojni, istiniti i istovjetni podacima dostavljenim na očevidniku u elektroničkom obliku.

Osoba odgovorna za točnost podataka

Anamarija Dellavia, mag. ing.

ime i prezime

M. P.

Odgovorna osoba korisnika

Vedran Gaće, dipl. ing.

ime i prezime

Registar onečišćavanja okoliša

Obrazac PI-V
Podaci za 2019. godinu

ISPUŠTANJE I/ILI PRIJENOS OTPADNIH VODA

1. Podaci o ispustu	
1.1.1. Osobni identifikacijski broj (OIB)	09518585079
1.1. Matični broj subjekta (MBS) ili matični broj obrta (MBO)	080434256
1.2. Matični broj poslovnog subjekta (MBPS)	1643983
1.3. Naziv operatera	HEP-PROIZVODNJA d.o.o.
1.4. Šifra organizacijske jedinice na lokaciji	230007
1.5. Naziv organizacijske jedinice na lokaciji	EL-TO Zagreb
1.6. Djelatnost uslijed koje dolazi do ispuštanja i/ili prijenosa otpadnih voda (Prilog 1. Pravilnika o ROO)	01 01 01 Postrojenja \geq 300 MW (veliki uređaji za loženje)
1.7. Šifra ispusta	1
1.8. Naziv ispusta	OKNO 1 – ISTOK
1.9. Djelatnost uslijed koje dolazi do ispuštanja i/ili prijenosa otpadnih voda (NKD-razred)	35.11 Proizvodnja električne energije
1.10. HTRS96 TM koordinate ispusta	E = 457.329 N = 5.074.273
1.11. Županija	Grad Zagreb
1.12. Vodno područje	Vodno područje sliva rijeke Dunav
1.13. Način ispuštanja otpadnih voda	
1.13.1. Direktno	
1.13.2. Indirektno	
1.14. Prijemnik	
Sustav javne odvodnje s centralnim uređajem za pročišćavanje otpadnih voda	
1.14.1. Podmorski ispust	
1.14.1.1. Dubina ispusta	
1.14.1.2. Udaljenost ispusta od obalne crte	
1.15. Način pročišćavanja	
Kombinirano fizikalno – kemijsko – biološki postupci	
1.16. Uređaj za pročišćavanje otpadnih voda	
Šifra uređaja	Naziv uređaja
103	Pjeskolov

104	Odvajač biljnih i životinjskih ulja i masti
108	Odvajač mineralnih ulja
201	Uređaj za neutralizaciju

2. Podaci o isporučenoj i zahvaćenoj vodi te manipulativnoj površini i količinama oborina

2.1. Podaci o količini isporučene/zahvaćene vode	
2.1.1. Količina isporučene vode iz sustava javne vodoopskrbe	2502.0 m ³ /god
2.1.2. Količina zahvaćene vode iz vlastitih vodozahvata	834410.0 m ³ /god
2.2. Podaci o manipulativnoj površini i količinama oborina	
2.2.1. Ukupna manipulativna površina (m ²)	1000.0 m ²
2.2.2. Godišnja količina oborina (mm/god)	Zagreb – Grič (952.8 mm)

3. Podaci o ispuštenim otpadnim vodama na ispustu

3.1. Podaci o vrstama otpadnih voda ispuštenih u sustav odvodnje lokacije prije kontrolnog okna	
3.1.1. Rashladne otpadne vode	Da
3.1.2. Tehnološke otpadne vode	Da
3.1.3. Sanitarne otpadne vode	Da
3.1.4. Oborinske vode s manipulativnih površina	Da
3.1.5. Procjedne otpadne vode	
3.2. Ukupna količina ispuštenih otpadnih voda	84410.8 m ³ /god
3.2.1. Količina ispuštenih otpadnih voda na osnovu isporučene i/ili zahvaćene vode	83458.0 m ³ /god
3.2.2. Količina ispuštenih oborinskih voda s manipulativne površine	952.8 m ³ /god
3.3. Ocjena sastava	Odgovara vodopravnoj dozvoli za ispuštanje otpadnih voda ili okolišnoj dozvoli
3.4. Toplinsko opterećenje	$\Delta T < 5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ – toplinski neopterećena
3.5. Broj propisanih analiza	4

4. Podaci o rezultatima analize otpadnih voda uzorkovane na kontrolnom oknu sustava odvodnje lokacije

Šifra pokazatelja / onečišćujuće tvari	Pokazatelj/onečišćujuća tvar	Koncentracija pokazatelja/onečišćujuće tvari (mg/l)
101	Ukupna suspendirana tvar	6,8
102	Kemijska potrošnja kisika-dikromatom (kao O ₂) (KPKCr)	15
103	Biokemijska potrošnja kisika nakon pet dana (BPK ₅)	2,975

213	Fluoridi (F ⁻)	0,2
217	Ukupni dušik	5,825
221	Kloridi (Cl ⁻) — (Cl)	49,75
224	Ukupni fosfor	0,1725
323	Halogenirani organski spojevi (kao AOX)	0,025
355	Fenoli (kao ukupni C)	0,00225
368	Ukupni aromatski ugljikovodici	0,005
377	Teskohlapljive lipofilne tvari (ukupna ulja i masti)	6,36
402	Arsen i spojevi (kao As)	0,001
403	Kadmij i spojevi (kao Cd)	0,03
404	Krom i spojevi (kao Cr)	0,023
406	Bakar i spojevi (kao Cu)	0,5
407	Živa i spojevi (kao Hg)	0,001
408	Nikal i spojevi (kao Ni)	0,072
409	Olovo i spojevi (kao Pb)	0,05
410	Cink i spojevi (kao Zn)	0,05
412	Vanadij (V)	0,01

5. Podaci o vrsti i količini ispuštanja i prijenosa onečišćujućih tvari

Pokazatelj / onečišćujuća tvar	Metoda određivanja		Količina ispuštanja i prijenosa (kg/god)	
	Osnova	Norma/Metoda	Ukupna	Usljed iznenadnih događaja
Ukupna suspendirana tvar	1	DIN 38409, T2-H2-2:1987	573,99344	
Kemijska potrošnja kisika-dikromatom (kao O ₂) (KPKCr)	1	SOP-11-051	1 266,162	
Biokemijska potrošnja kisika nakon pet dana (BPK ₅)	1	HRN EN 1899-1:2004	251,12213	
Fluoridi (F ⁻)	1	HRN ISO 10359-1:1998	16,88216	
Ukupni dušik	1	HRN EN 25663:2008; HRN EN 26777:1998; SM 23 rd Ed. 2017.4500-NO3 B	491,69291	

Kloridi (Cl ⁻) (Cl)	1	HRN ISO 9297:1998	4 199,4373	
Ukupni fosfor	1	HRN EN ISO 6878:2008	14,56086	
Halogenirani organski spojevi (kao AOX)	1	HRN EN ISO 9562:2008	2,11027	
Fenoli (kao ukupni C)	1	HRN ISO 6439:1998	0,18992	
Ukupni aromatski ugljikovodici	1	HRN ISO 11423-2:2002	0,42205	
Teskohlapljive lipofilne tvari (ukupna ulja i masti)	1	SM 20 th Ed., APHA,AWWA,WEF 1998-5520	536,85269	
Arsen i spojevi (kao As)	1	ISO 17378-2:2014	0,08441	
Kadmij i spojevi (kao Cd)	1	HRN EN ISO 17294-1:2008, HRN EN ISO 17294-2:2016	2,53232	
Krom i spojevi (kao Cr)	1	HRN EN ISO 17294-1:2008, HRN EN ISO 17294-2:2016	1,94145	
Bakar i spojevi (kao Cu)	1	HRN EN ISO 17294-1:2008, HRN EN ISO 17294-2:2016	42,2054	
Živa i spojevi (kao Hg)	1	SOP -22-053, modif. HRN EN ISO 12846:2012	0,08441	
Nikal i spojevi (kao Ni)	1	HRN EN ISO 17294-1:2008, HRN EN ISO 17294-2:2016	6,07758	
Olovo i spojevi (kao Pb)	1	HRN EN ISO 17294-1:2008, HRN EN ISO 17294-2:2016	4,22054	
Cink i spojevi (kao Zn)	1	HRN EN ISO 17294-1:2008, HRN EN ISO 17294-2:2016	4,22054	
Vanadij (V)	1	HRN EN ISO 17294-1:2008, HRN EN ISO 17294-2:2016	0,84411	

6. Klimatske promjene

Šifra općeg pokazatelja	Opći pokazatelj	Količina KPK obrađena anaerobnim postupcima (kg/god) * primjenjuje se samo na one obveznike koji imaju slijedeće uređaje: šifra 305 uređaji za anaerobnu obradu otpadnih voda i/ili šifra 306 - uređaji za obradu mulja
102	Kemijska potrošnja kisika dikromatom (kao O ₂) (KPKCr)	

Osoba odgovorna za točnost

Odgovorna osoba operatera podataka u ROO

Anamarija Dellavia, mag.ing.

Vedran Gaće, dipl.ing.

MP

Potpis

Potpis

ISPUŠTANJE I/ILI PRIJENOS OTPADNIH VODA

1. Podaci o ispustu	
1.1.1. Osobni identifikacijski broj (OIB)	09518585079
1.1. Matični broj subjekta (MBS) ili matični broj obrta (MBO)	080434256
1.2. Matični broj poslovnog subjekta (MBPS)	1643983
1.3. Naziv operatera	HEP-PROIZVODNJA d.o.o.
1.4. Šifra organizacijske jedinice na lokaciji	230007
1.5. Naziv organizacijske jedinice na lokaciji	EL-TO Zagreb
1.6. Djelatnost uslijed koje dolazi do ispuštanja i/ili prijenosa otpadnih voda (Prilog 1. Pravilnika o ROO)	01 01 01 Postrojenja \geq 300 MW (veliki uređaji za loženje)
1.7. Šifra ispusta	2
1.8. Naziv ispusta	OKNO 2 – JUG
1.9. Djelatnost uslijed koje dolazi do ispuštanja i/ili prijenosa otpadnih voda (NKD-razred)	35.11 Proizvodnja električne energije
1.10. HTRS96 TM koordinate ispusta	E = 464.690 N = 5.076.531
1.11. Županija	Grad Zagreb
1.12. Vodno područje	Vodno područje sliva rijeke Dunav
1.13. Način ispuštanja otpadnih voda	
1.13.1. Direktno	
1.13.2. Indirektno	
Da	
1.14. Prijemnik	
Sustav javne odvodnje s centralnim uređajem za pročišćavanje otpadnih voda	
1.14.1. Podmorski ispust	
1.14.1.1. Dubina ispusta	
1.14.1.2. Udaljenost ispusta od obalne crte	
1.15. Način pročišćavanja	
Fizikalni postupci	
1.16. Uređaj za pročišćavanje otpadnih voda	
Šifra uređaja	Naziv uređaja
103	Pjeskolov

2. Podaci o isporučenoj i zahvaćenoj vodi te manipulativnoj površini i količinama oborina

2.1. Podaci o količini isporučene/zahvaćene vode

2.1.1 Količina isporučene vode iz sustava javne vodoopskrbe	0.0 m ³ /god
2.1.2. Količina zahvaćene vode iz vlastitih vodozahvata	0.0 m ³ /god
2.2. Podaci o manipulativnoj površini i količinama oborina	
2.2.1. Ukupna manipulativna površina (m ²)	1000.0 m ²
2.2.2. Godišnja količina oborina (mm/god)	Zagreb – Grič (952.8 mm)

3. Podaci o ispuštenim otpadnim vodama na ispustu	
3.1. Podaci o vrstama otpadnih voda ispuštenih u sustav odvodnje lokacije prije kontrolnog okna	
3.1.1. Rashladne otpadne vode	
3.1.2. Tehnološke otpadne vode	
3.1.3. Sanitarne otpadne vode	
3.1.4. Oborinske vode s manipulativnih površina	Da
3.1.5. Procjedne otpadne vode	
3.2. Ukupna količina ispuštenih otpadnih voda	952.8 m ³ /god
3.2.1. Količina ispuštenih otpadnih voda na osnovu isporučene i/ili zahvaćene vode	0.0 m ³ /god
3.2.2. Količina ispuštenih oborinskih voda s manipulativne površine	952.8 m ³ /god
3.3. Ocjena sastava	Odgovara vodopravnoj dozvoli za ispuštanje otpadnih voda ili okolišnoj dozvoli
3.4. Toplinsko opterećenje	$\Delta T < 5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ – toplinski neopterećena
3.5. Broj propisanih analiza	4

4. Podaci o rezultatima analize otpadnih voda uzorkovane na kontrolnom oknu sustava odvodnje lokacije		
Šifra pokazatelja / onečišćujuće tvari	Pokazatelj/onečišćujuća tvar	Koncentracija pokazatelja/onečišćujuće tvari (mg/l)
101	Ukupna suspendirana tvar	15,9
102	Kemijska potrošnja kisika-dikromatom (kao O ₂) (KPKCr)	18
103	Biokemijska potrošnja kisika nakon pet dana (BPK ₅)	4,4
213	Fluoridi (F ⁻)	0,2
217	Ukupni dušik	4,15
221	Kloridi (Cl ⁻) — (Cl)	19
224	Ukupni fosfor	0,237
323	Halogenirani organski spojevi (kao AOX)	0,04
355	Fenoli (kao ukupni C)	0,002
368	Ukupni aromatski ugljikovodici	0,005
377	Teskohlapljive lipofilne tvari (ukupna ulja i masti)	6,405
402	Arsen i spojevi (kao As)	0,001
403	Kadmij i spojevi (kao Cd)	0,03
404	Krom i spojevi (kao Cr)	0,03
406	Bakar i spojevi (kao Cu)	0,0675
407	Živa i spojevi (kao Hg)	0,001
408	Nikal i spojevi (kao Ni)	0,05
409	Olovo i spojevi (kao Pb)	0,05
410	Cink i spojevi (kao Zn)	0,05
412	Vanadij (V)	0,023

5. Podaci o vrsti i količini ispuštanja i prijenosa onečišćujućih tvari					
Šifra pokazatelja / onečišćujuće tvari	Pokazatelj / onečišćujuća tvar	Metoda određivanja		Količina ispuštanja i prijenosa (kg/god)	
		Osnova	Norma/Metoda	Ukupna	Usljed iznenadnih događaja
101	Ukupna suspendirana tvar	1	DIN 38409, T2-H2-2:1987	15,14952	
102	Kemijska potrošnja kisika-dikromatom (kao O ₂) (KPKCr)	1	SOP-11-051	17,1504	

103	Biokemijska potrošnja kisika nakon pet dana (BPK ₅)	1	HRN EN 1899-1:2004, modif.	4,19232	
213	Fluoridi (F ⁻)	1	HRN ISO 10359-1:1998	0,19056	
217	Ukupni dušik	1	HRN EN 25663:2008, HRN EN 26777:1998; SM 2.3 rd Ed. 2017. 4500-NO3 B	3,95412	
221	Kloridi (Cl ⁻) (Cl)	1	HRN ISO 9297-1998	18,1032	
224	Ukupni fosfor	1	HRN EN ISO 6878:2008	0,22581	
323	Halogenirani organski spojevi (kao AOX)	1	HRN EN ISO 9562:2008	0,03811	
355	Fenoli (kao ukupni C)	1	HRN ISO 6439:1998	0,00191	
368	Ukupni aromatski ugljikovodici	1	HRN ISO 11423-2:2002	0,00476	
377	Teskohlapljive lipofilne tvari (ukupna ulja i masti)	1	SM 20++th++Ed, APHA, AWWA, WEF 1998-5520	6,10268	
402	Arsen i spojevi (kao As)	1	ISO 17378-2:2014	0,00095	
403	Kadmij i spojevi (kao Cd)	1	HRN EN ISO 17294-1:2008, HRN EN ISO 17294-2:2016	0,02858	
404	Krom i spojevi (kao Cr)	1	HRN EN ISO 17294-1:2008, HRN EN ISO 17294-2:2016	0,02858	
406	Bakar i spojevi (kao Cu)	1	HRN EN ISO 17294-1:2008, HRN EN ISO 17294-2:2016	0,06431	
407	Živa i spojevi (kao Hg)	1	SOP-22-053, modif. HRN EN ISO 12846:2012	0,00095	
408	Nikal i spojevi (kao Ni)	1	HRN EN ISO 17294-1:2008, HRN EN ISO 17294-2:2016	0,04764	
409	Olovo i spojevi (kao Pb)	1	HRN EN ISO 17294-1:2008, HRN EN ISO 17294-2:2016	0,04764	

410	Cink i spojevi (kao Zn)	1	HRN EN ISO 17294-1:2008, HRN EN ISO 17294-2:2016	0,04764	
412	Vanadij (V)	1	HRN EN ISO 17294-1:2008, HRN EN ISO 17294-2:2016	0,02191	

6. Klimatske promjene

Šifra općeg pokazatelja	Opći pokazatelj	Količina KPK obrađena anaerobnim postupcima (kg/god) * primjenjuje se samo na one obveznike koji imaju slijedeće uređaje: šifra 305 – uređaji za anaerobnu obradu otpadnih voda i/ili šifra 306 – uređaji za obradu mulja

Osoba odgovorna za točnost
podataka u ROO

Anamarija Dellavia, mag. ing.

Odgovorna osoba operatera

Vedran Gaće, dipl. ing.

M. P.

Obrazac PI-V

Podaci za 2020. godinu

ISPUŠTANJE I/ILI PRIJENOS OTPADNIH VODA

1. Podaci o ispustu	
1.1.1. Osobni identifikacijski broj (OIB)	09518585079
1.1. Matični broj subjekta (MBS) ili matični broj obrta (MBO)	080434256
1.2. Matični broj poslovnog subjekta (MBPS)	1643983
1.3. Naziv operatera	HEP-PROIZVODNJA d.o.o.
1.4. Šifra organizacijske jedinice na lokaciji	230007
1.5. Naziv organizacijske jedinice na lokaciji	EL-TO Zagreb
1.6. Djelatnost uslijed koje dolazi do ispuštanja i/ili prijenosa otpadnih voda (Prilog 1. Pravilnika o ROO)	01 01 01 Postrojenja \geq 300 MW (veliki uređaji za loženje)
1.7. Šifra ispusta	1
1.8. Naziv ispusta	OKNO 1 – ISTOK
1.9. Djelatnost uslijed koje dolazi do ispuštanja i/ili prijenosa otpadnih voda (NKD-razred)	35.11 Proizvodnja električne energije
1.10. HTRS96 TM koordinate ispusta	E = 457.329 N = 5.074.273
1.11. Županija	Grad Zagreb
1.12. Vodno područje	Vodno područje sliva rijeke Dunav
1.13. Način ispuštanja otpadnih voda	
1.13.1. Direktno	
1.13.2. Indirektno	
Da	
1.14. Prijemnik	Sustav javne odvodnje s centralnim uređajem za pročišćavanje otpadnih voda
1.14.1. Podmorski ispust	
1.14.1.1. Dubina ispusta	
1.14.1.2. Udaljenost ispusta od obalne crte	
1.15. Način pročišćavanja	Kombinirano fizikalno – kemijsko – biološki postupci
1.16. Uređaj za pročišćavanje otpadnih voda	
Šifra uređaja	Naziv uređaja
103	Pjeskolov
104	Odvajač biljnih i životinjskih ulja i masti
108	Odvajač mineralnih ulja
201	Uređaj za neutralizaciju

2. Podaci o isporučenoj i zahvaćenoj vodi te manipulativnoj površini i količinama oborina	
2.1. Podaci o količini isporučene/zahvaćene vode	
2.1.1. Količina isporučene vode iz sustava javne vodoopskrbe	0.0 m ³ /god
2.1.2. Količina zahvaćene vode iz vlastitih vodozahvata	868206.0 m ³ /god

2.2. Podaci o manipulativnoj površini i količinama oborina	
2.2.1. Ukupna manipulativna površina (m ²)	1000.0 m ²
2.2.2. Godišnja količina oborina (mm/god)	Zagreb – Grič (972.0 mm)

3. Podaci o ispuštenim otpadnim vodama na ispustu	
3.1. Podaci o vrstama otpadnih voda ispuštenih u sustav odvodnje lokacije prije kontrolnog okna	
3.1.1. Rashladne otpadne vode	Da
3.1.2. Tehnološke otpadne vode	Da
3.1.3. Sanitarne otpadne vode	Da
3.1.4. Oborinske vode s manipulativnih površina	Da
3.1.5. Procjedne otpadne vode	
3.2. Ukupna količina ispuštenih otpadnih voda	79107.0 m ³ /god
3.2.1. Količina ispuštenih otpadnih voda na osnovu isporučene i/ili zahvaćene vode	78135.0 m ³ /god
3.2.2. Količina ispuštenih oborinskih voda s manipulativne površine	972.0 m ³ /god
3.3. Ocjena sastava	Odgovara vodopravnoj dozvoli za ispuštanje otpadnih voda ili okolišnoj dozvoli
3.4. Toplinsko opterećenje	$\Delta T < 5 \text{ }^\circ\text{C}$ – toplinski neopterećena
3.5. Broj propisanih analiza	4

4. Podaci o rezultatima analize otpadnih voda uzorkovane na kontrolnom oknu sustava odvodnje lokacije		
Šifra pokazatelja / onečišćujuće tvari	Pokazatelj/onečišćujuća tvar	Koncentracija pokazatelja/onečišćujuće tvari (mg/l)
101	Ukupna suspendirana tvar	6,8
102	Kemijska potrošnja kisika-dikromatom (kao O ₂) (KPKCr)	15
103	Biokemijska potrošnja kisika nakon pet dana (BPK ₅)	3,8
213	Fluoridi (F ⁻)	0,21
217	Ukupni dušik	7,65
221	Kloridi (Cl ⁻) — (Cl)	46
224	Ukupni fosfor	0,15
323	Halogenirani organski spojevi (kao AOX)	0,025
355	Fenoli (kao ukupni C)	0,002
368	Ukupni aromatski ugljikovodici	0,005
377	Teskohlapljive lipofilne tvari (ukupna ulja i masti)	3,965
402	Arsen i spojevi (kao As)	0,01
403	Kadmij i spojevi (kao Cd)	0,0225
404	Krom i spojevi (kao Cr)	0,045
406	Bakar i spojevi (kao Cu)	0,05
407	Živa i spojevi (kao Hg)	0,001
408	Nikal i spojevi (kao Ni)	0,05
409	Olovo i spojevi (kao Pb)	0,05

410	Cink i spojevi (kao Zn)	0,055
412	Vanadij (V)	0,01

6. Klimatske promjene

Šifra općeg pokazatelja	Opći pokazatelj	Količina KPK obrađena anaerobnim postupcima (kg/god) * primjenjuje se samo na one obveznike koji imaju slijedeće uređaje: šifra 305 – uređaji za anaerobnu obradu otpadnih voda i/ili šifra 306 – uređaji za obradu mulja
-------------------------	-----------------	--

Osoba odgovorna za točnost
podataka u ROO

Anamarija Dellavia, mag. ing.

Odgovorna osoba operatera

Vedran Gaće, dipl. ing.

M. P.

Potpis

Potpis

Obrazac PI-V

Podaci za 2020. godinu

ISPUŠTANJE I/ILI PRIJENOS OTPADNIH VODA

1. Podaci o ispustu	
1.1.1. Osobni identifikacijski broj (OIB)	09518585079
1.1. Matični broj subjekta (MBS) ili matični broj obrta (MBO)	080434256
1.2. Matični broj poslovnog subjekta (MBPS)	1643983
1.3. Naziv operatera	HEP-PROIZVODNJA d.o.o.
1.4. Šifra organizacijske jedinice na lokaciji	230007
1.5. Naziv organizacijske jedinice na lokaciji	EL-TO Zagreb
1.6. Djelatnost uslijed koje dolazi do ispuštanja i/ili prijenosa otpadnih voda (Prilog 1. Pravilnika o ROO)	01 01 01 Postrojenja \geq 300 MW (veliki uređaji za loženje)
1.7. Šifra ispusta	2
1.8. Naziv ispusta	OKNO 2 – JUG
1.9. Djelatnost uslijed koje dolazi do ispuštanja i/ili prijenosa otpadnih voda (NKD-razred)	35.11 Proizvodnja električne energije
1.10. HTRS96 TM koordinate ispusta	E = 464.690 N = 5.076.531
1.11. Županija	Grad Zagreb
1.12. Vodno područje	Vodno područje sliva rijeke Dunav
1.13. Način ispuštanja otpadnih voda	
1.13.1. Direktno	
1.13.2. Indirektno	Da
1.14. Prijemnik	Sustav javne odvodnje s centralnim uređajem za pročišćavanje otpadnih voda
1.14.1. Podmorski ispust	
1.14.1.1. Dubina ispusta	
1.14.1.2. Udaljenost ispusta od obalne crte	
1.15. Način pročišćavanja	Fizikalni postupci
1.16. Uređaj za pročišćavanje otpadnih voda	
Šifra uređaja	Naziv uređaja
103	Pjeskolov

2. Podaci o isporučenoj i zahvaćenoj vodi te manipulativnoj površini i količinama oborina

2.1. Podaci o količini isporučene/zahvaćene vode	
2.1.1. Količina isporučene vode iz sustava javne vodoopskrbe	0.0 m ³ /god
2.1.2. Količina zahvaćene vode iz vlastitih vodozahvata	0.0 m ³ /god
2.2. Podaci o manipulativnoj površini i količinama oborina	
2.2.1. Ukupna manipulativna površina (m ²)	1000.0 m ²
2.2.2. Godišnja količina oborina (mm/god)	Zagreb – Grič (972.0 mm)

3. Podaci o ispuštenim otpadnim vodama na ispustu	
3.1. Podaci o vrstama otpadnih voda ispuštenih u sustav odvodnje lokacije prije kontrolnog okna	
3.1.1. Rashladne otpadne vode	
3.1.2. Tehnološke otpadne vode	
3.1.3. Sanitarne otpadne vode	
3.1.4. Oborinske vode s manipulativnih površina	Da
3.1.5. Procjedne otpadne vode	
3.2. Ukupna količina ispuštenih otpadnih voda	972.0 m ³ /god
3.2.1. Količina ispuštenih otpadnih voda na osnovu isporučene i/ili zahvaćene vode	0.0 m ³ /god
3.2.2. Količina ispuštenih oborinskih voda s manipulativne površine	972.0 m ³ /god
3.3. Ocjena sastava	Odgovara vodopravnoj dozvoli za ispuštanje otpadnih voda ili okolišnoj dozvoli
3.4. Toplinsko opterećenje	$\Delta T < 5 \text{ }^\circ\text{C}$ – toplinski neopterećena
3.5. Broj propisanih analiza	4

4. Podaci o rezultatima analize otpadnih voda uzorkovane na kontrolnom oknu sustava odvodnje lokacije		
Šifra pokazatelja / onečišćujuće tvari	Pokazatelj/onečišćujuća tvar	Koncentracija pokazatelja/onečišćujuće tvari (mg/l)
101	Ukupna suspendirana tvar	12,4
102	Kemijska potrošnja kisika-dikromatom (kao O ₂) (KPKCr)	16
103	Biokemijska potrošnja kisika nakon pet dana (BPK ₅)	4,46
213	Fluoridi (F ⁻)	0,2
217	Ukupni dušik	4,26
221	Kloridi (Cl ⁻) — (Cl)	13,6
224	Ukupni fosfor	0,16
323	Halogenirani organski spojevi (kao AOX)	0,02
355	Fenoli (kao ukupni C)	0,0045
368	Ukupni aromatski ugljikovodici	0,005
377	Teskohlapljive lipofilne tvari (ukupna ulja i masti)	7,3
402	Arsen i spojevi (kao As)	0,013
403	Kadmij i spojevi (kao Cd)	0,023
404	Krom i spojevi (kao Cr)	0,043
406	Bakar i spojevi (kao Cu)	0,073
407	Živa i spojevi (kao Hg)	0,001
408	Nikal i spojevi (kao Ni)	0,05
409	Olovo i spojevi (kao Pb)	0,05
410	Cink i spojevi (kao Zn)	0,083
412	Vanadij (V)	0,043

6. Klimatske promjene		
Šifra općeg pokazatelja	Opći pokazatelj	Količina KPK obrađena anaerobnim postupcima (kg/god) * primjenjuje se samo na one obveznike koji imaju slijedeće uređaje: šifra 305 – uređaji za anaerobnu obradu otpadnih voda i/ili šifra 306 – uređaji za obradu mulja

Osoba odgovorna za točnost
podataka u ROO

Anamarija Dellavia, mag. ing.

Odgovorna osoba operatera

Vedran Gaće, dipl. ing.

M. P.

Potpis

Potpis

Registar onečišćavanja okoliša

Obrazac PI-V

Podaci za 2021. godinu

ISPUŠTANJE I/ILI PRIJENOS OTPADNIH VODA

1. Podaci o ispustu	
1.1.1. Osobni identifikacijski broj (OIB)	09518585079
1.1. Matični broj subjekta (MBS) ili matični broj obrta (MBO)	080434256
1.2. Matični broj poslovnog subjekta (MBPS)	1643983
1.3. Naziv operatera	HEP-PROIZVODNJA d.o.o.
1.4. Šifra organizacijske jedinice na lokaciji	230007
1.5. Naziv organizacijske jedinice na lokaciji	EL-TO Zagreb
1.6. Djelatnost uslijed koje dolazi do ispuštanja i/ili prijenosa otpadnih voda (Prilog 1. Pravilnika o ROO)	01 01 01 Postrojenja \geq 300 MW (veliki uređaji za loženje)
1.7. Šifra ispusta	1
1.8. Naziv ispusta	OKNO 1 – ISTOK
1.9. Djelatnost uslijed koje dolazi do ispuštanja i/ili prijenosa otpadnih voda (NKD-razred)	35.11 Proizvodnja električne energije
1.10. HTRS96 TM koordinate ispusta	E = 457.329 N = 5.074.273
1.11. Županija	Grad Zagreb
1.12. Vodno područje	Vodno područje sliva rijeke Dunav
1.13. Način ispuštanja otpadnih voda	

1.13.1. Direktno	
1.13.2. Indirektno	Da
1.14. Prijemnik	Sustav javne odvodnje s centralnim uređajem za pročišćavanje otpadnih voda
1.14.1. Podmorski ispust	
1.14.1.1. Dubina ispusta	
1.14.1.2. Udaljenost ispusta od obalne crte	
1.15. Način pročišćavanja	Kombinirano fizikalno – kemijsko – biološki postupci
1.16. Uređaj za pročišćavanje otpadnih voda	
Šifra uređaja	Naziv uređaja
103	Pjeskolov
104	Odvajač biljnih i životinjskih ulja i masti
108	Odvajač mineralnih ulja
201	Uređaj za neutralizaciju

2. Podaci o isporučenoj i zahvaćenoj vodi te manipulativnoj površini i količinama oborina	
2.1. Podaci o količini isporučene/zahvaćene vode	
2.1.1. Količina isporučene vode iz sustava javne vodoopskrbe	1.0 m ³ /god
2.1.2. Količina zahvaćene vode iz vlastitih vodozahvata	894613.0 m ³ /god
2.2. Podaci o manipulativnoj površini i količinama oborina	
2.2.1. Ukupna manipulativna površina (m ²)	1000.0 m ²
2.2.2. Godišnja količina oborina (mm/god)	Zagreb – Grič (725.3 mm)

3. Podaci o ispuštenim otpadnim vodama na ispustu	
3.1. Podaci o vrstama otpadnih voda ispuštenih u sustav odvodnje lokacije prije kontrolnog okna	
3.1.1. Rashladne otpadne vode	Da
3.1.2. Tehnološke otpadne vode	Da
3.1.3. Sanitarne otpadne vode	Da
3.1.4. Oborinske vode s manipulativnih površina	Da
3.1.5. Procjedne otpadne vode	
3.2. Ukupna količina ispuštenih otpadnih voda	101316.3 m ³ /god
3.2.1. Količina ispuštenih otpadnih voda na osnovu isporučene i/ili zahvaćene vode	100591.0 m ³ /god
3.2.2. Količina ispuštenih oborinskih voda s manipulativne površine	725.3 m ³ /god
3.3. Ocjena sastava	Odgovara vodopravnoj dozvoli za ispuštanje otpadnih voda ili okolišnoj dozvoli
3.4. Toplinsko opterećenje	$\Delta T < 5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ – toplinski neopterećena
3.5. Broj propisanih analiza	4

4. Podaci o rezultatima analize otpadnih voda uzorkovane na kontrolnom oknu sustava odvodnje lokacije		
Šifra pokazatelja / onečišćujuće tvari	Pokazatelj/onečišćujuća tvar	Koncentracija pokazatelja/onečišćujuće tvari (mg/l)
101	Ukupna suspendirana tvar	10,25
102	Kemijska potrošnja kisika-dikromatom (kao O ₂) (KPKCr)	15
103	Biokemijska potrošnja kisika nakon pet dana (BPK ₅)	2,45
213	Fluoridi (F ⁻)	0,307
217	Ukupni dušik	10,1
218	Sulfidi (S ₂ ⁻)	0,86
219	Sulfiti (SO ₃ ²⁻)	0,05
221	Kloridi (Cl ⁻) — (Cl)	44
224	Ukupni fosfor	0,16
323	Halogenirani organski spojevi (kao AOX)	0,0252
355	Fenoli (kao ukupni C)	0,002
368	Ukupni aromatski ugljikovodici	0,05
374	Detergenti, anionski	0,0433
375	Detergenti, neionski	0,07
377	Teskohlapljive lipofilne tvari (ukupna ulja i masti)	5,28
378	Ukupni ugljikovodici	0,303
402	Arsen i spojevi (kao As)	0,02
403	Kadmij i spojevi (kao Cd)	0,02
404	Krom i spojevi (kao Cr)	0,05
406	Bakar i spojevi (kao Cu)	0,05
407	Živa i spojevi (kao Hg)	0,001
408	Nikal i spojevi (kao Ni)	0,05
409	Olovo i spojevi (kao Pb)	0,05
410	Cink i spojevi (kao Zn)	0,06
412	Vanadij (V)	0,0125

Šifra općeg pokazatelja	Opći pokazatelj	Količina KPK obrađena anaerobnim postupcima (kg/god) * primjenjuje se samo na one obveznike koji imaju slijedeće uređaje: šifra 305 – uređaji za anaerobnu obradu otpadnih voda i/ili šifra 306 – uređaji za obradu mulja

Osoba odgovorna za točnost
podataka u ROO

Anamarija Dellavia, mag. ing.

Odgovorna osoba operatera

Vedran Gaće, dipl. ing.

Registar onečišćavanja okoliša

Obrazac PI-V

Podaci za 2021. godinu

ISPUŠTANJE I/ILI PRIJENOS OTPADNIH VODA

1. Podaci o ispustu	
1.1.1. Osobni identifikacijski broj (OIB)	09518585079
1.1. Matični broj subjekta (MBS) ili matični broj obrta (MBO)	080434256
1.2. Matični broj poslovnog subjekta (MBPS)	1643983
1.3. Naziv operatera	HEP-PROIZVODNJA d.o.o.
1.4. Šifra organizacijske jedinice na lokaciji	230007
1.5. Naziv organizacijske jedinice na lokaciji	EL-TO Zagreb
1.6. Djelatnost uslijed koje dolazi do ispuštanja i/ili prijenosa otpadnih voda (Prilog 1. Pravilnika o ROO)	01 01 01 Postrojenja \geq 300 MW (veliki uređaji za loženje)
1.7. Šifra ispusta	2
1.8. Naziv ispusta	OKNO 2 – JUG
1.9. Djelatnost uslijed koje dolazi do ispuštanja i/ili prijenosa otpadnih voda (NKD-razred)	35.11 Proizvodnja električne energije
1.10. HTRS96 TM koordinate ispusta	E = 464.690 N = 5.076.531
1.11. Županija	Grad Zagreb
1.12. Vodno područje	Vodno područje sliva rijeke Dunav
1.13. Način ispuštanja otpadnih voda	
1.13.1. Direktno	
1.13.2. Indirektno	Da
1.14. Prijemnik	Sustav javne odvodnje s centralnim uređajem za pročišćavanje otpadnih voda
1.14.1. Podmorski ispust	
1.14.1.1. Dubina ispusta	
1.14.1.2. Udaljenost ispusta od obalne crte	
1.15. Način pročišćavanja	Fizikalni postupci
1.16. Uređaj za pročišćavanje otpadnih voda	
Šifra uređaja	Naziv uređaja
103	Pjeskolov

2. Podaci o isporučenoj i zahvaćenoj vodi te manipulativnoj površini i količinama oborina	
2.1. Podaci o količini isporučene/zahvaćene vode	
2.1.1. Količina isporučene vode iz sustava javne vodoopskrbe	0.0 m ³ /god
2.1.2. Količina zahvaćene vode iz vlastitih vodozahvata	0.0 m ³ /god
2.2. Podaci o manipulativnoj površini i količinama oborina	

2.2.1. Ukupna manipulativna površina (m ²)	1000.0 m ²
2.2.2. Godišnja količina oborina (mm/god)	Zagreb – Grič (725.3 mm)

3. Podaci o ispuštenim otpadnim vodama na ispustu	
3.1. Podaci o vrstama otpadnih voda ispuštenih u sustav odvodnje lokacije prije kontrolnog okna	
3.1.1. Rashladne otpadne vode	
3.1.2. Tehnološke otpadne vode	
3.1.3. Sanitarne otpadne vode	
3.1.4. Oborinske vode s manipulativnih površina	Da
3.1.5. Procjedne otpadne vode	
3.2. Ukupna količina ispuštenih otpadnih voda	725.3 m ³ /god
3.2.1. Količina ispuštenih otpadnih voda na osnovu isporučene i/ili zahvaćene vode	0.0 m ³ /god
3.2.2. Količina ispuštenih oborinskih voda s manipulativne površine	725.3 m ³ /god
3.3. Ocjena sastava	Odgovara vodopravnoj dozvoli za ispuštanje otpadnih voda ili okolišnoj dozvoli
3.4. Toplinsko opterećenje	$\Delta T < 5 \text{ }^\circ\text{C}$ – toplinski neopterećena
3.5. Broj propisanih analiza	2

4. Podaci o rezultatima analize otpadnih voda uzorkovane na kontrolnom oknu sustava odvodnje lokacije		
Šifra pokazatelja / onečišćujuće tvari	Pokazatelj/onečišćujuća tvar	Koncentracija pokazatelja/onečišćujuće tvari (mg/l)
101	Ukupna suspendirana tvar	41
102	Kemijska potrošnja kisika-dikromatom (kao O ₂) (KPKCr)	69
103	Biokemijska potrošnja kisika nakon pet dana (BPK ₅)	23,9
213	Fluoridi (F ⁻)	0,17
217	Ukupni dušik	42,6
218	Sulfidi (S ₂ ⁻)	0,05
219	Sulfiti (SO ₃ ²⁻)	1,3
221	Kloridi (Cl ⁻) — (Cl)	79
224	Ukupni fosfor	3,25
323	Halogenirani organski spojevi (kao AOX)	0,02
355	Fenoli (kao ukupni C)	0,002
368	Ukupni aromatski ugljikovodici	0,005
374	Detergenti, anionski	0,04
375	Detergenti, neionski	0,165
377	Teskohlapljive lipofilne tvari (ukupna ulja i masti)	5,913
378	Ukupni ugljikovodici	0,295
402	Arsen i spojevi (kao As)	0,02
403	Kadmij i spojevi (kao Cd)	0,02

404	Krom i spojevi (kao Cr)	0,05
406	Bakar i spojevi (kao Cu)	0,05
407	Živa i spojevi (kao Hg)	0,001
408	Nikal i spojevi (kao Ni)	0,05
409	Olovo i spojevi (kao Pb)	0,05
410	Cink i spojevi (kao Zn)	0,063
412	Vanadij (V)	0,01

6. Klimatske promjene

Šifra općeg pokazatelja	Opći pokazatelj	Količina KPK obrađena anaerobnim postupcima (kg/god) * primjenjuje se samo na one obveznike koji imaju slijedeće uređaje: šifra 305 – uređaji za anaerobnu obradu otpadnih voda i/ili šifra 306 – uređaji za obradu mulja
-------------------------	-----------------	---

Osoba odgovorna za točnost
podataka u ROO

Anamarija Dellavia, mag. ing.

Odgovorna osoba operatera

Vedran Gaće, dipl. ing.

M. P.

Potpis

Potpis

ŽIVOTOPIS

Rođena u Zadru

Školovanje:

Gimnazija COUO Juraj Baraković

Inženjer biokemijske tehnologije, Prehrambeno-biotehnološki fakultet Zagreb

Mag. ing. agronomije, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

Doktorski studij iz područja biotehničkih znanosti, Agrokemija

Zaposlenje:

Od 2005. godine zaposlena je u HEP-u – Sektor za termoelektrane – kao inženjer u proizvodnji – odjel za kemijsku pripremu vode gdje aktivno sudjeluje u svim aktivnostima.

Od 2012. godine postaje samostalni koordinator u Uredu direktora – Sektora za termoelektrane – HEP Proizvodnja d.o.o., – proizvodnja električne i toplinske energije gdje koordinira i izrađuje Izvještaje o emisijama stakleničkih plinova, analizama tehnoloških i otpadnih voda te svakodnevno surađuje sa nadležnim tijelima.

Tijekom 2013. godine sudjelovala u okviru projekta PROJEKT IPA 2013 – Učinkovita kontrola praćenja kakvoće zraka i sustava trgovanja emisijskim jedinicama stakleničkih plinova kako bi se postigla bolja kvaliteta zraka u Republici Hrvatskoj

Tijekom 2014. godine završava obuku – Zakonsko mjeriteljstvo i akreditacija

Tijekom 2015. godine završava obuku za internog auditora sustava upravljanja kvalitetom i okolišem po normama ISO 9001:2015 I ISO 14001:2015

Tijekom 2015. godine završava obuku za internog auditora za SUS – sustav upravljanja sigurnošću

Od 2015. godine aktivno sudjeluje u Izradi godišnjih izvješća za emisije sustava trgovanja stakleničkih plinova za termoenergetska postrojenja EU-ETS

Tijekom 2015. – 2016. imenovana je u stručnom timu za izradu i ishodenje okolišne dozvole za HEP Proizvodnju – Sektor za termoelektrane – pogon EL-TO Zagreb.

Tijekom 2017. – 2018. – 2019. imenovana je u timu kao dio stručnog povjerenstva tima na novou HEP Proizvodnje za nabavu aditiva i kemikalija za sva termoenergetska postrojenja HEP Proizvodnje.

Tijekom 2018. godine imenovana kao dio tima za uvođenje ISO 50000 – Sustav upravljanja energijom

Tijekom 2019. godine imenovana je kao dio stručnog tima za izradu Izvješća za besplatnu dodjelu emisijskih jedinica za razdoblje 2021. – 2025.

Tijekom 2021. godine sudjelovanje na Danu doktoranata 2021. godine

Tijekom 2022. godine sudjeluje na Winter school on Biotechnology – University of Perugia

Tijekom 2023. završava obuku – Praktični rad sa kivetnim testovima

Tijekom 2023. Refresh seminar za interne auditore – TUV NORD prema ISO 9001:2015, ISO 14001:2015, ISO 45001:2018, ISO 50001:2018

Rad sa mjernom opremom. Spektrofotometar DR3900, termoreaktor HT200S i LCK kivetni testovi

Odgovorna za provođenje i realizaciju Ugovora i OS na nivou Pogona EL-TO Zagreb za Uzorkovanje otpadnih voda, Mjerenja emisija stakleničkih plinova, Interventna čišćenja u termoelektranama i brojnih drugih Ugovora

Redovito sudjelovanje na međunarodnim inozemnim seminararima i kongresima sa pisanjem stručno znanstvenih radova i postera

Poznavanje stranih jezika:

Engleski – aktivno u govoru i pismu

Talijanski – pasivno u govoru i pismu