

# Utjecaj termoelektrane - toplane Sisak na okoliš

---

**Boltužić, Patricija**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2022**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Science / Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:454055>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-14**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb](#)



**Patricija Boltužić**

**Utjecaj termoelektrane-toplane Sisak na okoliš**

**Diplomski rad**

**Zagreb  
2022.**



**Patricija Boltužić**

# **Utjecaj termoelektrane-toplane Sisak na okoliš**

## **Diplomski rad**

predan na ocjenu Geografskom odsjeku  
Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu  
radi stjecanja akademskog zvanja  
magistra struke znanosti o okolišu

**Zagreb  
2022.**

Ovaj je diplomski rad izrađen u sklopu diplomskog sveučilišnog studija *Znanosti o okolišu* na Geografskom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, pod vodstvom prof. dr. sc. Nenada Buzjaka

Sveučilište u Zagrebu  
 Prirodoslovno-matematički fakultet  
 Geografski odsjek

Diplomski rad

## Utjecaj termoelektrane-toplane Sisak na okoliš

Patricija Boltužić

**Izvadak:** Ubrzan život i razvoj novih tehnologija zahtjeva veću potrebu za toplinskom i električnom energijom. Kako bi utjecaj na okoliš prilikom proizvodnje bio što manji, proizvodnja električne energije i topline u termoelektrani-toplani Sisak prati najnoviju suvremenu tehnologiju, koja ispunjava visoke ekološke standarde propisane normama iz okolišne dozvole. Termoelektrana-toplana Sisak smještena je na desnoj obali rijeke Save iz koje se uzima voda potrebna za rad postrojenja. Utjecaj prethodnih starih blokova A i B za proizvodnju električne energije danas ne bi zadovoljavao visoke ekološke standarde. Modernizirana tehnologija i promjena goriva iz loživog ulja u prirodni plin uvelike su doveli do efikasnijeg rada i poboljšanog utjecaja na okoliš. Najveća pozitivna promjena utjecaja na okoliš prilikom prestanka rada starih blokova A i B u novi kombo-kogeneracijski blok C, vidljiva je kroz smanjeno ispuštanje emisija u zrak. Sukladno normama iz okolišne dozvole kontinuirano se mjere i parametri otpadnih voda prije ispusta u rijeku Savu. Mjerenje zaštite od buke se provodi na rubnim granicama termoelektrane, koja spada u 5. zonu gospodarske namjene. TE-TO Sisak dio je HEP grupe koja ima veliku stopu kako ekološke tako i biološke zaštite koje se provode u sve većem obimu u svrhu zadovoljavanja svih propisanih normi.

41 stranica, 11 grafičkih priloga, 26 tablica, 28 bibliografskih referenci; izvornik na hrvatskom jeziku

**Ključne riječi:** termoelektrana, emisije u zrak, utjecaj na okoliš, otpadne vode

**Voditelj:** prof. dr. sc. Nenad Buzjak

**Povjerenstvo:** izv. prof. dr. sc. Neven Bočić  
 prof. dr. sc. Sven Jelaska  
 doc. dr. sc. Hana Fajković

**Tema prihvaćena:** 10. 2. 2022.

**Rad prihvaćen:** 8. 9. 2022.

Rad je pohranjen u Središnjoj geografskoj knjižnici Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Marulićev trg 19, Zagreb, Hrvatska.

University of Zagreb  
Faculty of Science  
Department of Geography

Master Thesis

## **Impact of the Sisak thermal power plant on the environment**

Patricija Boltužić

**Abstract:** Fast-paced life and the development of new technologies require a greater need for heat and electricity. In order to minimize the impact on the environment during production, the production of electricity and heat in the Sisak thermal power plant follows the latest modern technology, which meets the high environmental standards prescribed by the norms of the environmental permit. The Sisak thermal power plant is located on the right bank of the Sava River, from which the water needed for the operation of the plant is taken. The impact of the previous old blocks A and B for the production of electricity would not meet high environmental standards today. Modernized technology and the change of fuel from fuel oil to natural gas have largely led to more efficient work and an improved impact on the environment. The biggest positive change in the impact on the environment when the old blocks A and B stopped working in the new combo-cogeneration block C is visible through the reduced release of emissions into the air. In accordance with the norms from the environmental permit, the parameters of wastewater are continuously measured before discharge into the Sava River. The measurement of noise protection is carried out at the outer limits of the thermal power plant, which belongs to the 5th zone of economic use. TE-TO Sisak is part of the HEP group, which has a high rate of both ecological and biological protection, which is implemented on an ever-increasing scale in order to meet all prescribed standards.

41 pages, 11 figures, 26 tables, 28 references; original in Croatian

Keywords: thermal power plant, air emissions, environmental impact, waste water

Supervisor: Nenad Buzjak, PhD, Full Professor

Reviewers: Neven Bočić, PhD, Associate Professor  
Sven Jelaska, PhD, Full Professor  
Hana Fajković, PhD, Associate Professor

Thesis title accepted: 10/02/2022

Thesis accepted: 08/09/2022

Thesis deposited in Central Geographic Library, Faculty of Science, University of Zagreb, Marulićev trg 19, Zagreb, Croatia.

## SADRŽAJ

|   |    |
|---|----|
| 1. UVOD .....   | 1  |
| 1.1. Prostorni i vremenski raspon istraživanja.....                           | 2  |
| 1.2. Cilj istraživanja.....   | 3  |
| 1.3. Metodologija istraživanja .....  | 4  |
| 1.4. Dosadašnja istraživanja .....  | 4  |
| 2. PROVEDBA ZAŠTITE U SKLOPU HEP GRUPE .....                                  | 6  |
| 2.1. Zaštita zraka i smanjenje klimatskih promjena .....                      | 6  |
| 2.2. Zaštita biološke raznolikosti u sklopu HEP grupe .....                   | 7  |
| 3. METODE RADA KOMBI-KOGENERACIJSKOG BLOKA C .....                            | 8  |
| 3.1. Opskrba vodom .....  | 9  |
| 3.2.1. Koagulacija.....   | 11 |
| 3.2.2. Dekarbonizacija.....   | 11 |
| 3.2.3. Flokulacija.....   | 11 |
| 3.2.4. Sedimentacija .....  | 11 |
| 3.2.5. Filtracija .....   | 12 |
| 3.2.6. Ionska izmjena vode.....   | 12 |
| 3.3. Obrada otpadnih voda .....   | 13 |
| 3.4. Izvori emisija buke .....  | 16 |
| 3.5. Postupak procjene rizika od buke .....                                   | 17 |
| 3.6. Izvori emisija u zrak.....   | 18 |
| 4. ANALIZA PODATAKA I REZULTATI.....  | 21 |
| 4.1. Obrada otpadnih voda na bloku C .....                                    | 21 |
| 4.2. Analiza podataka zaštite od buke .....                                   | 24 |
| 4.3. Analiza izvora emisija u zrak .....                                      | 27 |
| 5. USPOREDBA STARIH BLOKOVA A I B S NOVIM KOMBI-KOGENERACIJSKIM BLOKOM C..... | 35 |



|  |      |
|--|------|
| 5.1. Emisije u zrak iz bloka A i B ..... | 35   |
| 5.2. Emisije u zrak iz bloka C .....     | 36   |
| 6. ZAKLJUČAK .....                       | 38   |
| 7. LITERATURA I IZVORI:.....             | 39   |
| 8. Prilozi.....                          | VIII |

## ZAHVALA

*Zahvaljujem se mentoru prof. dr. sc. Nenadu Buzjaku na pomoći prilikom pisanja diplomskog rada i dipl. kem. ing., univ. spec. oecoining Ivani Roksi na pomoći oko razrade teme i ustupanju podataka potrebnih za izradu.*

*Zahvaljujem se suprugu i cijeloj obitelji na nesebičnoj podršci i pomoći za vrijeme studiranja i obavljanja studentskih obveza.*

*Najveće hvala kćerki Evi koja mi je dozvolila da njezine prve dane života balansiram između majčinstva i studentskih obveza.*

## 1. UVOD

Veća potrošnja energije je posljedica globalnog razvoja i ubrzanog načina života. Optimalno korištenje energije, sa ciljem boljeg i komotnijeg života za čovjeka podrazumijeva velika ulaganja u znanost, te u razvoj novih i modernijih tehnologija, kako bi život na Zemlji ostao održiv. S proizvodnjom više energije, uz veću energetska učinkovitost u potrošnji i proizvodnji, pri čemu ne bi bilo štetnih emisija u okoliš a s prihvatljivom cijenom za potrošača možemo ostvariti cilj održivog razvoja na Zemlji (Radošević, 2022).

Održivi razvoj podrazumijeva optimalno korištenje prirodnih resursa sadašnjice, da pri tome ne ugrožava mogućnost korištenja budućim generacijama pri njihovom korištenju i zadovoljavanju vlastitih potreba (Drljača, 2012).

Cilj HEP-proizvodnje d.o.o. prilikom proizvodnje električne i toplinske energije je učinkovito upravljanje okolišem. Zbog svojih gotovo najvećih proizvodnih postrojenja u državi, svjesna je svog utjecaja na okoliš, te nastoji poduzimati mjere i aktivnosti kako bi okoliš koji koristi vratila u prvobitno stanje. Kontinuirano se ulaže u zaštitu okoliša na razne načine kao što su: modernizacija elektroenergetskih objekata, obuka i osposobljavanje djelatnika koji se bave zaštitom okoliša, unapređenje izvještavanja nadležnim institucijama i zainteresiranoj javnosti (HEP grupa, 2022).

Termoelektre i termoelektre-toplane su proizvodna postrojenja sastavljena od proizvodnih jedinica (blokova) za proizvodnju energije. Pri tome termoelektre (TE) proizvode električnu energiju a termoelektre-toplane (TE-TO) proizvode električnu i/ili toplinsku energiju. Za izvor energije ovisno o postrojenju koriste: plin, loživo ulje, biogorivo i ugljen. Uz glavna postrojenja, potrebni su prateći sustavi za siguran i pouzdan rad: sustavi napajanja, sustavi kemijske pripreme vode, rashladni sustavi, sustavi pripreme i dobave goriva, protupožarni sustavi, sustavi prijenosa električne energije, sustavi zbrinjavanja svih popratnih nusproizvoda i sustav za zaštitu prirode i monitoringa (HEP grupa, 2022).

## 1.1. Prostorni i vremenski raspon istraživanja

Termoelektrana-toplana Sisak smještena je u industrijskoj zoni grada Siska, koji je središnji dio Sisačko-moslavačke županije. Nalazi se u neposrednoj blizini desne obale rijeke Save, koja je i glavni izvor vode za njezin rad (sl. 1).



Sl. 1. Lokacija termoelektrane Sisak

Termoelektrana Sisak je 2015. godine, izgradnjom novog kombo-kogeneracijskog bloka C postala termoelektrana-toplana i počela s isporukom toplinske energije (sl. 2). Proizvodni kapacitet TE -TO Sisak je 235 MW električne i 50 MW toplinske energije. U krugu TE-TO Sisak nalaze se i stara postrojenja blok A i blok B koja nisu u funkciji od 2018. godine te pomoćna kotlovnica (pomoćni kotlovi PK1 I PK2) i PK3. Prestanak rada starih postrojenja dogodio se zbog visokih vrijednosti emisija koje nisu u skladu s današnjim dozvoljenim graničnim vrijednostima, propisanih novim okolišnim dozvolama. Sva postrojenja koja svojim radom mogu dovesti do emisija kojima se onečišćuje zrak, tlo, voda ili more moraju imati ishoduenu okolišnu dozvolu. Ona se za rad postrojenja izdaje u pisanom obliku, te treba sadržavati granične vrijednosti emisija onečišćujućih tvari, tehničke mjere i odgovarajuće zahtjeve za praćenje tla, zraka i voda uz primjenu najboljih raspoloživih tehnika. Uvođenje

okolišne dozvole za nova postrojenja, ili za postrojenja nakon rekonstrukcije provodi se najkasnije prije njihovog početka rada. Blok A je izgrađen 1970. g. a blok B 1976. g. te su za rad koristili gorivo loživo ulje. Izgradnjom bloka C koji za svoj rad koristi prirodni plin, značajno su smanjene štetne emisije u zrak, koje su ujedno i najveći onečišćivači okoliša. Novi kombo-kogeneracijski blok D odnosno bioelektrana BE–TO Sisak izgrađena je 2017. godine na području postojeće energane u Željezari u Sisku, proizvodnih kapaciteta 3MW električne i 10 MW toplinske energije. Za proizvodnju energije koristi se šumska biomasa te zbog obnovljivog izvora energije ima status povlaštenog proizvođača energije u periodu od 14 godina (HEP grupa, 2022).



Sl. 2. Termoelektrana Sisak

Izvor: HEP grupa, 2022

## 1.2. Cilj istraživanja

Cilj istraživanja je odrediti postoji li štetno djelovanje na okoliš, koje su propisane norme i koje propisane vrijednosti treba zadovoljiti prilikom proizvodnje električne i toplinske energije. Prikazati će se koliki su i koji su štetni učinci, kako ih možemo smanjiti najboljim raspoloživim tehnikama. Prilikom obrade podataka, uspoređeni su štetni utjecaji starih blokova A i B (koji za gorivo koristi loživo ulje) u odnosu na novoizgrađeni blok C. Prikazane su sadašnje dozvoljene vrijednosti i koje parametre treba zadovoljiti na bloku C, koji koristi kao gorivo prirodni plin s visokim stupnjem iskoristivosti. Prirodni plin kao gorivo dovodi do smanjenja



emisija onečišćujućih tvari u zrak, koristi se manje vode i time nastaju manje količine otpadnih voda, što su najveći postupci u smanjenju negativnog utjecaja na okoliš.

### **1.3. Metodologija istraživanja**

Prilikom izrade diplomskog rada, napravljena je kvalitativna i kvantitativna analiza podataka o utjecaju termoelektrane-toplane Sisak na okoliš korištenjem dosadašnjih izmjerenih podataka u razdoblju od 2017 g. do 2021.g. Opisane su metode rada koje se koriste za kemijsku pripremu Savske vode i analizu njezinih parametara prije puštanja u radni proces, obradu otpadnih voda, utjecaj emisija onečišćujućih tvari u zrak, emisije stakleničkih plinova i emisije buke koje štetno djeluju na okoliš u novoizgrađenom bloku C. Napravljena je usporedba negativnog djelovanja na okoliš između starih postrojenja bloka A i B, i novog bloka C. Korišteni su dosadašnji podaci i dosadašnja istraživanja u radu termoelektrane, koji su objavljeni u radovima i ostaloj stručnoj literaturi. Također su korišteni interni podaci dobiveni iz TE-TO Sisak u svrhu pisanja diplomskog rada.

### **1.4. Dosadašnja istraživanja**

Zbog velikog industrijskog napretka, neizostavno je kontinuirano praćenje i istraživanje normi i metoda koje zahtjeva današnja napredna tehnologija. U korak s time objavljeni su neki radovi koji prikazuju važnost smanjenja negativnog utjecaja na okoliš.

Roksa i Posavec (2013) analiziraju niz obveza uz primjenu najboljih raspoloživih tehnika (NRT) za ishođenje objedinjenih uvjeta zaštite okoliša (okolišne dozvole). Direktiva o cjelovitom nadziranju i sprječavanju onečišćenja (IPPC direktiva) ima ulogu zaštite vode, zraka, tla i mora u svim glavnim industrijskim sektorima (Roksa i Posavec, 2013).

Usporedba rada termoelektrane-toplane Sisak na starim postrojenjima bloku A i B s novim blokom C, kroz povijesni i tehnološki razvoj TE-TO Sisak prikazuje pozitivan utjecaj na kvalitetu života u Sisku, s obzirom na emisije onečišćujućih tvari u zrak (Roksa i Horžić, 2018)

Bricl i Avesec su napravili statističku analizu isplativosti termoelektrana uz dodatnu proizvodnju solarne električne energije. Smanjenjem korištenja fosilnih goriva u termoelektranama, koja za posljedicu imaju štetan utjecaj na okoliš u obliku ispušnih plinova, termoelektrane moraju snositi trošak za ukupna izdavanja na račun emisijskih jedinica ispuštenih u zrak. Te cijene danas nisu zanemarive, te okretanjem prema novim obnovljivim

izvorima uvelike se smanjuju ukupna izdavanja na račun emisijskih jedinica i samim time se povećava isplativost ulaganja u obnovljive izvore energije. Uzimajući u obzir sva potrebna novčana sredstva koja uključuju kupnju zemljišta, ulaganje u novi solarni sustav, izgradnju i cijenu inženjerskog rada zaključili su da je model isplativ uz pomoć solarne energije (Brič i Avesec, 2019).

Najveći fokus za smanjenje CO<sub>2</sub> odnosi se na izvore iz industrija, koje moraju ispuniti uvjete za njegovo smanjenje propisane europskim standardima. Sa ciljem prepoznavanja učinkovitih mjera tehničkih rješenja za ublažavanje emisija u zrak iz proizvodnih postrojenja, koje uzrokuju efekt staklenika potrebno ih je smanjiti novim tehnološkim mjerama ili uporabom obnovljivih izvora energije. Poboljšanje tehnoloških mjera je prvenstveno usmjereno na povećanje toplinske iskoristivosti u proizvodnji električne energije, proizvodnju energije iz obnovljivih izvora ili njihovom kombinacijom (Steen, 2000).

Proizvodnja energije iz obnovljivih izvora je u velikom porastu, energetski sektor je pred velikim promjenama i mora se prilagoditi izazovima. Smanjenje ugljikovog dioksida iz termoelektrane Osijek predloženo je hibridnom mogućnosti s postrojenjem za hvatanje ugljikovog dioksida. Sustav za hvatanje ugljikovog dioksida sadržavao bi postrojenje za hvatanje, korištenje i proizvodnju ugljikovog dioksida. Novim predloženim metodama rada cilj je veća proizvodnja električne energije uz visoku energetska učinkovitost, bez štetnih emisija u okoliš i prihvatljiva cijena za potrošača (Radošević, 2022).

## **2. PROVEDBA ZAŠTITE U SKLOPU HEP GRUPE**

### **2.1. Zaštita zraka i smanjenje klimatskih promjena**

HEP d.o.o. se obaveza da će sukladno s Pariškim sporazumom do 2030. godine povećati energetske učinkovitost s povećanjem udjela obnovljivih izvora i smanjenjem emisija stakleničkih plinova u okoliš.

Pariški sporazum je prvi pravno obavezujući sporazum u kojem su se sve članice Ujedinjenih naroda obvezale boriti protiv klimatskih promjena, odnosno ograničenja globalnog zatopljenja uzrokovano stakleničkim plinovima (URL 7).

Europska unija sa svim svojim članicama potpisala je i ratificirala Pariški sporazum, s ciljem što efikasnije njegove provedbe. Sukladno s ratifikacijom, članice EU su dogovorile usmjeravanje prema tome da EU do 2050. godine postane prvo klimatski neutralno društvo i gospodarstvo. U skladu s time, napravljena je strategija smanjenja emisija za najmanje 55% do 2030. godine u odnosu na vrijednosti emisija iz 1990. godine (URL 1).

Staklenički plinovi u atmosferi uzrokuju efekt staklenika, tj. zagrijavanje površine Zemlje. Najzastupljeniji su metan i ugljični dioksid, dušikov oksid i aerosoli. Sunce emitira kratkovalnu radijaciju u ultraljubičastom (UV), infracrvenom (IC) i vidljivom (VIS) području elektromagnetskog spektra na Zemljinu površinu. Sa Zemlje se reflektiraju ultraljubičasti i infracrveni dio spektra u obliku dugovalne radijacije nazad u svemir. Za razliku od kratkovalne radijacije koju staklenički plinovi velikim dijelom propuštaju, dugovalnu uglavnom apsorbiraju i ponovno emitiraju. Prilikom refleksije s površine Zemlje, staklenički plinovi u atmosferi apsorbiraju dio dugovalne Zemljine radijacije, te dolazi do zagrijavanja atmosfere. Za tu pojavu su odgovorni staklenički plinovi, koji reflektiraju Zemljino dugovalno zračenje nazad na njezinu površinu i uzrokuju efekt staklenika. To nije nužno samo loša pojava, jer zadržava toplinu oko Zemljine površine, a bez njega bi temperatura na Zemlji bila za oko 30 °C niža i nepogodna za život mnogih biljnih i životinjskih vrsta. Stoga su staklenički plinovi korisni sve dok ne dolazi do povećanog zagrijavanja Zemlje. Zbog ljudskog djelovanja poput sječa šuma, izgaranja fosilnih goriva, odlaganja otpada, industrijskih procesa, poljoprivrede i stočarstva dolazi do neravnoteže cijelog sustava i dodatnog zagrijavanja. Porast temperature u proteklih 100 godina iznosi u prosjeku od 0,4 - 0,8 °C. Smanjenje stakleničkih plinova možemo postići energetske korištenjem otpada, razvrstavanjem otpada, promjenom tehnologija u



industriji, povećanjem energetske učinkovitosti i korištenjem obnovljivih izvora energije (URL 5).

## 2.2. Zaštita biološke raznolikosti u sklopu HEP grupe

Termoelektrane Hrvatske elektroprivrede (HEP) protežu se kroz velik broj zaštićenih područja ili područja pod mrežom Natura 2000. Na području Republike Hrvatske nalazi se sedam termoelektrana od kojih su tri termoelektrane (TE Plomin, TE Rijeka, KTE Jertovec) i četiri termoelektrane-toplane (TE-TO Osijek, TE-TO Sisak, TE-TO Zagreb i EL-TO Zagreb (HEP grupa,2022).

Natura 2000 je ekološka mreža sastavljena od važnih područja koji su bitni za očuvanje ugroženih vrsta i staništa na području Europske unije. Cilj Natura 2000 je očuvati ugrožena ili rijetka staništa i uspostaviti povoljno stanje za život više od 1000 rijetkih i ugroženih vrsta. U ovakav tip zaštite je uključeno oko 30 000 područja, što je gotovo 20% teritorija Europske unije. U Republici Hrvatskoj ekološka mreža obuhvaća 36,8% kopnenog teritorija i 9.3% mora (URL 8).

Zakonski propisi na području Natura 2000, veliku pozornost daju ugrozi ptica, pogotovo na područjima gdje žive rijetke i ugrožene vrste. Takvo jedno područje je na otoku Cresu, koji je stanište ugrožene vrste bjeloglavog supa (*Gyps fulvus*) te su odrađene dodatne mjere zaštite od elektrokcije (strujnog udara). U svrhu zaštite na najkritičnijim dionicama korišteni su izolirani vodiči i podzemni kablovi (HEP grupa, 2022).

Kroz Park prirode Kopački rit iz fondova Europske unije izrađen je projekt u kojem bi se zaštitili svi opasni vodovi pomoću primjene izoliranih vodiča i ugradnjom izolacijske opreme.

U suradnji s udrugom BIOM na području hidroelektrane Varaždin, na umjetnom otoku održavaju se umjetni uvjeti za gniježđenje crvenokljune čigre (*Sterna hirundo*). Udruga BIOM u rano proljeće i jesen, uklanja košnjom vegetaciju s otoka kako bi se stvorili povoljni uvjeti za gniježđenje. Postavljene su fotozamke na području otoka, kako bi se pratilo gniježđenje crvenokljune čigre, prisutnost drugih ptica kao i prisutnost mogućih predatora. Veliki predator je vidra (*Lutra lutra*) koja se hrani jajima i mladunčadi crvenokljune čigre. Kako bi se zaštitila čigra, postavljena je električna ograda oko otoka koja sprječava dolazak vidre. Zbog sukcesije otoka i sprudova na rijekama, ugrožena su staništa ovoj vrsti (HEP grupa, 2022).

Na području Parka prirode Lonjsko polje predviđena je zaštita svih opasnih područja za ptice od elektrokcije, gdje je utvrđeno oko 70 opasnih mjesta. Elektrokcija je pojava strujnog udara, pri čemu ptice s velikim rasponom krila dodirnu dvije faze ili jednu fazu i uzemljenje na električnoj mreži, što uzrokuje kratki spoj. Pošto se perje ptica ponaša kao izolator, do elektrokcije dolazi dodirnom dijelom ptica koji nisu prekriveni perjem (Korša, 2019).

Na području parka prirode, najugroženija vrsta je bijela roda (*Ciconia ciconia*), koja se gnijezdi na električnim stupovima, koji su upravo najkritičnija mjestima za zaštitu. Na više od 1000 gnijezda koja su na električnim stupovima u svrhu zaštite radi se zamjena ili popravak nosača za gnijezda i ugradnja zaštitne opreme (HEP grupa, 2022).

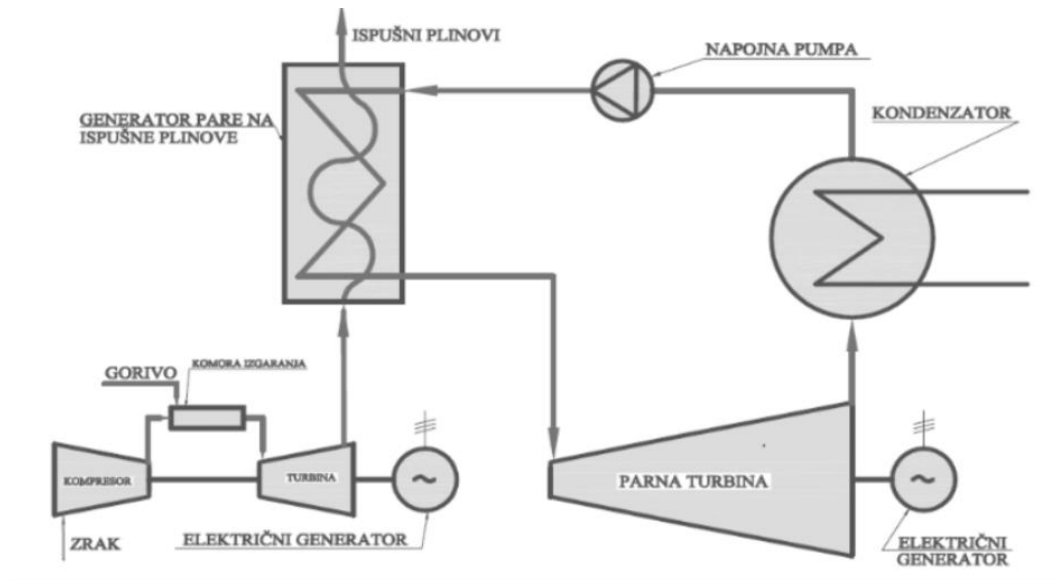
U Hidroelektrani Varaždin uz postojeće riblje staze, napravljena je projektna dokumentacija za izradu novih i učinkovitijih. (HEP grupa, 2022). Riblje staze su umjetno napravljene konstrukcije koje omogućavaju uzvodnu ili nizvodnu migraciju riba kao i svih ostalih organizama kako bi zaobišle prepreku. U našem slučaju ta prepreka je hidroelektrana. Izgradnja hidroelektrana ili drugih riječnih pregrada uzrokuje gubitak uzdužne povezanosti i gubitak riječnog staništa čime izgradnja riječnih staza umanjuje negativan ekološki utjecaj (Ocvirk i Gilja, 2017).

Područje HE Varaždin zaštićeno je u sklopu regionalnog parka Mura – Drava, kao područje Natura 2000 i od strane UNESCO-ovog prekograničnog rezervata Mura – Drava – Dunav (HEP grupa, 2022).

### **3. METODE RADA KOMBI-KOGENERACIJSKOG BLOKA C**

Postrojenje bloka C sastoji se od plinske i parne turbine. Glavna namjena ovakvog postrojenja je iskorištavanje topline nastale na izlazu iz plinske turbine. Za rad plinske turbine koristi se gorivo prirodni plin te kao produkt sagorijevanja nastaju ispušni plinovi. Pošto su plinovi na izlazu iz plinske turbine vrlo visoke temperature, mogu se koristiti kao sredstvo koje će u kotlu (generatoru pare na ispušne plinove) grijati demineraliziranu vodu i proizvoditi paru za parnu turbinu. Demineralizirana voda u proces dolazi napojnom pumpom iz spremnika za demineraliziranu vodu. Time se povećava iskoristivost samog procesa, jer je toplina koju bi izgubili s plinske turbine iskorištena za daljnju proizvodnju pare potrebne parnoj turbini. Nakon odrađenog ciklusa para iz parne turbine dolazi u kondenzator gdje se hladi pomoću rashladne

Savske vode i ponovno ide napojnom pumpom u kotao, te se ciklus ponavlja kako je prikazano u sl. 3 (Boltužić, 2012).



Sl. 3. Shema rada bloka C

Izvor: Vukša T. Integracija toplinskog spremnika u kombi kogeneracijsko postrojenje

### 3.1. Opskrba vodom

Voda iz rijeke Save, odnosno iz vodozahvata i crpne stanice koristi se za protupožarne, rashladne i tehnološke potrebe (sl. 4). Za sanitarne potrebe koristi se voda iz gradskog, odnosno Sisačkog vodovoda (Slavica, 2021).

Voda sa crpne stanice koristi se u rashladne svrhe i kao tehnološka voda u termoenergetskom postrojenju koja prolazi kroz kemijsku pripremu vode (KPV). Pogon za kemijsku pripremu vode je potpuno automatiziran te omogućuje upravljanje i automatizaciju procesnih jedinica s jednog mjesta (Roksa, 2013).



Sl. 4. Crpna stanica na vodozahvatu rijeke Save

### 3.2. Kemijska priprema vode

U kemijskoj pripremi vode (KPV) koja je automatizirani proces, za tehnološke potrebe se obrađuje sirova savska voda. Postupak se provodi predobradom sirove vode te demineralizacijom predobrađene vode pomoću procesa ionske izmjene. Demineralizacija se provodi nizom ionskih izmjenjivača. Voda nakon faze demineralizacije je u potpunosti oslobođena minerala. Takva voda se skladišti u bazenu za demineraliziranu vodu kako bi bila dostupna za rad postrojenja.

Za što bolju demineralizaciju prethodno se uklanjaju krute tvari i karbonati. Predobrada uključuje koagulaciju sa željezo (III) kloridom ( $\text{FeCl}_3$ ), dekarbonizaciju s vapnenim mlijekom ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ), flokulaciju, sedimentaciju s izdvajanjem karbonatnog mulja, te dodatno izdvajanje karbonatnog mulja pomoću filtracije.

### **3.2.1. Koagulacija**

Suspendirane čestice u vodi su zapravo koloidne čestice koje imaju negativni površinski naboj. Taj naboj sprječava međusobno približavanje čestica, te takve čestice se ne mogu taložiti gravitacijom. Za savladavanje negativnog površinskog naboja dodaje se kationski koagulant željezo (III) klorid ( $\text{FeCl}_3$ ). Brzo miješanje uz dodatak kontaktnog mulja dovodi do stvaranja flokula za koloide koji dovode do konačnog procesa koagulacije.

### **3.2.2. Dekarbonizacija**

Hidrogen karbonat i slobodna karbonska kiselina uklanjaju se dodatkom vapna ( $\text{Ca(OH)}_2$ ). Vapno reagira sa spojevima i stvara kalcijev karbonat ( $\text{Ca CO}_3$ ). Dodavanjem vapna se povećava pH, koji je preduvjet za izlazak kalcijeva karbonata iz otopine.

### **3.2.3. Flokulacija**

Procesom flokulacije stvaraju se veće flokule iz mikroflokula nastalih procesom koagulacije. Sporo miješanje omogućuje malim flokulama ulaz u druge flokule te stvaranje većih. Dodaju se kationski polimeri koji djeluju kao dugi lančani mostovi između flokula i pospješuju proces koagulacije.

### **3.2.4. Sedimentacija**

U procesu sedimentacije dolazi do odvajanja flokula i vode. Sedimentacijski spremnik se nalazi u komparativnom bazenu. Iznad polovice bazena se događa uzlazno miješanje vode i flokula. Voda ulazi pri dnu bazena prema gore, dok se kretanje flokula odvija u suprotnom smjeru od toka vode, (odozgo prema dolje pod utjecajem gravitacije). Na vrhu bazena voda se preljeva preko lamelastih separatora i otječe u bazen za dekarboniziranu vodu.

Dno bazena je konusnog oblika gdje se gustoća taloga povećava prema dnu. Aglomerirane gušće tvari na dnu nazivaju se muljem te se uklanjaju iz bazena. Dio mulja se vraća u koagulacijski spremnik kao kontaktni mulj koji djeluje u stvaranju flokula, a ostatak se uklanja iz faze predobrade.

### 3.2.5. Filtracija

Ovisno o količini potrebne vode sudjeluju jedan ili dva pješčana filtra ispunjena kvarcnim pijeskom. Filtri uklanjaju ostale krute tvari zaostale u vodi. Uklanjanje zaostalih tvari s filtra vrši se periodičkim ispiranjem.

U postupak predobrade sirove vode se ponovno vraća oko 95% vode s pješčanog filtra a ostatak se obrađuje na filter preši za obradu otpadnih voda. Produkt s filter preše je mulj koji se zbrinjava kao neopasan otpad.

### 3.2.6. Ionska izmjena vode

Ionska izmjena vode je proces zastupljen u industrijskoj pripremi vode pri čemu dobivamo omekšanu, dekarboniziranu ili demineraliziranu vodu. Vezanjem iona iz otopine za kruti ionski izmjenjivač, koji pri tom otpušta istu količinu stehiometrijski ekvivalentnog naboja dolazi do ionske izmjene iona. Građa ionskog izmjenjivača je u obliku trodimenzionalnog kostura, pri čemu je izmjenjivač električki neutralan. Na trodimenzionalni kostur su vezani nepokretni negativni ili pozitivni električni naboji, te u njega difundiraju pokretni ioni iz otopine. Pri doticaju ionskog izmjenjivača s otopinom iona, dolazi do njihove izmjene dok se ne uspostavi ravnotežno stanje (Mijatović i Matošić, 2020).

Ionska izmjena za tehnološke vode provodi se pomoću dvije linije ionskih izmjenjivača, koji su prema svom sastavu kationski, anionski i miješani (sl. 5). Dobivena demineralizirana voda se čuva u spremnicima i koristi se kao dopuna ciklusa voda-para i kao napojna voda kotla. Nakon zasićenja izmjenjivača s ionima, iz otopine regenerira se sredstvima za eluaciju pokretnih iona koji su se vezali za izmjenjivač. Za kationske izmjenjivače koristi se klorovodična kiselina (HCl) a za anionske izmjenjivače natrijeva lužina (NaOH), uz ispiranje s demineraliziranom vodom. Nakon nekoliko puta regeneracije izmjenjivač je ponovno u početnom obliku spreman za rad. Otpadne vode od ispiranja i regeneracije obrađuju se pomoću neutralizacijskih uređaja (Slavica, 2021).



Sl.5. Sustav za ionsku izmjenu vode

### 3.3. Obrada otpadnih voda

Industrijske otpadne vode najčešće su opterećene određenim štetnim tvarima, te ih je zbog toga potrebno pročistiti prije ispuštanja u okoliš. Time se smanjuje kritična vrijednost parametara u vodi koja je specifična za svako industrijsko postrojenje. Vrijednosti parametara otpadnih voda moraju biti u skladu sa zakonski propisanim regulativama. Shema obrade otpadnih voda prikazana je na sl.6 (URL 6).

Otpadne vode s obzirom na vrstu onečišćujućih tvari možemo podijeliti na:

- a) Kisele ili lužnate: otpadne vode od odmuljavanja i od odsoljavanja kotlova, otpadne vode od pranja vodene strane kotlova, te od regeneracije ionskih izmjenjivača
- b) S primjesom teških metala: otpadne vode opterećene muljem iz KPV, od pranja dimne strane kotlova i otpadne vode od pranja lopatica turbine.
- c) Zauljene: potencionalno zauljene vode od transformatora, otpadne vode od pranja podova u strojarnici i kotlovnica.

U TE-TO Sisak provode se procesi:

a) Neutralizacije

Neutralizacija je proces dovodenja pH otpadnih voda na neutralnu vrijednost ( $\text{pH}=7$ ) uz pomoć kemikalija koje ovise o pH otpadne vode (URL 2).

Neutralizacija se provodi u neutralizacijskim bazenima NB1 i NB2 uz dodatak lužine NaOH i kiseline HCl s popratnim miješanjem i aeracijom.

b) Uklanjanje teških metala iz otpadnih voda

Teški metali su skupina onečišćujućih spojeva, koji štetno djeluju na okoliš dugi niz godina zbog svoje nerazgradivosti. Dijele se na esencijalne, koji su potrebni za pravilnu funkciju organizma, pri čemu ih ne smije biti premalo ni previše u organizmu. Ti metali su nikal, cink, željezo, bakar, kobalt, molibden, mangan i krom. U drugu skupinu spadaju neesencijalni metali koji su potencijalno štetni za zdravlje organizama, te nije poznata njihova funkcija u organizmu. U neesencijalne metale ubrajamo arsen, kadmij, živu, olovo, kositar i nikal, te upravo oni imaju najnegativniji utjecaj na čovjeka. Teške metale nalazimo u Zemljinoj atmosferi, biosferi, hidrosferi i litosferi. Oni neprestano kruže u prirodi iz jednog kemijskog oblika u drugi i pri tome se ne razgrađuju. Antropogeni izvori povećavaju njihovu emisiju pri čemu ih vodene i zračne struje raznose na velike udaljenosti (CEE, 2016).

Industrijsko uklanjanje teških metala u netopive hidrokside obavlja se pomoću vapnenog mlijeka i karbonatnog mulja u reaktoru za sedimentaciju i neutralizaciju (R1), te se nakon toga smanjuje volumen mulja na filter preši. Dodatkom kiseline (HCl) ili lužine (NaOH) radi se neutralizacija filtrata.

c) Obrada mulja i potencijalno zauljene otpadne vode

Mulj dobiven dekrabonizacijom sirove vode i mulj od ispiranja pješčanih filtara iz retencijskih bazena, također se filtriraju na filter preši, nakon čega slijedi neutralizacija. Potencijalno zauljene otpadne vode s transformatora otječu u uljnu jamu volumena 276 m<sup>3</sup> koja može prihvatiti ukupnu količinu ulja s transformatora u slučaju havarije, kako bi se spriječilo otjecanje ulja u okoliš. Voda se pročišćuje separacijom ulja u jami, nakon čega se ona po potrebi čisti od taloga ili nakupljenog ulja s površine vode. Nakon obrade vode, ona se ispušta u sustav kanalizacije.

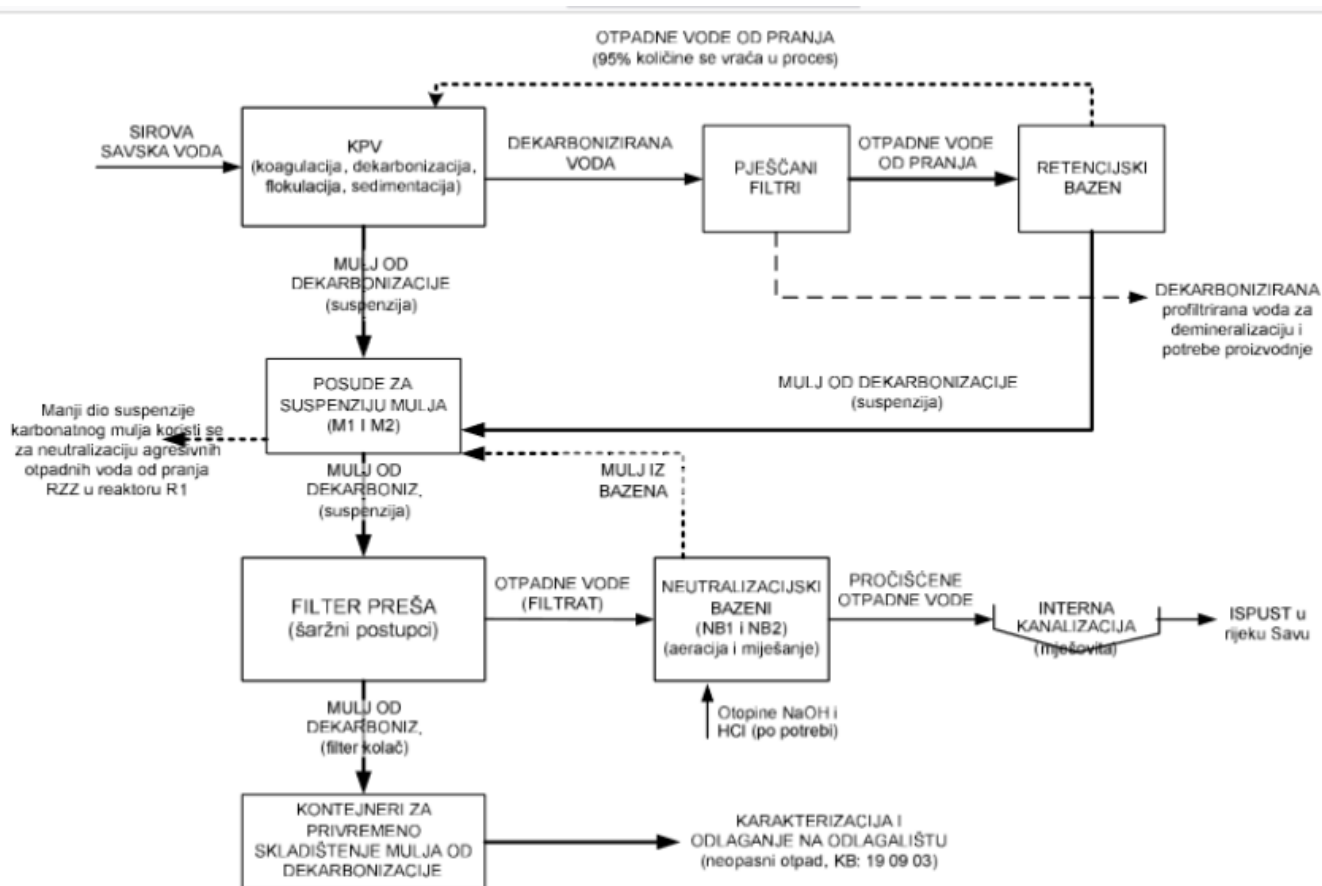


Muljevi i zauljena voda iz separatora se zbrinjavaju kao opasni otpad, muljevi od sanitarnih voda iz septičkih jama kao neopasni otpad. Kod čišćenja njihovo zbrinjavanje obavljaju ovlaštene tvrtke.

Sanitarna otpadna voda se skuplja u trokomornoj septičkoj jami i u septičkoj jami bloka C. Prva komora služi za glavni dio taloženja gdje se uz biološke procese dobije i najveća količina taloga. Ostale komore su preljevne i sadrže manju količinu taloga, dok je zadnja komora bez taloga.

Obrađene industrijske, sanitarne i oborinske vode završe u internoj kanalizaciji koja zajedno s rashladnom vodom iz postrojenja završi u rijeci Savi. Prije samog miješanja voda iz interne kanalizacije s rashladnom vodom, ovlaštenu laboratorij u mjernom oknu (II) (MO II, ispust V) četiri puta godišnje kontrolira kvalitetu ispuštene vode.

Okolišna dozvola zahtjeva praćenje emisija otpadnih voda u kontrolnom mjernom oknu MO II, koje moraju biti u skladu s graničnim vrijednostima emisija (GVE) za određene parametre. Za izradu diplomskog rada korištene su podaci iz okolišne dozvole iz 2021. godine, ali je izašla početkom godine i nova okolišna dozvola za 2022. godinu. Prati se vrijednost metala i njihovih spojeva, organske otrovne tvari koje se akumuliraju u živim organizmima, postojani ugljikovodici, suspendirani materijali, kemijska potrošnja kisika (KPK), biokemijska potrošnja kisika (BPK) i pH vrijednost (Slavica, 2021).



Sl. 6. Shema rada za obradu otpadnih voda termoelektrane Sisak

Izvor: Tehničko-tehnološko rješenje usklađenja postojećeg postrojenja TE-TO Sisak, 2013. HEP-proizvodnja d.o.o.

### 3.4. Izvori emisija buke

Glavni izvori buke TE-TO Sisak potječu iz proizvodnih jedinica od transformatora, ventilatora i pumpa. Sigurnosni ventili i dizel agregati mogu značajno povećati izvor buke. Mjerenja se provode uz ogradu industrijskog područja TE -TO Sisak, na 16 mjernih lokacija kao i dodatna mjerenja u postrojenju oko bloka C nakon nekih većih promjena u radu ili izgradnji postrojenja. Dopuštena emisija buke iznosi 80 dB unutar zone gospodarske namjene, što spada u 5. zonu buke po tablici iz NN br. 20/03 čl. 5 (Slavica, 2021). Pravilnik o najvišim dopuštenim razinama buke u sredinama u kojima ljudi rade i borave čl. 5. Najviše dopuštene razine buke prikazane su u tablici 1.

Tab. 1: Najviše dopuštene razine buke prema zakonu o zaštiti od buke, NN br. 20/03

| Zona buke | Namjena prostora  | Najviše dopuštene ocjenske razine buke emisije $L_{RAeq}$ u dB(A)   |                     |
|-----------|---|---|---------------------|
|           |   | za dan ( $L_{day}$ )  | noć ( $L_{night}$ ) |
| 1.        | Zona namijenjena odmoru, oporavku i liječenju                                 | 50  | 40                  |
| 2.        | Zona namijenjena samo stanovanju i boravku                                    | 55  | 40                  |
| 3.        | Zona mješovite, pretežito stambene namjene                                    | 55  | 45                  |
| 4.        | Zona mješovite, pretežito poslovne namjene sa stanovanjem                     | 65  | 50                  |
| 5.        | Zona gospodarske namjene<br><br>(proizvodnja, industrija, skladišta, servisi) | – Na granici građevne čestice unutar zone<br><br>–buka ne smije prelaziti 80 dB(A)<br><br>– Na granici ove zone buka ne smije prelaziti dopuštene razine zone s kojom graniči |                     |

Izvor: Zakon o zaštiti od buke, NN br. 20/03

### 3.5. Postupak procjene rizika od buke

#### 1. Korak: Prepoznavanje opasnosti

Provođenjem mjerenja buke se utvrđuje i vrednuje rizik njezinoj izloženosti. Mjerenja se provode u odgovarajućim vremenskim intervalima (dnevni, kontinuiranim i prosječnim razinama zvučnog tlaka) koja moraju biti pažljivo provedena od strane stručnjaka. Mjerni instrumenti moraju biti pouzdani i odgovarajući za određeno mjerenje.

## 2. Procjena i vrednovanje rizika

Procjena rizika određuje stvarnu izloženost buci s parametrima ekvivalentne razine buke u bučnim okolišima i trajanje izloženosti buci.

## 3. Odluka o poduzimanju mjera

Izloženost buci možemo smanjiti napretkom raspoloživih mjera na samom izvoru buke, ili njegovom redukcijom na najmanju moguću mjeru. Smanjenje buke moguće je uvažavajući: mjere na samom izvoru, mjere vezane uz opremu, materijale i radne procese, mjere akustičnosti prostorije i strukturne mjere, tehničke i organizacijske mjere te osobnu zaštitu od buke (URL 3).

### 3.6. Izvori emisija u zrak

Emisije u zrak spadaju u točkaste izvore emisija s onečišćujućim tvarima. Članak 9. zakon o zaštiti zraka NN br. 130/11, 47/14 i 61/17 u RH definira izvore onečišćenja kao:

#### **Nepokretni:**

Točkasti izvori – onečišćujuća tvar se ispušta u zrak, kroz oblikovane ispuste ( industrijski pogoni, postrojenja, tehnološki procesi isl. )

Difuzni izvori – onečišćujuća tvar se ispušta u zrak bez oblikovanog ispusta / dimnjaka (određene aktivnosti, uređaji i sl. )

#### **Pokretni:**

U pokretne emisije ispusta u zrak spadaju sva pokretna prijevozna sredstva koja prilikom svog rada ispuštaju onečišćujuće produkte nakon izgaranja u zrak (poljoprivredni strojevi, motorna vozila, lokomotive, plovni strojevi itd.) ( URL 4).

U postrojenju TE-TO Sisak emisije u zrak nastaju izgaranjem goriva prilikom rada plinske turbine bloka C, pomoćnih parnih kotlova PK1, PK2, PK3 i vrelovodnih kotlova VK1 i VK2. Izgaranjem prirodnog plina prilikom rada plinske turbine, nastali dimni plinovi se ispuštaju kroz dimnjak visine 60 m (ispust Z4) koji se nastavlja na kotao za ispušne plinove (KIP).

Ispust Z4 uglavnom sadrži dušikove okside ( $\text{NO}_x$ ),  $\text{SO}_2$ , CO i krute čestice. Kako bi se smanjile emisije dušikovih oksida, koriste se dvije suhe komore za izgaranja.

Suhe komore za izgaranje služe za redukciju emisija  $\text{NO}_x$  spojeva koji su najveći problem emisija u atmosferi. Kontinuirano praćenje se provodi svakih 6 mjeseci pomoću automatskog mjernog sustava (AMS) koji prati volumni udio kisika, temperaturu, emitirani maseni protok, dušikove okside,  $\text{SO}_2$ , CO i količinu krutih čestica (sl. 7).

Iz vrelovodnih kotlova gdje se nalaze mali uređaji za loženje, za pripremu plina bloka C, nalaze se dva ispusta Z5 i Z6. Dimnjaci su visine 6 m i unutarnjeg promjera 400 mm a sam međuprostor je izoliran mineralnom vunom. VK1 I VK2 mogu koristiti samo prirodni plin a njihovi plamenici su opremljeni za niske emisije onečišćujućih tvari u zrak.

Mjerenje se provodi povremeno, otprilike jednom u dvije godine mjereći  $\text{NO}_x$ , CO, dimni broj i  $\text{O}_2$ . Ukoliko se mjerenje provodi in-situ, što znači direktno mjerenje na ispustu potrebno je dodatno mjerenje temperature i  $\text{H}_2\text{O}$  u vlažnim otpadnim plinovima. (Ukoliko blok C radi manje od 500 h godišnje, mjerenja nije potrebno provoditi).

Pomoćni kotlovi PK1 i PK2 služe za proizvodnju pregrijane vodene pare za opskrbu HEP Toplinarstva d.o.o. PK1 I PK2 mogu koristiti samo prirodni plin kao pokretačko gorivo, jer korištenje tekućeg goriva u tom postrojenju više nije moguće. Kotlovi dimne plinove ispuštaju u ispust Z3. Dimnjak je visine 35 metara s dvije dimovodne cijevi promjera 1 metar. S ispusta Z4, emisije u zrak uglavnom sadrže dušikove okside  $\text{NO}_x$ . Ostale onečišćujuće tvari CO,  $\text{SO}_2$  i lebdeće čestice su prisutne u manjim koncentracijama. Mjerenje na ispustu Z3 provodi se povremeno jednom u dvije godine pri čemu se mjeri  $\text{O}_2$ , CO i  $\text{NO}_x$ . Ukoliko se mjerenje provodi in-situ potrebno je još mjeriti i  $\text{H}_2\text{O}$  u vlažnim otpadnim plinovima i temperaturu.

Parni kotao PK3 može raditi na prirodni plin i na plinsko ulje te ima ispust (Z7). Emisije s ispusta Z7 sadrže  $\text{NO}_x$ , te u manjim koncentracijama CO,  $\text{SO}_2$ . Mjerenje na ispustu (Z7) provodi se povremeno jednom u dvije godine pri čemu se mjeri  $\text{O}_2$ , CO i  $\text{NO}_x$ . Ukoliko se mjerenje provodi in-situ potrebno je još mjeriti i  $\text{H}_2\text{O}$  u vlažnim otpadnim plinovima i temperaturu.

Mjerni instrument kojim se provodi povremeno mjerenje mora imati normu o umjeravanju koja je u skladu s propisanim normama. Praćenje emisija u zrak obavljaju laboratoriji koji imaju dozvolu ministarstva nadležnog za zaštitu okoliša. Za mjerenje navedenih parametara

se koristi referentna metoda HRN EN 14181. U slučaju da ona nije prisutna, koriste se ISO, međunarodne ili nacionalne norme pomoću kojih se također dobivaju vjerodostojni podaci (Slavica, 2021).



Sl. 7. Uređaj za mjerenje emisija u zrak

## 4. ANALIZA PODATAKA I REZULTATI

### 4.1. Obrada otpadnih voda na bloku C

U nastavku rada prikazani su tablični podaci analize kvalitete otpadnih voda na mjernom oknu II prije ispusta u rijeku Savu. Prikazane su vrijednosti u razdoblju od pet godina, od 2017. do 2021. godine.

Tab. 2: Rezultati analize kvalitete otpadnih voda na MO II za 2017. godinu

| Pokazatelj         | Mjerna jedinica | Granična vrijednost | I.kvartal<br>(23.03.) | II.kvartal<br>(05.06.) | III.kvartal<br>(14.09.) | IV.kvartal<br>(11.12.) | Srednja vrijedn. |
|--------------------|-----------------|---------------------|-----------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|------------------|
| Suspendirane tvari | mg/l            | < 35,0              | 4,8                   | 27,6                   | 4,2                     | < 2,00                 | 9,65             |
| KPK <sub>Cr</sub>  | mg/l            | < 125,0             | 17,2                  | 9,76                   | 10,5                    | < 3,00                 | 10,12            |
| BPK <sub>5</sub>   | mg/l            | < 25,0              | 6,7                   | 5,39                   | 4,23                    | 2,62                   | 4,74             |
| Mineralna ulja     | mg/l            | < 10,0              | < 2,00                | < 2,00                 | < 2,00                  | < 2,00                 | 2                |
| Krom ukupni        | mg/l            | < 0,5               | < 0,03                | < 0,03                 | < 0,03                  | 0,045                  | 0,034            |
| Nikal              | mg/l            | < 0,5               | < 0,05                | < 0,05                 | < 0,05                  | 0,027                  | 0,044            |
| Željezo            | mg/l            | < 2,0               | < 0,10                | 0,4                    | < 0,10                  | 0,29                   | 0,223            |
| pH-vrijednost      | -               | > 6,5               | 7,67                  | 8,09                   | 7,95                    | 8,35                   | 8,02             |
|                    |                 | < 9,0               |                       |                        |                         |                        |                  |
| T (izljevni bunar) | °C              | < 30,0              | 12,6                  | 24,1                   | 23                      | 12                     | -                |
|                    |                 | (< 35,0)*           |                       |                        |                         |                        |                  |

\*dozvoljena GV od 35 °C primjenjuje se kada je temperatura voda na zahvatu viša od 20 °C

Tab. 3: Rezultati analize kvalitete otpadnih voda na MO II za 2018. godinu

| Pokazatelj         | Mjerna jedinica | Granična vrijednost | I.kvartal (13.03.) | II.kvartal (13.06.) | III.kvartal (13.09.) | IV.kvartal (06.12.) | Srednja vrijedn. |
|--------------------|-----------------|---------------------|--------------------|---------------------|----------------------|---------------------|------------------|
| Suspendirane tvari | mg/l            | < 35,0              | 1,8                | 35                  | 2,4                  | 2                   | 10,3             |
| KPK <sub>Cr</sub>  | mg/l            | < 125,0             | < 15,00            | 22                  | < 15,00              | < 15,00             | 16,75            |
| BPK <sub>5</sub>   | mg/l            | < 25,0              | 20                 | 3,4                 | 0,8                  | 1,8                 | 6,5              |
| Mineralna ulja     | mg/l            | < 10,0              | < 0,50             | 1,68                | < 0,20               | 2,5                 | 1,22             |
| Krom ukupni        | mg/l            | < 0,5               | < 0,03             | < 0,03              | 0,03                 | < 0,03              | 0,03             |
| Nikal              | mg/l            | < 0,5               | < 0,05             | < 0,05              | < 0,05               | < 0,05              | 0,05             |
| Željezo            | mg/l            | < 2,0               | 1,09               | 1,28                | < 0,10               | 0,3                 | 0,693            |
| pH-vrijednost      | -               | > 6,5               | 7,9                | 7,8                 | 8,1                  | 7,9                 | 7,93             |
|                    |                 | < 9,0               |                    |                     |                      |                     |                  |
| T (izljevni bunar) | °C              | < 30,0              | 8,9                | 29,2                | 28,8                 | 14,3                |                  |
|                    |                 | (< 35,0)*           |                    |                     |                      |                     |                  |

\*dozvoljena GV od 35 °C primjenjuje se kada je temperatura voda na zahvatu viša od 20 °C

Tab. 4: Rezultati analize kvalitete otpadnih voda na MO II za 2019. godinu

| Pokazatelj         | Mjerna jedinica | Granična vrijednost | I.kvartal (26.02.) | II.kvartal (6.06.) | III.kvartal (12.09.) | IV.kvartal (19.11.) | Srednja vrijedn. |
|--------------------|-----------------|---------------------|--------------------|--------------------|----------------------|---------------------|------------------|
| Suspendirane tvari | mg/l            | < 35,0              | < 2,00             | 3,6                | 2,1                  | 21                  | 7,18             |
| KPK <sub>Cr</sub>  | mg/l            | < 125,0             | < 15,00            | <15,00             | < 15,00              | < 15,00             | 15               |
| BPK <sub>5</sub>   | mg/l            | < 25,0              | 1,1                | 3,7                | 1,6                  | 1,4                 | 1,95             |
| Mineralna ulja     | mg/l            | < 10,0              | < 0,20             | < 0,20             | < 0,20               | < 0,20              | 0,2              |
| Krom ukupni        | mg/l            | < 0,5               | < 0,03             | < 0,03             | < 0,03               | < 0,03              | 0,03             |
| Nikal              | mg/l            | < 0,5               | < 0,05             | < 0,05             | < 0,05               | < 0,05              | 0,05             |
| Željezo            | mg/l            | < 2,0               | < 0,10             | 0,23               | < 0,10               | 0,82                | 0,31             |
| pH-vrijednost      | -               | > 6,5               | 7,9                | 8,1                | 7,9                  | 8                   | 7,98             |
|                    |                 | < 9,0               |                    |                    |                      |                     |                  |

\*dozvoljena GV od 35 °C primjenjuje se kada je temperatura voda na zahvatu viša od 20 °C



Tab. 5: Rezultati kvalitete otpadnih voda na MO II za 2020. godinu

| Pokazatelj         | Mjerna jedinica | Granična vrijednost | I.kvartal (27.02.) | II.kvartal (19.05.) | III.kvartal (25.08.) | IV.kvartal (24.11.) | Srednja vrijedn. |
|--------------------|-----------------|---------------------|--------------------|---------------------|----------------------|---------------------|------------------|
| Suspendirane tvari | mg/l            | < 35,0              | 2,8                | 12                  | 4,6                  | 30                  | 12,35            |
| KPK <sub>Cr</sub>  | mg/l            | < 125,0             | < 15,0             | < 15,0              | < 15,0               | < 15,0              | 15               |
| BPK <sub>5</sub>   | mg/l            | < 25,0              | 1                  | 3,4                 | 2                    | 3,9                 | 2,58             |
| Mineralna ulja     | mg/l            | < 10,0              | 0,2                | < 0,20              | < 0,20               | < 0,20              | 0,2              |
| Krom ukupni        | mg/l            | < 0,5               | < 0,03             | < 0,05              | < 0,05               | < 0,05              | 0,05             |
| Nikal              | mg/l            | < 0,5               | < 0,05             | < 0,05              | < 0,05               | < 0,05              | 0,05             |
| Željezo            | mg/l            | < 2,0               | 0,17               | 0,23                | 0,25                 | 0,19                | 0,21             |
| pH-vrijednost      | -               | > 6,5               | 7,9                | 7,8                 | 7,9                  | 8,1                 | 7,93             |
|                    |                 | < 9,0               |                    |                     |                      |                     |                  |
| T (izljevni bunar) | °C              | < 30,0              | 9,8                | 24,3                | 24,8                 | 15,7                |                  |
|                    |                 | (< 35,0)*           |                    |                     |                      |                     |                  |

\*dozvoljena GV od 35 °C primjenjuje se kada je temperatura voda na zahvatu viša od 20 °C

Tab. 6: rezultati kvalitete otpadnih voda na MOII za 2021. godinu

| Pokazatelj         | Mjerena jedinica | Granična vrijednost | I.kvartal (22.2.) | II.kvartal (25.5.) | III.kvartal (17.8.) | IV.kvartal (23.11.) | srednja vrijedn. |
|--------------------|------------------|---------------------|-------------------|--------------------|---------------------|---------------------|------------------|
| Suspendirane tvari | mg/l             | < 35,0              | 29                | 9                  | 21                  | 2                   | 15,25            |
| KPK <sub>Cr</sub>  | mg/l             | < 125,0             | < 15              | < 15               | < 15                | < 15                | 15               |
| BPK <sub>5</sub>   | mg/l             | < 25,0              | 1,6               | 2                  | 2,4                 | 1,6                 | 1,9              |
| Mineralna ulja     | mg/l             | < 10,0              | < 0,20            | < 0,20             | < 0,20              | < 0,20              | 0,2              |
| Krom ukupni        | mg/l             | < 0,5               | < 0,050           | < 0,050            | < 0,050             | < 0,050             | 0,05             |
| Nikal              | mg/l             | < 0,5               | 0,06              | < 0,050            | < 0,050             | < 0,050             | 0,05             |
| Željezo            | mg/l             | < 2,0               | 1,4               | 0,15               | 0,67                | 0,12                | 0,59             |
| pH-vrijednost      | -                | > 6,5/< 9,0         | 8                 | 8,2                | 7,6                 | 8                   | 7,95             |
| T (izljevni bunar) | °C               | < 30,0              | 9                 | 14,6               | 30                  | 15                  | -                |
|                    |                  | (< 35,0)*           |                   |                    |                     |                     |                  |

\*dozvoljena GV od 35 °C primjenjuje se kada je temperatura voda na zahvatu viša od 20 °C

Vrijednosti tabličnih podataka u vremenskom razdoblju od pet godina iskazane su u jedinicama mg/l, te su uzorkovanja vršena kvartalno za svaku godinu. U cijelom vremenskom periodu vrijednosti parametara: suspendiranih tvari, kemijske potrošnje kisika (KPK), biokemijske potrošnje kisika (BPK), mineralnih ulja, ukupnog kroma, nikla, željeza, pH vrijednosti i temperature na izljevnom bunaru su manje od graničnih vrijednosti koje su propisane rješenjem o okolišnoj dozvoli. Razlog tome su moderni industrijski pogoni za rad, koji su vrlo precizni i automatizirani te su greške koje bi se mogle dogoditi u radu postrojenja i eventualnog onečišćenja svedene na minimum.

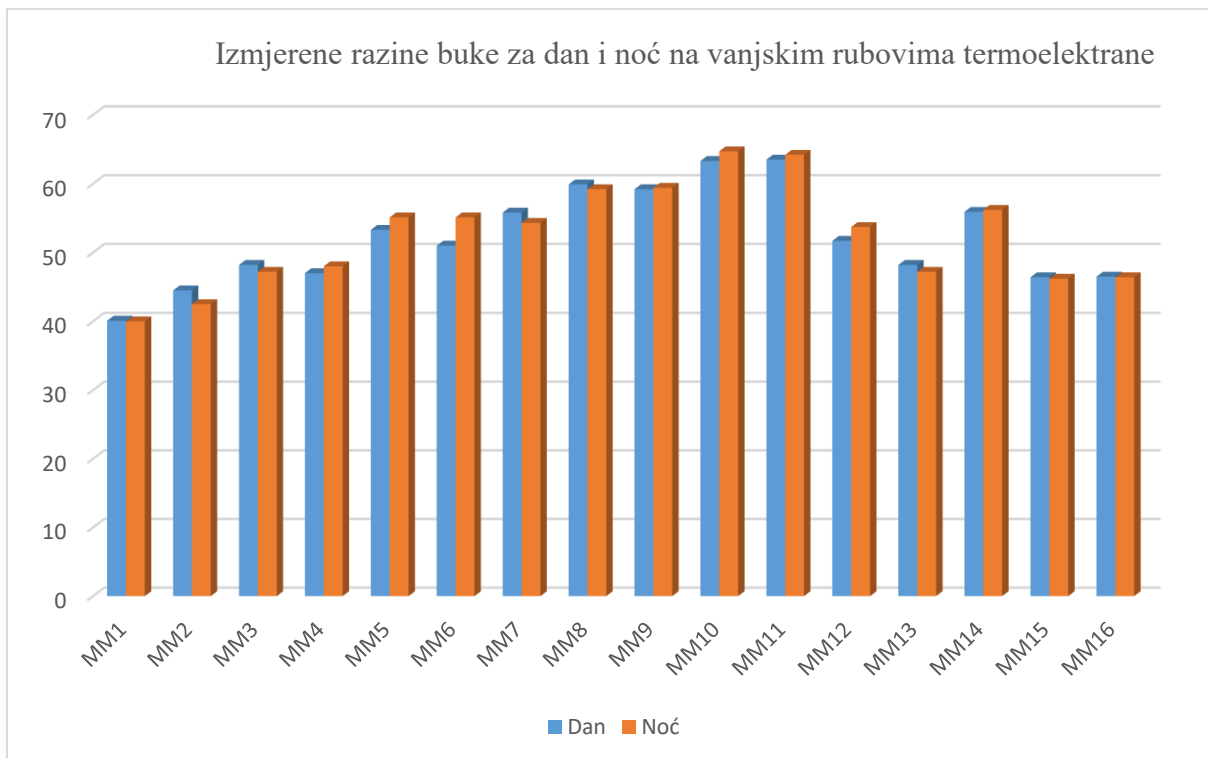
#### **4.2. Analiza podataka zaštite od buke**

Mjerenje buke se provodi nakon većih promjena u industrijskom području, kao što je u ovom primjeru mjerena razina buke nakon izgradnje novog postrojenja bloka C. Cilj je utvrditi postoji li izdizanje buke na novoizgrađenom bloku C na granicama posjeda iznad dopuštenih razina definiranih prema pravilniku.

Mjerenje razine buke je provedeno 11.4.2015. godine ,na 16 mjernih točaka (sl. 8) na granicama posjeda termoelektrane TE-TO Sisak. Vrijeme mjerenja za dnevno ispitivanje razine buke bilo je u 12:00 h, a za noćno ispitivanje u 24:00 h. Za svaku su mjernu točku napravljena tri mjerenja, od kojih je za konačan rezultat uzeta srednja vrijednost od ta tri mjerenja.



Sl. 8. Prikaz mjernih mjesta za mjerenje razine buke



Sl. 9. Grafički prikaz izmjerenih razina buke za vremensko razdoblje dan i noć, na vanjskim rubovima termoelektrane

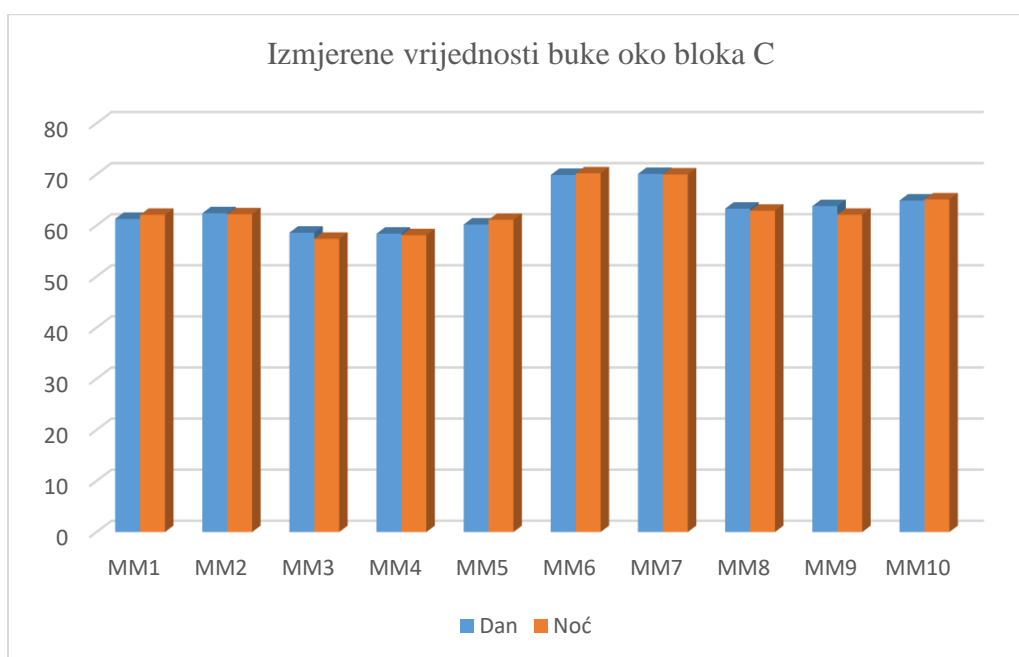
Na svakom mjernom mjestu izmjeren je veći broj uzoraka, te su za grafički prikaz (sl. 9) uzete srednje vrijednosti mjerenja po svakom mjernom mjestu. Mjereni uzorci su izmjereni u razdoblju kada pogon radi, te su mjerni mikrofoni postavljeni na visinu od 4 metra. Mjerenja su provedena za dva vremenska razdoblja – dan i noć. Iz grafičkog prikaza možemo vidjeti da su ocjenjene razine buke unutar granica posjeda termoelektrane TE-TO Sisak i ne prelaze dopuštene vrijednosti za zonu 5 (dopušteno 80 decibela), odnosno zonu gospodarske namjene u vremenskom razdoblju dan i noć.

### **Kontrola izvora buke oko samog bloka C, unutar termoelektrane**

Mjerenje je izvršeno na rubnim dijelovima bloka C, gdje su izvori vibracija rotirajući strojevi na glavnim pogonskim strojevima (generatori, turbine, napojne cirkulacijske pumpe). Izvori buke izmjereni su na 10 mjernih točaka (sl. 10).



Sl. 10. Prikaz mjernih mjesta buke oko samog bloka C



Sl. 11. Izmjerene vrijednosti buke oko bloka C za vremensko razdoblje dan i noć

Podaci za izradu grafičkog prikaza su uzeti za mjerna mjesta u dva vremenska razdoblja "dan" i "noć", te zadovoljavaju propisane vrijednosti za 5. zonu gospodarske namjene i ne prelaze dozvoljenih 80 decibela (sl. 11).

### 4.3. Analiza izvora emisija u zrak

U nastavku su prikazane izmjerene vrijednosti emisija u zrak u razdoblju od 2017. godine do 2021. godine. Izvršena su povremena mjerenja emisija u zrak za 2017. i 2018., godinu, te u 2018. godini je krenulo testno kontinuirano mjerenje emisija u zrak. Do 2021. godine rađena su povremena mjerenja i unaprjeđivalo se kontinuirano mjerenje emisija s graničnim vrijednostima emisija (GVE).

Tab. 7: Rezultati povremenih mjerenja iz pomoćne kotlovnice (PK) za 2017. godinu

| Onečišćujuća tvar |                   | Gorivo        | PK1   | PK2   | GVE |
|-------------------|-------------------|---------------|-------|-------|-----|
| NO <sub>x</sub>   | mg/m <sup>3</sup> | prirodni plin | 172,0 | 168,3 | 200 |
| CO                | mg/m <sup>3</sup> |               | 13,3  | 3,3   | 100 |
| Dimni broj        | -                 |               | 0     | 0     | 0   |

Tab.8: Rezultati povremenih mjerenja iz plinske turbine bloka C za 2017. godinu

|          | Onečišćujuća tvar |                   | Gorivo           | PLT<br>Bloka C | GVE               |
|----------|-------------------|-------------------|------------------|----------------|-------------------|
| 01.2017. | SO <sub>2</sub>   | mg/m <sup>3</sup> | prirodni<br>plin | 1,04           | nije<br>propisano |
|          | K. čestice        | mg/m <sup>3</sup> |                  | 0,1            |                   |
| 08.2017. | SO <sub>2</sub>   | mg/m <sup>3</sup> | prirodni<br>plin | 1,63           | nije<br>propisano |
|          | K. čestice        | mg/m <sup>3</sup> |                  | 0,21           |                   |
| 06.2017. | CO                | mg/m <sup>3</sup> | prirodni<br>plin | 3,3            | 100               |
|          | NO <sub>x</sub>   | mg/m <sup>3</sup> |                  | 37,2           | 50                |
| 08.2017. | CO                | mg/m <sup>3</sup> | prirodni<br>plin | 2,4            | 100               |
|          | NO <sub>x</sub>   | mg/m <sup>3</sup> |                  | 37,6           | 50                |

Tab. 9: Rezultati za mjerenje emisija onečišćujućih tvari iz dva mala uređaja za loženje za 2017. godinu

| Onečišćujuća tvar |                   | Gorivo           | VK1  | VK2  | GVE |
|-------------------|-------------------|------------------|------|------|-----|
| NO <sub>x</sub>   | mg/m <sup>3</sup> | prirodni<br>plin | 54,0 | 62,3 | 200 |
| CO                | mg/m <sup>3</sup> |                  | 9,7  | 15,3 | 100 |
| Dimni broj        | -                 |                  | 0    | 0    | 0   |

Prikazane tablične vrijednosti ispitivanih onečišćujućih tvari zadovoljavaju sve propisane granične vrijednosti (GVE). Tijekom 2017. godine radila su se povremena umjeravanja sustava za kontinuirano mjerenje emisija s bloka C (tab. 8) i vrelovodnih kotlova (tab. 9). Pošto je blok C te godine bio u probnom pogonu, otklanjali su se nedostaci u radu sustava za kontinuirano mjerenje. Ekonerg d.o.o. je provodio umjeravanje kontinuiranih mjerenja te su temeljem rezultata kontinuiranih mjerenja ocjenjena prihvatljivim prema Hrvatskom normativnom dokumentu - Emisije iz stacionarnih izvora - Osiguranje kvalitete rada automatskih mjernih sustava (HRN EN 14181).

Tijekom 2018. godine provedena su povremena mjerenja emisija onečišćujućih tvari u zrak iz pomoćnih kotlova (tab. 7) i povremena mjerenja emisija iz plinske turbine Bloka C od strane Ekoneg d.o.o.

Tab. 10: Rezultati povremenih mjerenja iz pomoćne kotlovnice (PK) za 2018. godinu

| Onečišćujuća tvar |                   | Gorivo           | PK1   | PK2   | GVE |
|-------------------|-------------------|------------------|-------|-------|-----|
| NO <sub>x</sub>   | mg/m <sup>3</sup> | prirodni<br>plin | 153,0 | 168,0 | 200 |
| CO                | mg/m <sup>3</sup> |                  | 2,60  | 3,33  | 100 |
| Dimni broj        | -                 |                  | 0     | 0     | 0   |

Tab. 11: Rezultati povremenih mjerenja iz plinske turbine bloka C za 2018. godinu

|          | Onečišćujuća tvar |                   | Gorivo           | PLT<br>Bloka C | GVE       |
|----------|-------------------|-------------------|------------------|----------------|-----------|
| 06.2018. | SO <sub>2</sub>   | mg/m <sup>3</sup> | prirodni<br>plin | 2,5            | nije      |
|          | K. čestice        | mg/m <sup>3</sup> |                  | 0,3            | propisano |
|          | NO <sub>x</sub>   | mg/m <sup>3</sup> |                  | 42,9           | 50        |
|          | CO                | mg/m <sup>3</sup> |                  | 5,7            | 100       |
| 12.2018. | SO <sub>2</sub>   | mg/m <sup>3</sup> | prirodni<br>plin | 2,5            | nije      |
|          | K. čestice        | mg/m <sup>3</sup> |                  | 0,08           | propisano |
|          | NO <sub>x</sub>   | mg/m <sup>3</sup> |                  | 47,2           | 50        |
|          | CO                | mg/m <sup>3</sup> |                  | 3,8            | 100       |

Tab. 12: Rezultati garantnih mjerenja emisija iz BE-TO Sisak u 2018. godinu

| Onečišćujuća tvar |                   | Gorivo           | 100 %<br>opterećenje | 70 %<br>opterećenje | GVE  |
|-------------------|-------------------|------------------|----------------------|---------------------|------|
| NO <sub>x</sub>   | mg/m <sup>3</sup> | drvena<br>sječka | 128,96               | 104,31              | 500  |
| CO                | mg/m <sup>3</sup> |                  | 20,94                | 70,71               | 500  |
| SO <sub>2</sub>   | mg/m <sup>3</sup> |                  | 1,66                 | 1,22                | 2000 |
| K. čestice        | mg/m <sup>3</sup> |                  | 13,1                 | 20,7                | 150  |

Tab.13: Rezultati prvih mjerenja emisija iz BE-TO Sisak u 2018. godinu

| Onečišćujuća tvar |                   | Gorivo           | BE-TO | GVE  |
|-------------------|-------------------|------------------|-------|------|
| NO <sub>x</sub>   | mg/m <sup>3</sup> | drvena<br>sječka | 94,73 | 500  |
| CO                | mg/m <sup>3</sup> |                  | 65,27 | 500  |
| SO <sub>2</sub>   | mg/m <sup>3</sup> |                  | 0,97  | 2000 |
| K. čestice        | mg/m <sup>3</sup> |                  | 82,47 | 150  |

Iz priloženih tabličnih podataka (tab. 10 i 11) vidljivo je da su sve provjerene srednje mjesečne vrijednosti manje od graničnih vrijednosti emisija (GVE). Tijekom 2018. godine provedena su garantna mjerenja emisija onečišćujućih tvari u zrak (tab 12) i prva mjerenja emisija u zrak iz BE-TO Sisak (tab. 13) koji kao gorivo koristi biomasu. Izmjerene vrijednosti emisija su manje od graničnih vrijednosti emisija propisanih Uredbom o graničnim vrijednostima emisija onečišćujućih tvari u zrak iz nepokretnih izvora (NN 87/17).

Tab. 14: Rezultati povremenih mjerenja emisija iz pomoćnih kotlova PK1 i PK2 u 2019 godini

| Onečišćujuća tvar |                   | Gorivo           | PK1    | PK2    | GVE |
|-------------------|-------------------|------------------|--------|--------|-----|
| NO <sub>x</sub>   | mg/m <sup>3</sup> | prirodni<br>plin | 171,77 | 160,60 | 200 |
| CO                | mg/m <sup>3</sup> |                  | 6,00   | 5,30   | 100 |
| Dimni broj        | -                 |                  | 0      | 0      | 0   |

Tab. 15: Rezultati povremenih mjerenja emisija iz plinske turbine Bloka C u 2019. godini

| Onečišćujuća tvar |                   | Gorivo           | PLT<br>Bloka C | GVE               |
|-------------------|-------------------|------------------|----------------|-------------------|
| SO <sub>2</sub>   | mg/m <sup>3</sup> | prirodni<br>plin | 1,70           | nije<br>propisano |
| K. čestice        | mg/m <sup>3</sup> |                  | 0,17           |                   |



Tab. 16: Rezultati prvih mjerenja emisija iz pomoćnog parnog kotla u 2019. godini

|          | Onečišćujuća tvar |                   | Gorivo        | PK3    | GVE            |
|----------|-------------------|-------------------|---------------|--------|----------------|
| 5.2019.  | NO <sub>x</sub>   | mg/m <sup>3</sup> | prirodni plin | 59,67  | 100            |
|          | CO                | mg/m <sup>3</sup> |               | 6,33   | nije propisano |
| 12.2019. | NO <sub>x</sub>   | mg/m <sup>3</sup> | plinsko ulje  | 132,30 | 200            |
|          | CO                | mg/m <sup>3</sup> |               | 4,20   | nije propisano |

Tab. 17: Rezultati povremenih mjerenja emisija u zrak iz kotlova za pripremu plina Bloka C u 2019. godini

| Onečišćujuća tvar |                   | Gorivo        | VK1   | VK2   | GVE |
|-------------------|-------------------|---------------|-------|-------|-----|
| NO <sub>x</sub>   | mg/m <sup>3</sup> | prirodni plin | 61,03 | 70,83 | 200 |
| CO                | mg/m <sup>3</sup> |               | 8,40  | 15,40 | 100 |
| Dimni broj        | -                 |               | 0     | 0     | 0   |

Tab. 18: Rezultati povremenih mjerenja emisija iz BE-TO Sisak u 2019. godini

| Onečišćujuća tvar |                   | Gorivo        | BE-TO  | GVE  |
|-------------------|-------------------|---------------|--------|------|
| NO <sub>x</sub>   | mg/m <sup>3</sup> | drvena sječka | 222,80 | 500  |
| CO                | mg/m <sup>3</sup> |               | 10,53  | 500  |
| SO <sub>2</sub>   | mg/m <sup>3</sup> |               | 20,03  | 2000 |
| K. čestice        | mg/m <sup>3</sup> |               | 112,67 | 150  |

Izmjerene srednje mjesečne vrijednosti za pomoćni parni kotao 1 i 2 (tab. 14), plinsku turbinu bloka C (tab. 15), pomoćni parni kotao (tab.16), vrelovodni kotao 1 i 2 (tab. 17) i bioelektrane-toplane (tab. 18) manje od graničnih vrijednosti emisija (GVE). Ekonerg d.o.o. je vodio umjeravanja te su sva kontinuirana mjerenja (O<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, TDP, protok DP, vlažnost) ocijenjena prihvatljivima prema HRN EN 14181. Izmjerene vrijednosti emisija su manje od graničnih vrijednosti emisija propisanih Uredbom o graničnim vrijednostima emisija onečišćujućih tvari u zrak iz nepokretnih izvora (NN 87/17).

Tab. 19: Rezultati povremenih mjerenja emisija iz plinske turbine Bloka C u 2020. godini

|          | Onečišćujuća tvar |                   | Gorivo           | PLT<br>Bloka C | GVE               |
|----------|-------------------|-------------------|------------------|----------------|-------------------|
| 01.2020. | SO <sub>2</sub>   | mg/m <sup>3</sup> | prirodni<br>plin | 2,73           | nije<br>propisano |
|          | K. čestice        | mg/m <sup>3</sup> |                  | 0,29           |                   |
|          | NO <sub>x</sub>   | mg/m <sup>3</sup> |                  | 42,61          | 50                |
|          | CO                | mg/m <sup>3</sup> |                  | 3,68           | 100               |
| 07.2020. | SO <sub>2</sub>   | mg/m <sup>3</sup> | prirodni<br>plin | 3,03           | nije<br>propisano |
|          | K. čestice        | mg/m <sup>3</sup> |                  | 0,56           |                   |
|          | NO <sub>x</sub>   | mg/m <sup>3</sup> |                  | 34,08          | 50                |
|          | CO                | mg/m <sup>3</sup> |                  | 1,09           | 100               |

Tab. 20: Rezultati povremenih mjerenja emisija iz pomoćnih kotlova PK1 i PK2 u 2020. godini

| Onečišćujuća tvar |                   | Gorivo           | PK1    | PK2    | GVE |
|-------------------|-------------------|------------------|--------|--------|-----|
| NO <sub>x</sub>   | mg/m <sup>3</sup> | prirodni<br>plin | 152,77 | 181,93 | 200 |
| CO                | mg/m <sup>3</sup> |                  | 5,07   | 4,27   | 100 |
| Dimni broj        | -                 |                  | 0,00   | 0,00   | 0   |

Izmjerene vrijednosti u tablicama (tab. 19 i 20) zadovoljavaju sve granične vrijednosti emisija i manje su od zadanih. Rezultati godišnje provjere ispravnosti sustava za kontinuirano mjerenje emisija provedene sukladno AST postupku norme HRN EN 14181 pokazuju da kvaliteta mjerenja svih AMS uređaja Bloka C TE-TO Sisak zadovoljava kriterije godišnje provjere, odnosno svi AMS uređaji mjere zadovoljavajuće točno i precizno.

Tab. 21: Rezultati povremenih mjerenja emisija iz plinske turbine Bloka C u 2021. godini

|          | Onečišćujuća tvar |                   | Gorivo           | PLT<br>Bloka C | GVE               |
|----------|-------------------|-------------------|------------------|----------------|-------------------|
| 01.2021. | SO <sub>2</sub>   | mg/m <sup>3</sup> | prirodni<br>plin | 2,13           | nije<br>propisano |
|          | K. čestice        | mg/m <sup>3</sup> |                  | 0,50           |                   |
|          | NO <sub>x</sub>   | mg/m <sup>3</sup> |                  | 41,8           | 50                |
|          | CO                | mg/m <sup>3</sup> |                  | 0,47           | 100               |
| 07.2021. | SO <sub>2</sub>   | mg/m <sup>3</sup> | prirodni<br>plin | 3,00           | nije<br>propisano |
|          | K. čestice        | mg/m <sup>3</sup> |                  | 0,23           |                   |
|          | NO <sub>x</sub>   | mg/m <sup>3</sup> |                  | 40,6           | 50                |
|          | CO                | mg/m <sup>3</sup> |                  | 0,33           | 100               |

Tab. 22: Rezultati povremenih mjerenja emisija u zrak iz kotlova za pripremu plina Bloka C u 2021. godini

| Onečišćujuća tvar |                   | Gorivo           | VK1   | VK2   | GVE |
|-------------------|-------------------|------------------|-------|-------|-----|
| NO <sub>x</sub>   | mg/m <sup>3</sup> | prirodni<br>plin | 66,50 | 65,70 | 200 |
| CO                | mg/m <sup>3</sup> |                  | 4,33  | 6,27  | 100 |
| Dimni broj        | -                 |                  | 0     | 0     | 0   |

Tab. 23: Rezultati povremenih mjerenja emisija iz pomoćnih kotlova PK1 i PK2 u 2021. godini

| Onečišćujuća tvar |                   | Gorivo           | PK1    | PK2     | GVE |
|-------------------|-------------------|------------------|--------|---------|-----|
| NO <sub>x</sub>   | mg/m <sup>3</sup> | prirodni<br>plin | 155,03 | 200,13* | 200 |
| CO                | mg/m <sup>3</sup> |                  | 5,30   | 18,53   | 100 |
| Dimni broj        | -                 |                  | 0      | 0       | 0   |

Tab. 24: Rezultati povremenih mjerenja emisija iz pomoćnog kotla PK3 u 2021. godini

| Onečišćujuća tvar |                   | Gorivo        | PK3   | GVE            |
|-------------------|-------------------|---------------|-------|----------------|
| NO <sub>x</sub>   | mg/m <sup>3</sup> | prirodni plin | 58,23 | 200            |
| CO                | mg/m <sup>3</sup> |               | 0,83  | nije propisano |

Tab. 25: Rezultati povremenih mjerenja emisija iz BE-TO Sisak u 2021. godini

| Onečišćujuća tvar |                   | Gorivo        | BE-TO | GVE  |
|-------------------|-------------------|---------------|-------|------|
| NO <sub>x</sub>   | mg/m <sup>3</sup> | drvena sječka | 202,3 | 500  |
| CO                | mg/m <sup>3</sup> |               | 4,57  | 500  |
| SO <sub>2</sub>   | mg/m <sup>3</sup> |               | 2,97  | 2000 |
| K. čestice        | mg/m <sup>3</sup> |               | 86,01 | 150  |

Tijekom 2021. godine provedena su povremena mjerenja emisija u zrak iz kotlova za pripremu plina Bloka C (tab. 22), povremena mjerenja emisija onečišćujućih tvari u zrak iz pomoćnih kotlova 1 i 2 (tab. 23), povremena mjerenja emisija u zrak iz pomoćnog parnog kotla 3 (tab. 24), povremena mjerenja emisija iz plinske turbine Bloka C (tab. 21) i povremena mjerenja emisija iz BE-TO Sisak (tab. 25). Povremena mjerenja emisija BE-TO provode se svake dvije godine. Izmjerene vrijednosti navedenih emisija su manje od propisanih graničnih vrijednosti emisija koje su u skladu s uvjetima zaštite okoliša, odnosno rješenjem o okolišnoj dozvoli za TE-TO Sisak.

## **5. USPOREDBA STARIH BLOKOVA A I B S NOVIM KOMBI-KOGENERACIJSKIM BLOKOM C**

Proizvodni rezultati bloka A i B dugi niz godina su bili pouzdani izvori elektroenergetskog sustava u Republici Hrvatskoj, osobito za vrijeme domovinskog rata kada nije bilo isporuke električne energije iz nuklearne elektrane Krško. Rad bloka A i B značajno je smanjen od 2007. g. do 2013 g. Blok A nije bio u pogonu od 2013. g., a blok B od 2011. g. Razlog tome su bili povoljni hidrološki uvjeti za rad hidroelektrana, starost postrojenja koje više nije moglo zadovoljiti propisane ekološke standarde i niska učinkovitost proizvodnje u odnosu na sadašnji kombi-kogeneracijski blok C (Roksa i Horžić, 2018).

### **5.1. Emisije u zrak iz bloka A i B**

Najveći utjecaj na okoliš iz termoelektrane imaju onečišćujuće tvari koje se ispuštaju u zrak. Emisije onečišćujućih tvari u zrak znatno ovise o vrsti i kvaliteti goriva (prirodnog plina ili loživog ulja), te o režimu i opterećenju rada proizvodnih jedinica (kotlova, plinske turbine).

Blokovi A i B kao gorivo mogu koristiti loživo ulje i/ili prirodni plin. Kotlovi su konstruirani za rad na loživo ulje a kasnijim rekonstrukcijama izgaranja omogućena je uporaba prirodnog plina kao goriva. U pomoćnoj kotlovnici su smještena dva pomoćna kotla, PK1 i PK2 koji su služili za proizvodnju toplinske energije (tehnološke pare) namijenjene za grijanje stambenih, poslovnih i drugih objekata grada Siska.

Dimni plinovi nastali izgaranjem goriva ispuštaju se kroz 2 dimnjaka visine 140 m za blok A i 200 m za blok B. Izgaranjem prirodnog plina emisije SO<sub>2</sub> su vrlo niske u odnosu na visoke vrijednosti prilikom izgaranja loživog ulja. Emisije krutih čestica nastaju izgaranjem loživog ulja i ovise o njegovoj kvaliteti. Emisije NO<sub>x</sub> ovise o kvaliteti tekućeg goriva, količini dušika u gorivu kao i o temperaturi izgaranja.

Prema okolišnoj dozvoli iz 2014. godine od 1.1.2018.g., blok A je ostao u rezervi za hitne i kratkotrajne intervencije, a blok B bi od navedenog datuma mogao bi koristiti kao gorivo samo prirodni plin ili tekuće gorivo s udjelom sumpora manjim od 0.23%. Ukoliko bi se koristilo gorivo s većim postotkom sumpora trebao bi biti primijenjen postupak odsumporavanja. Prilikom korištenja ovog izuzeća, odnosno rada za hitne slučajeve, potrebno je pismenim putem obavijestiti Ministarstvo zaštite okoliša i prirode (današnje Ministarstvo rada i održivog razvoja).

## 5.2. Emisije u zrak iz bloka C

Za rad plinske turbine bloka C isključivo se koristi prirodni plin koji je s ekološke strane najprihvatljivije fosilno gorivo. Najznačajnija emisija dimnih plinova je od NO<sub>x</sub> koji dopijue u atmosferu. U cilju smanjenja količine dušikovih oksida koji završe u atmosferi provode se mjere za redukciju emisija koje se sastoje od suhих komora za izgaranje. Granične vrijednosti CO, NO<sub>x</sub>, temperatura, maseni protok i volumni udio kisika se prema uredbi GVE mjere kontinuirano. Mjerenje emisija i krutih čestica se mjeri povremeno tj. svakih 6 mjeseci. Emisije iz plinske turbine izražavaju se masenom koncentracijom onečišćujućih tvari sa standardnim vrijednostima temperature od 273, 15 K, tlaka od 101,3 kPa i standardnog sadržaja O<sub>2</sub> od 15 %

Tab. 26: Usporedba onečišćujućih tvari bloka A i B s blokom C

| Izvor emisije          | Onečišćujuće tvari                                  | Mjerna jedinica   | Podaci o emisijama  |                       |
|------------------------|---|-------------------|---------------------|-----------------------|
|                        |   |                   | Gorivo: loživo ulje | Gorivo: prirodni plin |
| <b>Dimnjak Bloka A</b> | CO  | mg/m <sup>3</sup> | 3 - 11              | 0 - 5                 |
|                        | NO <sub>x</sub>                                     | mg/m <sup>3</sup> | 410 - 751           | 160 - 264             |
|                        | Kotao A1 (274MW <sub>tg</sub> )<br>krute čestice    | mg/m <sup>3</sup> | 26 - 112            | < 5                   |
|                        | Kotao A2 (274 MW <sub>tg</sub> )<br>SO <sub>2</sub> | mg/m <sup>3</sup> | 1.890 - 3.276       | < 35                  |
| <b>Dimnjak Bloka B</b> | CO  | mg/m <sup>3</sup> | 7 - 11              | 0 - 5                 |
|                        | NO <sub>x</sub>                                     | mg/m <sup>3</sup> | 498 - 726           | 192 - 332             |
|                        | Kotao B1 (274MW <sub>tg</sub> )<br>krute čestice    | mg/m <sup>3</sup> | 30 - 79             | < 5                   |
|                        | Kotao B2 (274 MW <sub>tg</sub> )<br>SO <sub>2</sub> | mg/m <sup>3</sup> | 2.587 - 3.701       | < 35                  |
| <b>Dimnjak Bloka C</b> | CO  | mg/m <sup>3</sup> | -                   | 1,00 - 6,87           |
|                        | NO <sub>x</sub>                                     | mg/m <sup>3</sup> | -                   | 34,0 - 43,1           |
|                        | Plinska turbina<br>krute čestice                    | mg/m <sup>3</sup> | -                   | 0,10 - 0,21           |
|                        | (465,7 MW <sub>tg</sub> )<br>SO <sub>2</sub>        | mg/m <sup>3</sup> | -                   | 1,04 - 3,87           |

Izvor: Roksa i Horžić, (2018)

Iz podataka u tablici 26, gdje su navedene količine emisija u zrak s dimnjaka bloka A, B i C možemo vidjeti veliku razliku u njihovim vrijednostima. Najveća razlika između dimnjaka blokova A i B i dimnjaka bloka C je u gorivu, gdje blok C koristi samo prirodni plin koji je ekološki prihvatljiviji od loživog ulja koje su koristili blokovi A i B. Razlika emisija u bloku A i B je značajna po gorivu koje je korišteno. Primjena plina na bloku A i B ovisila je o trenutnom stanju plinskog sustava RH i o trenutnom raspoloživom stanju plina za HEP d.o.o. Ukoliko se koristio prirodni plin, vrijednosti emisija u zrak su vrlo niske, dok su vrijednosti emisija tijekom rada na loživo ulje bile znatno veće. Uzimajući u obzir vrijednosti emisija bloka A i B koje su kao gorivo koristili prirodni plin i bloka C na prirodni plin, količine CO, NO<sub>x</sub>, krutih čestica i SO<sub>2</sub> su niže na bloku C. Razlog tome su brojne prednosti novog kombi-kogeneracijskog bloka C koje daju veću iskoristivost toplinske energije goriva, ima manju potrošnju vode, usklađen je s najboljim raspoloživim tehnikama (NRT) i postizanjem graničnih vrijednosti emisija iz direktive o industrijskim emisijama. Vrijeme koje je potrebno za puštanje u pogon bloka C je znatno manje zbog visokog stupnja automatizacije koja daje bolju kontrolu procesa, te visoku raspoloživost i pouzdanost. Podaci o efikasnosti kondenzacijskog režima u bloku C iznose 52 % a u bloku A i B iznose 34%, što nam govori da za proizvodnju iste količine električne i toplinske energije potreban znatno manji unos goriva koji dovodi do povoljnog utjecaja na okoliš.

## 6. ZAKLJUČAK

HEP grupa u čijem je sklopu termoelektrana-toplana Sisak, integrira procese održivog razvoja u svoj rad i proizvodnju. Okoliš i energija su temelj njenog poslovanja te tvrtka radi na trajnom smanjenju onečišćenja prateći najbolje raspoložive tehnike za rad.

Izgradnjom novog kombi-kogeneracijskog bloka C, termoelektrana Sisak postigla je visoke zadovoljavajuće europske standarde. Emisije štetnih utjecaja na okoliš svedene su na minimum, te zadovoljavaju propisane norme. Izgradnja bioelektrane BE-TO Sisak, odnosno blok D, dobiven je status povlaštenog proizvođača električne energije.

Stari blokovi A i B po današnjim standardima i visokim normama su neprihvatljivi za rad, te bi ih se teoretski moglo vratiti u pogon uz velika ulaganja i promjene kako bi mogli zadovoljiti ekološke standarde. Najveći pokazatelji zastarjele tehnologije bloka A i B su emisije u zrak. Njihove vrijednosti na starim blokovima su neusporedive s današnjom suvremenom tehnologijom. Sama promjena goriva iz većinskog loživog ulja u prirodni plin na bloku C ima smanjen štetan utjecaj na okoliš. Zbog sve veće potražnje za električnom energijom, potrebno je pri njoj proizvodnji i u budućnosti pratiti najnovije raspoložive tehnologije sa što minimalnijim utjecajem na okoliš.

Cilj povećanja obnovljivih izvora energije je s 35 na 50 % do 2030. godine. Ostvarenje cilja predviđeno je modernizacijom i povećanjem proizvodnog kapaciteta postojećih hidroelektrana, kao i izgradnjom novih. Izgradnjom većeg broja elektrana na šumsku biomasu, vjetroelektrana i sunčanih elektrana koje su obnovljiv izvor energije. Povećanje energetske učinkovitosti i korištenje obnovljivih izvora energije smanjilo bi potrošnju fosilnih goriva ugljena, tekućih goriva i plina. HEP grupa je obvezna kontinuirano smanjivati emisije stakleničkih plinova i emisije onečišćujućih tvari u zrak iz svojih izvora.



## 7. LITERATURA I IZVORI:

1. Boltužić A., 2012: Održavanje termoelektrana (diplomski rad).
2. Brič M., Avsec J. 2019: Evaluation of System for Economically Viable Thermal Power Plant Operation, Technical Gazette 26(4), 1038-1043
3. Centar za ekologiju i energiju, CEE, 2016: /Prisustvo teških metala u površinskim i industrijskim otpadnim vodama na području općine Lukavac/ Tuzla
4. Drljača, M., 2012: Koncept održivog razvoja i sustav upravljanja, Kvalitet i izvrsnost 1(1-2), 20-26 i 110.
5. HEP grupa, 2022: Održivost i okoliš. Dostupno na: <https://www.hep.hr/proizvodnja/termoelektrane-1560/1560>
6. HEP grupa, 2022: Termoelektrane, TE-TO Sisak. Dostupno na: <https://www.hep.hr/proizvodnja/termoelektrane-1560/termoelektrane-toplane/te-to-sisak/1561>
7. HEP grupa, Projekti, Zaštita biološke raznolikosti. Dostupno na: <https://www.hep.hr/odrzivost-i-okolis/zastita-bioloske-raznolikosti/165> (srpanj, 2022)
8. Korša M., 2019: Stradavanje ptica uzrokovano elektrokcijom na području otoka Cresa, Diplomski rad.
9. Mijatović I., Matošić M.: Tehnologija vode (interna skripta). Prehrambeno-biotehnološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2020.
10. Ocvik E., Gilja G., 2017: Planiranje i projektiranje ribljih staza, Izvještaj 1 i 2, Pregled ribljih vrsta i na području Hrvatske i uvjeti tečenja koji pogoduju njihovoj migraciji, Sistematizacija postojećih znanja o ribljim stazama, Izvještaji 120-S-133, Zagreb.
11. Radošević, B., 2022: Hibridna termoelektrana Slavonski brod – energetska postrojenja za proizvodnju električne energije i topline iz prirodnog plina bez emisije stakleničkih plinova uz hvatanje i odvajanje CO<sub>2</sub> te proizvodnju i korištenje vodika, Nafta i plin 41(1), 71-77
12. Roksa I. i Horžić M., 2018: Povijesni i tehnološki razvoj TE-TO Sisak u svrhu cjelovitog pristupa okolišu.
13. Roksa I. i Posavec M., 2013: Prilagodba termoelektrane Sisak IPPC direktivi i direktivi o industrijskim emisijama vezano uz emisije onečišćujućih tvari u zrak.
14. Roksa I., 2013: Prilagodba termoeenergetskih postrojenja HEP-a IPPC direktivi i direktivi 2010/75/EU vezano uz emisije onečišćujućih tvari u zrak.

15. Slavica, Ž., 2021: Sadržaj razmatranja uvjeta okolišne dozvole zbog usklađivanja s odlukom o zaključcima o najboljim raspoloživim tehnikama (NRT) za velike uređaje i izmjena uvjeta okolišne dozvole za TE-TO Sisak, [https://mingor.gov.hr/UserDocsImages/Okoli%C5%A1na%20dozvola/Razmatranje-uskla%C4%91ivanje%20s%20Zaklju%C4%8Dcima%20o%20NRT/17.03.2021.%20-%20SADR%C5%BDAJ%20razmatranja%20uvjeta%20okoli%C5%A1ne%20dozvole%20\(TE-TO%20Sisak\).pdf](https://mingor.gov.hr/UserDocsImages/Okoli%C5%A1na%20dozvola/Razmatranje-uskla%C4%91ivanje%20s%20Zaklju%C4%8Dcima%20o%20NRT/17.03.2021.%20-%20SADR%C5%BDAJ%20razmatranja%20uvjeta%20okoli%C5%A1ne%20dozvole%20(TE-TO%20Sisak).pdf) (srpanj, 2022)
16. Steen M., 2000: Greenhouse Gas Emissions from Fossil Fuel Fired Power Generation Systems, European commission joint research centre (DG JRC), Institute for advanced materials.
17. Vukša T., 2017: Integracija toplinskog spremnika u kombi kogeneracijsko postrojenje (diplomski rad).
18. Zakon o zaštiti od buke, Narodne novine br. 20/03
19. Zakon o zaštiti zraka, Narodne novine br. 130/11, 47/14 i 61/17
20. Zaštićeni dijelovi prirode i ekološka mreža Natura 2000 Dubrovačko-neretvanske županije, Karta Natura 2000. Dostupno na: <https://www.zastita-prirode-dnz.hr/natura-2000/karta-natura-2000-mreze/> (srpanj,2022)

#### URL izvori:

1. Europsko vijeće, vijeće Europske unije, Pariški sporazum o klimatskim promjenama. Dostupno na: <https://www.consilium.europa.eu/hr/policies/climate-change/paris-agreement/> (kolovoz, 2022)
2. GROUP, neutralizacija otpadne vode. Dostupno na: <https://www.bor-plastika.hr/industrijske-otpadne-vode/neutralizacija-i-cijevni-mjesac/> (srpanj, 2022)
3. Issa, Vodič za procjenu rizika u malim i srednjim poduzećima, 2008. Dostupno na: <http://www.hzzzsr.hr/wp-content/uploads/2016/11/Buka.pdf> (srpanj, 2022)
4. Istra zrak, izvori onečišćenja. Dostupno na: <http://www.istrazrak.hr/izvori-oneciscenja> ( srpanj, 2022)
5. Klinček, Što su staklenički plinovi?, Globalno zatopljenje, 2019. Dostupno na <https://www.klincek.com/?p=13664> (srpanj,2022)
6. Kolektor vodene tehnologije, pročišćavanje otpadnih voda. Dostupno na: <https://www.kolektorwater.com/hr/prociscevanje-otpadne-vode> (srpanj, 2022)

7. Wikipedija, Pariški sporazum. Dostupno na: [https://hr.wikipedia.org/wiki/Pari%C5%A1ki\\_sporazum](https://hr.wikipedia.org/wiki/Pari%C5%A1ki_sporazum) (srpanj, 2022)
8. Zaštićeni dijelovi prirode i ekološka mreža Natura 2000 Dubrovačko-neretvanske županije, Karta Natura 2000. Dostupno na: <https://www.zastita-prirode-dnz.hr/natura-2000/karta-natura-2000-mreze/> (srpanj,2022)

## 8. Prilozi:

### Popis tablica:

1. Tab. 1: Najviše dopuštene razine buke prema zakonu o zaštiti od buke, NN br. 20/03 (str. 17.)
2. Tab. 2: rezultati analize kvalitete otpadnih voda na MO II za 2017. godinu (str. 21.)
3. Tab. 3: rezultati analize kvalitete otpadnih voda na MO II za 2018. godinu (str. 22.)
4. Tab. 4: rezultati analize kvalitete otpadnih voda na MO II za 2019. godinu (str. 22.)
5. Tab. 5: rezultati kvalitete otpadnih voda na MO II za 2020. godinu (str. 23.)
6. Tab. 6: rezultati kvalitete otpadnih voda na MOII za 2021. godinu (str. 23.)
7. Tab. 7: Rezultati povremenih mjerenja iz pomoćne kotlovnice (PK) za 2017. godinu (str. 27.)
8. Tab.8: Rezultati povremenih mjerenja iz plinske turbine bloka C za 2017. godinu (str. 28.)
9. Tab. 9: Rezultati za mjerenje emisija onečišćujućih tvari iz dva mala uređaja za loženje za 2017. godinu (str. 28.)
10. Tab. 10: Rezultati povremenih mjerenja iz pomoćne kotlovnice (PK) za 2018. godinu (str. 29.)
11. Tab. 11: Rezultati povremenih mjerenja iz plinske turbine bloka C za 2018. godinu (str. 29.)
12. Tab. 12: Rezultati garantnih mjerenja emisija iz BE-TO Sisak u 2018. godinu (str. 29.)
13. Tab.13: Rezultati prvih mjerenja emisija iz BE-TO Sisak u 2018. godinu (str. 30.)
14. Tab. 14: Rezultati povremenih mjerenja emisija iz pomoćnih kotlova PK1 i PK2 u 2019. godini (str. 30.)
15. Tab. 15: Rezultati povremenih mjerenja emisija iz plinske turbine Bloka C u 2019. godini (str. 30.)
16. Tab. 16: Rezultati prvih mjerenja emisija iz pomoćnog parnog kotla u 2019. godini (str. 31.)
17. Tab. 17: Rezultati povremenih mjerenja emisija u zrak iz kotlova za pripremu plina Bloka C u 2019. godini (str. 31.)
18. Tab. 18: Rezultati povremenih mjerenja emisija iz BE-TO Sisak u 2019. godini (str. 31.)
19. Tab. 19: Rezultati povremenih mjerenja emisija iz plinske turbine Bloka C u 2020. godini (str. 32.)

20. Tab. 20: Rezultati povremenih mjerenja emisija iz pomoćnih kotlova PK1 i PK2 u 2020. godini (str. 32.)
21. Tab. 21: Rezultati povremenih mjerenja emisija iz plinske turbine Bloka C u 2021. godini (str. 33.)
22. Tab. 22: Rezultati povremenih mjerenja emisija u zrak iz kotlova za pripremu plina Bloka C u 2021. godini (str. 33.)
23. Tab. 23: Rezultati povremenih mjerenja emisija iz pomoćnih kotlova PK1 i PK2 u 2021. godini (str. 33.)
24. Tab. 24: Rezultati povremenih mjerenja emisija iz pomoćnog kotla PK3 u 2021. godini (str. 34.)
25. Tab. 25: Rezultati povremenih mjerenja emisija iz BE-TO Sisak u 2021. godini (str. 34.)
26. Tab. 26: Usporedba onečišćujućih tvari bloka A i B s blokom C (str. 36.)

**Popis slika:**

- Sl. 1. Lokacija termoelektrane Sisak (str. 2.)
- Sl. 2. Termoelektrana Sisak (str. 3.)
- Sl. 3. Shema rada bloka C (str. 9.)
- Sl. 4. Crpna stanica na vodozahvatu rijeke Save (str. 10.)
- Sl. 5. Sustav za ionsku izmjenu vode (str. 13.)
- Sl. 6. Shema rada za obradu otpadnih voda termoelektrane Sisak (str. 16.)
- Sl. 7. Uređaj za mjerenje emisija u zrak (str. 20.)
- Sl. 8. Prikaz mjernih mjesta za mjerenje razine buke (str. 25.)
- Sl. 9. Grafički prikaz izmjerenih razina buke za vremensko razdoblje dan i noć, na vanjskim rubovima termoelektrane (str. 25.)
- Sl. 10. Prikaz mjernih mjesta buke oko samog bloka C (str. 26.)
- Sl. 11. Izmjerene vrijednosti buke oko bloka C za vremensko razdoblje dan i noć (str. 27.)