

UNIVERZITET CRNE GORE
METALURŠKO TEHNOLOŠKI FAKULTET
HEMIJSKA TEHNOLOGIJA



Milka Petrović

**Otpadne vode iz Termoelektrane "Pljevlja" i njihov
uticaj na prirodne vodene sisteme**

MASTER RAD

Podgorica, 2024.

**UNIVERZITET CRNE GORE
METALURŠKO TEHNOLOŠKI FAKULTET
HEMIJSKA TEHNOLOGIJA**

**Otpadne vode iz Termoelektrane "Pljevlja" i njihov uticaj
na prirodne vodene sisteme**

MASTER RAD

Podgorica, 2024.

PODACI I INFORMACIJE O MAGISTRANDU

Ime i prezime: Milka Petrović

Datum i mjesto rođenja: 19.01.1999. godine; Beograd

Institucija: Univerzitet Crne Gore - Podgorica

Osnovne studije: 2020. godine

Master studije: 2020. godine

INFORMACIJE O MAGISTARSKOM RADU

Naziv studija: Hemijska tehnologija

Naslov rada: Otpadne vode iz Termoelektrane "Pljevlja" i njihov uticaj na prirodne vodene sisteme

Fakultet: Metalurško-tehnološki fakultet

UDK, OCJENA I ODBRANA MASTER RADA

UDK:

Datum prijave rada: 18.03.2022.god.

Datum prihvatanja teme: 09.06.2022.

Mentor: Prof. dr Milena Tadić

Komisija za ocjenu teme i podobnosti magistranda:

Prof. dr Nada Blagojević, redovni profesor MTF-a, predsjednik

Prof. dr Milena Tadić, vanredni profesor MTF-a, mentor

Prof. dr Vesna-Vukašinović Pešić, redovni profesor MTF-a, član

Komisija za ocjenu rada:

Prof. dr Nada Blagojević, redovni profesor MTF-a, predsjednik

Prof. dr Milena Tadić, vanredni profesor MTF-a, mentor

Prof. dr Vesna-Vukašinović Pešić, redovni profesor MTF-a, član

Komisija za odbranu radu:

Prof. dr Nada Blagojević, redovni profesor MTF-a, predsjednik

Prof. dr Milena Tadić, vanredni profesor MTF-a, mentor

Prof. dr Vesna-Vukašinović Pešić, redovni profesor MTF-a, član

Lektor: Autolektura

Datum odbrane: novembar, 2024

IZJAVA O AUTORSTVU

Kandidat: Milka Petrović

Na osnovu člana 22 Zakona o akademskom integritetu, ja, dolje potpisana

IZJAVLJUJEM

pod punom krivičnom i materijalnom odgovornošću da je master rad pod nazivom „ **Otpadne vode iz Termoelektrane "Pljevlja" i njihov uticaj na prirodne vodene sisteme**“ rezultat sopstvenog istraživačkog rada, da nisam kršila autorska prava i koristila intelektualnu svojinu drugih lica i da je navedeni rad moje originalno djelo.

Podgorica, 2024.godine

Potpis studenta

Zahvalnica

Želim da se zahvalim svojoj mentorki prof. dr Mileni Tadić na izdvojenom vremenu, stručnim savjetima, strpljenju i povjerenju koje mi je ukazala tokom izrade rada.

Takođe, zahvaljum se i članovima komisije prof. dr Nadi Blagojević i prof. dr Vesni Vukašinović-Pešić na konstruktivnim savjetima prilikom pisanja rada.

Posebnu zahvalnost dugujem svojoj porodici i prijateljima na bezrezervnoj podršci.

Milka Petrović

Izvod

Termoelektrane u svom radu imaju veliki uticaj na životnu sredinu i okruženje izazivajući zagađenje zemljišta, vode, vazduha, stvarajući prekomjernu buku, kao i veliko elektromagnetno zračenje.

U radu je praćen uticaj TE "Pljevlja" na prirodne vodene sisteme i predložene su mjere zaštite za očuvanje i održivo korišćenje vodenih resursa. Rezultati ispitivanja kvaliteta opadnih voda iz TE "Pljevlja" (iz obodnog kanala i rashladnog tornja) ukazuju da pojedini parametri tokom istraživačkog perioda prelaze propisane maksimalno dozvoljene vrijednosti (MDK) kao što su sadržaj taložnih materija, suspendovanih materija, pH vrijednost, a otpadna voda sa deponije "Maljevac" je jako alkalna (11,67 – 12,51). U cilju sagledavanja uticaja Termoelektrane "Pljevlja" na površinske vode u pljevaljskom kraju, sproveden je monitoring kvaliteta voda i sedimenta Paleškog potoka, rijeke Vežišnice (u koju se pomenuti potok uliva) i rijeke Čehotine (u koju se uliva rijeka Vežišnica). Na osnovu rezultata analize navedenih površinskih voda utvrđeno je da najveći uticaj TE "Pljevlja" i deponija „Maljevac“ imaju na kvalitet Paleškog potoka i Vežišnice, nizvodno od Termoelektrane. Paleški potok poslije deponije predstavlja vodotok sa visokim sadržajem suspendovanih materija, elektrolitičke provodljivosti, povišene pH vrijednosti, povećanog sadržaja sulfata, fluorida, cijanida i arsena. Prema rezultatima analiziranih parametara u ovom ciklusu ispitivanja evidentan je uticaj Paleškog potoka na kvalitet rijeke Vežišnice, a najviše se ogleda kroz povećanje koncentracije suspendovanih materija, nitrita, fluorida i arsena. Analizom rezultata uzoraka vode iz rijeke Čehotine prije i poslije ušća rijeke Vežišnice, uočen je blagi uticaj rijeke Vežišnice na pojedine ispitivane parametre (suspendovane materije, amonijak, nitriti). Rezultati analiziranih osnovnih fizičko-hemijskih parametara u ispitivanim rijekama prelaze granice dobrog ekološkog statusa, dok su rezultati specifičnih zagađujućih suspstanci u granicama vrlo dobrog i dobrog ekološkog statusa (*Pravilnik o načinu i rokovima utvrđivanja statusa površinskih voda „Službeni list Crne Gore“, br. 25/19*)

Deponija "Maljevac" u izvjesnoj mjeri utiče na kvalitet sedimenta Paleškog potoka, na šta ukazuju rezultati sadržaja olova, žive, arsena, hroma, nikla, bakra cinka i kobalta u sedimentu Paleškog potoka nakon deponije Maljevac. Dobijeni rezultati analize sedimenta rijeke Vežišnice i Čehotine pokazuju da su uglavnom svi ispitivani parametri ispod ciljnog nivoa.

Ključne riječi: termoelektrana, otpadne vode, zagađenje, vodeni resursi, zaštita životne sredine.

Abstract

In their work, thermal power plants have a great impact on the environment, causing soil, water, and air pollution, creating excessive noise, as well as large electromagnetic radiation. In the paper, the influence of TPP "Pljevlja" on natural water systems was monitored and protection measures were proposed for the preservation and sustainable use of water resources.

The results of testing the quality of waste water from the "Pljevlja" thermal power plant (from the peripheral channel and the cooling tower) indicate that certain parameters during the research period exceed the prescribed maximum permissible values (MPV), such as the content of precipitable substances, suspended substances, pH value, and wastewater with landfill "Maljevac" is very alkaline (11,67 – 12,51). In order to assess the impact of the Thermal Power Plant "Pljevlja" on the surface water in the Pljevlja region, monitoring of the quality of water and sediment of the Paleški stream, the river Vežišnica (into which the mentioned stream flows), the river Čehotine (into which the river Vežišnica flows). Based on the results of the analysis of the mentioned surface waters, it was determined that the "Pljevlja" thermal power plant and the "Maljevac" landfill have the greatest impact on the quality of the Paleški stream and Vežišnica, downstream from the thermal power plant. After the landfill, the Paleški Stream is a watercourse with a high content of suspended matter, electrolytic conductivity, elevated pH value, increased content of sulfate, fluoride, cyanide and arsenic. According to the results of the analyzed parameters in this test cycle, the influence of the Paleški Potok on the quality of the Vežišnica River is evident, and it is mostly reflected in the increase in the concentration of suspended matter, nitrite, fluoride and arsenic. By analyzing the results of water samples from the Čehotina River before and after the mouth of the Vežišnica River, a slight influence of the Vežišnica River on some of the investigated parameters (suspended substances, ammonia, nitrites) was observed. results of the analyzed basic physical and chemical parameters in the investigated rivers exceed the limits of good ecological status, while the results of specific polluting substances are within the limits of very good and good ecological status (*Rulebook on the method and deadlines for determining the state of surface waters "Official Gazette of Montenegro", no. 25/19*).

The landfill "Maljevac" affects to a certain extent the quality of the sediment of the Paleški Potok, as indicated by the results of the content of lead, mercury, arsenic, chromium, nickel, copper, zinc and cobalt in the sediment of the Paleški Potok after the Maljevac landfill.

Obtained results of the sediment analysis of the Vezišnica and Čehotina rivers show that mostly all the examined parameters are below the target level.

Keywords: thermal power plant, wastewater, pollution, water resources, environmental protection.

Sadržaj

1. UVOD	10
2. TEORIJSKI DIO	12
2.1. Karakteristike otpadnih voda.....	12
2.1.1. <i>Industrijske otpadne vode</i>	<i>13</i>
2.2. Prečišćavanje otpadnih voda.....	14
2.2.1. <i>Mehanički postupci prečišćavanja otpadnih voda.....</i>	<i>15</i>
2.2.2. <i>Hemijski postupci prečišćavanja otpadnih voda.....</i>	<i>17</i>
2.2.3. <i>Biloški postupci prečišćavanja otpadnih voda.....</i>	<i>18</i>
2.3. Termoelektrane kao izvori zagađenja životne sredine.....	19
2.3.1. <i>Uticaj na zemljište.....</i>	<i>22</i>
2.3.2. <i>Uticaj na vodu.....</i>	<i>24</i>
2.3.3. <i>Uticaj na vazduh.....</i>	<i>25</i>
2.4. Uticaj otpadnih voda na kvalitet vodenih sistema.....	26
2.5. Samoprečišćavajuća moć vodotoka.....	26
2.6. Rijeke - prirodni recipijenti otpadnih voda.....	27
3. EKSPERIMENTALNI DIO	30
3.1. Karakteristike istraživačkog terena.....	30
3.1.1. <i>Pedološke karakteristike terena.....</i>	<i>30</i>
3.1.2. <i>Geomorfološke karakteristike terena.....</i>	<i>31</i>
3.1.3. <i>Klimatske karakteristike terena.....</i>	<i>32</i>
3.1.4. <i>Hidrološke i hidrogeološke karakteristike terena.....</i>	<i>33</i>
3.2. Lokacija Termoelektrane "Pljevlja".....	36
3.3. Potrošnja vode u Termoelektrani "Pljevlja".....	37
3.4. Deponija "Maljevac"	39
3.5. Uzorkovanje i analiza voda.....	41
4. REZULTATI I DISKUSIJA	46
4.1. Izvori zagađenja rijeka Vezišnice i Čehotine.....	46
4.2. Karakteristike otpadnih voda iz Termoelektrane „Pljevlja“.....	47
4.3. Uticaj TE "Pljevlja" na kvalitet površinskih i podzemnih voda.....	57
4.3.1. <i>Kvalitet voda Paleškog potoka, rijeke Vezišnice i Čehotine.....</i>	<i>57</i>
4.3.2. <i>Kvalitet podzemnih voda u okolini deponije "Maljevac".....</i>	<i>65</i>

4.4. Analiza sedimenata površinskih voda u okolini TE "Pljevlja"	67
4.5. Korelaciona analiza između otpadnih voda TE "Pljevlja" i prirodnih vodenih sistema (Paleškog potoka, Vežišnice i Čehotine).....	70
4.6. Mjere zaštite vodenih sistema u okolini TE "Pljevlja"	72
5. ZAKLJUČAK.....	73
6. LITERATURA.....	75

1. UVOD

Uporedo sa razvojem industrije, poljoprivrede i stočarstva rasla je količina i stepen zagađenosti otpadnih voda, a time i štete koje u recipijentu (vodotokovi i akumulacije vode, zemljište) odnosno u ekosistemu u cjelini nastaju usljed ispuštanja otpadnih voda [1].

Otpadna voda se može definisati kao voda koja je na bilo koji način onečišćena tokom upotrebe. Uopšteno, zagađivači otpadnih voda su rastvorene i nerastvorne organske i neorganske materije i mikroorganizmi [2].

Na sadašnjem razvoju urbanizacije, industrije i poljoprivrede, prisutan je i veliki broj različitih zagađivača vode, a time i broj izvora zagađivanja. Najznačajnije količine otpadnih voda potiču iz naselja i industrije, zatim iz poljoprivrede i stočarstva, pri čemu najveće ukupno zagađenje emituje industrija. Dinamika nastajanja industrijskih otpadnih voda zavisi od grane industrije, primijenjene tehnologije proizvodnje, režima rada, upravljanja sa vodom. Industrijske otpadne vode su raznovrsne po svojim karakteristikama što je posledica njihovog porijekla, tj. vrste prisutnog zagađenja.

Otpadne vode iz termoelektrana mogu proizvesti brojne negativne uticaje na životnu sredinu, a posebno ukoliko se ispuštaju u neposrednoj blizini staništa zaštićenih biljnih i životinjskih vrsta. Zbog toga je izuzetno važno da se tehnogeni uticaji termoelektrana u odnosu na vode ograniče u skladu sa odgovarajućim standardima propisanim zakonima i podzakonskim aktima [3]. Značajan dio ovih voda dolazi od održavanja čistoće pojedinih dijelova termoelektrane.

Zagađenje vodenih sistema štetnim produktima iz termoelektrana nastaje kao rezultat:

- ispuštanja otpadnih voda;
- dejstvom atmosferskih voda na deponije uglja, šljake, pepela i otpadnog mulja.

Sve ove otpadne vode sadrže zagađujuće rastvorene organske i neorganske materije, koje osim do površinskih, mogu pronaći put i do podzemnih voda [4].

Tokom decenija evidentna je degradacija svih segmenata životne sredine u Opštini Pljevlja, što je prouzrokovano raznim granama industrije, kao i nesavjesnim odnosom građana prema životnoj sredini. Iako je najalarmantnija zagađenost vazduha na području ove opštine, konstantan je i negativan uticaj na vodene tokove, kojima je pljevaljski kraj izuzetno bogat.

Termoelektrana "Pljevlja" je prepoznata kao najveći zagađivač životne sredine, a u ovom radu će se istaći njen uticaj na vodene sisteme. U cilju realizacije osnovne ideje rada, biće sprovedena terenska i laboratorijska ispitivanja kvaliteta otpadnih voda iz Termoelektrane "Pljevlja" i površinskih voda, tj. rijeka Vezišnice i Čehotine, koje su recipijenti ispuštenih otpadnih voda iz termoelektrane, kao i Paleškog potoka u koji se ulivaju procjedne vode sa deponije „Maljevac“.

2. TEORIJSKI DIO

2.1. Karakteristike otpadnih voda

Otpadne vode se prema porijeklu dijele u četiri kategorije: sanitarne (fekalne), industrijske, atmosferske i otpadne vode nastale u poljoprivredi. Ove vode su po svom sastavu veoma različite. Zajedničko im je da sadrže manje ili više zagađujućih materija mineralnog, organskog ili mješovitog porijekla. Zagađenja se u vodi mogu javiti u obliku rastvora, koloida i suspenzija [5].

Otpadne vode sadrže organske i neorganske materije. Od organskih materija prisutne su: masti, ugljeni hidrati, proteini, površinski aktivne materije (PAM), toksične materije, pesticidi i ostale hemikalije koje se koriste u poljoprivredi. Neorganske materije, osim pijeska i sitnog kamenja, podrazumijevaju i azot, fosfor, teške metale, hloride, jedinjenja sumpora, materije koje mijenjaju alkalitet i druge neorganske zagađivače. Osim ovih materija, u otpadnim vodama mogu biti prisutni: ugljen-dioksid, kiseonik, metan, vodonik-sulfid i drugi [6].

Zagađivači voda se mogu podijeliti u tri grupe:

- **fizički** - toplota, boja, miris, radioaktivnost, pijesak, mulj, suspendovane čvrste materije;
- **hemijski** - kiseline, alkalije, soli, pesticidi, deterdženti, fenoli, druge organske materije, teški metali, vještačka đubriva, sintetičke materije hemijske industrije;
- **biološki** - fekalije, lignini, alge, bakterije, virusi i drugi zarazni organizmi [5].

Nivo nepovoljnog uticaja otpadnih voda na vodene sisteme u koje se one izlivaju, direktno je povezan sa nivoom njihove zagađenosti. Da bi se odredio stepen zagađenosti otpadnih voda koriste se parametri kvaliteta otpadnih voda, a u nekim slučajevima indikatori zagađenosti [7].

Parametri kvaliteta otpadnih voda mogu se podijeliti u četiri primarne grupe:

- **fizički parametri** - ukupna suva materija, ukupne rastvorene supstance, ukupne suspendovane supstance, inertne i isparljive supstance;
- **hemijski parametri** - ukupan azot, ukupan fosfor, sadržaj organskih supstanci.
- **biološki parametri** - bakterijski indikatori, ukupan broj koliformnih bakterija, broj fekalnih koliformnih bakterija i broj fekalnih streptokoka;
- **specifični indikatori zagađenosti** - biohemijska i hemijska potrošnja kiseonika, ukupni sadržaj ugljenika [7].

Prije nego se izliju u prirodni recipijent, otpadne vode je neophodno prethodno prečistiti do odgovarajućeg stepena čistoće. Prečišćene, ali i neprečišćene otpadne vode, se mogu upuštati u recipijent na tri načina: razlijevanjem zagađene vode iznad površine terena, najčešće uz korišćenje irigacionih kanala, zatim upuštanjem u hidrogeološki medij, preko ponora, rudničkih jama ili putem bunara, te najčešće direktnim upuštanjem u rijeke, jezera i mora [5].

2.1.1. Industrijske otpadne vode

Industrijske otpadne vode nastaju u fabrikama i industrijskim pogonima nakon upotrebe vode u procesu proizvodnje, kao i prilikom pranja aparata, uređaja, sanitarija i drugo. Danas postoji veliki broj, po karakteristikama, različitih industrijski zagađenih voda, koje se dijele na niz podtipova u zavisnosti od tehnologije proizvodnje.

Kod hemijske i metaloprerađivačke industrije preovladavaju zagađenja mineralnog porijekla. Kod industrija čiji su proizvodi tekstil, koža, hrana, papir i slično zagađenja su uglavnom organskog karaktera.

Količina i kvalitet zagađenih voda industrije zavisi od same tehnologije procesa i nije konstantan u toku dana, osim kod voda iz sanitarne upotrebe.

Industrijske otpadne vode nastaju upotrebom vode u tehnološkim postupcima u proizvodnji energije. Vode nastale u sanitarnim uređajima u industriji imaju iste karakteristike kao i otpadne vode iz domaćinstva [10].

U industrijskim pogonima, otpadne vode se dijele na:

- procesne otpadne vode,
- sanitarne,
- atmosferske i vode od pranja
- vode iz drugih različitih izvora u pogonu [8].

Dinamika nastajanja industrijskih otpadnih varira zavisno od grane industrije, primijenjenog tehnološkog procesa i gazdovanja sa vodom. Ni unutar jedne industrijske grane, pa ni u jednoj fabrici, količina, kao ni zagađenost otpadne vode, a samim tim i ukupno zagađenje koje otpadna voda nosi, nije uniformno, naročito ako se radi o diskontinualnim, šaržnim, procesima proizvodnje [9].

Polutanti (zagađujuće materije) mogu biti u vodi prisutni kao:

1) *mineralne primjese*, koje se sreću u pogonima crne metalurgije, mašinogradnje, u proizvodnji mineralnih đubriva i kiselina, u proizvodnji građevinskih materijala, kao i pri dobijanju ruda i uglja;

2) *organske primjese*, koje se javljaju u pogonima za proizvodnju mesa, ribe, mlijeka, hrane generalno, kao i u industriji celuloze i papira, hemijskoj industriji, industriji plastičnih masa, guma i slično;

3) *mineralne i organske primjese*, koje se javljaju pri proizvodnji i preradi nafte, u petrohemiji, tekstilnoj, farmaceutskoj industriji, kao i u pogonima organske sinteze, industriji šećera i u pogonima za konzerviranje [10].

Otpadne vode iz različitih industrijskih sektora sadrže mnoge zagađivače koji su toksični i imaju opasne posljedice po ljude i vodeni svijet, kao i na poljoprivredu. Takvi zagađivači uključuju: teške metale, kiseline, baze, mineralne soli, biocide, mineralna ulja i karbohidrate, fenole i aromatična jedinjenja, radioaktivne materije i sintetičke hemijske proizvode [8].

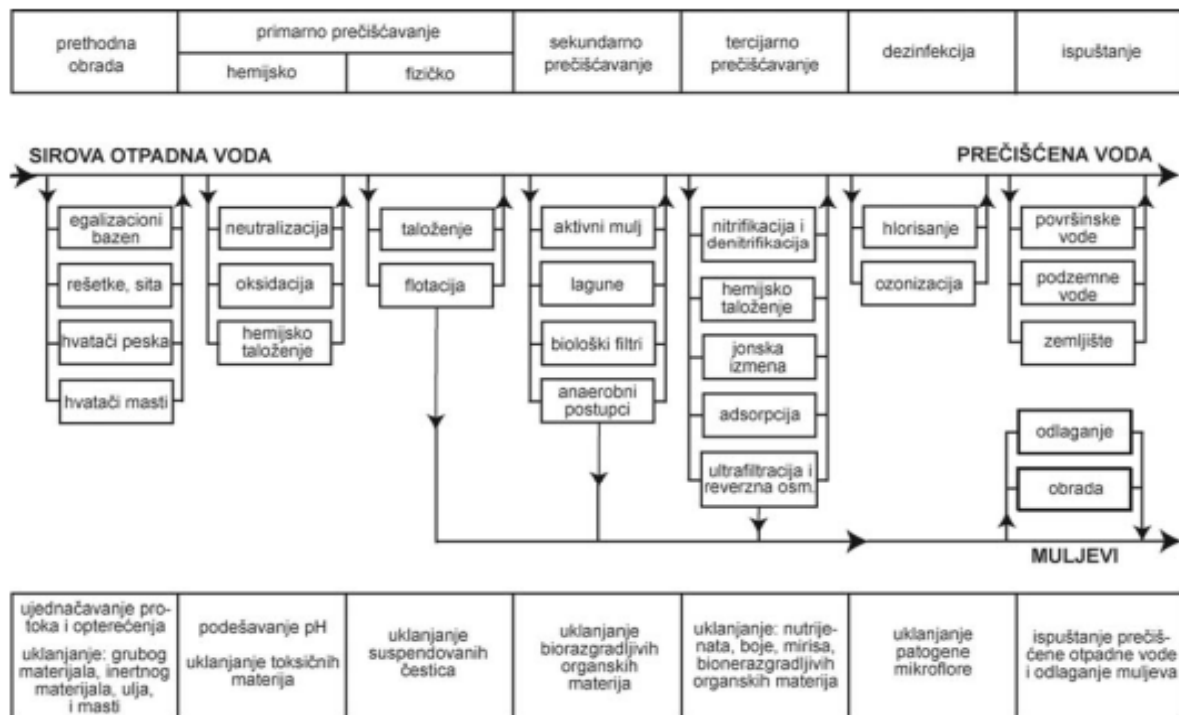
Sve otpadne vode koje potiču iz industrije je neophodno prečistiti do određenog nivoa, koji je utvrđen zakonom [7].

2.2. Prečišćavanje otpadnih voda

Zadatak prečišćavanja je da se otpadna voda dovede do zadovoljavajućeg stepena čistoće, kako bi opet bila spremna za upotrebu ili kako bi mogla da se odvodi u neki prirodni prijemnik. Prečišćavanje otpadne vode (slika 1) se obično dijeli na: prethodnu obradu, primarno, sekundarno i tercijarno prečišćavanje i obradu i odlaganje muljeva koji nastaju tokom prečišćavanja otpadnih voda. Prije svih ovih procesa prečišćavanja potrebno je ukloniti sve materijale koje je moguće odstraniti mehaničkim putem. Pod primarnim prečišćavanjem se podrazumijeva izdvajanje suspendovanih i emulgovanih materija procesima taloženja, filtracije ili flotacije. Sekundarnim prečišćavanjem se uklanjaju koloidne i dio rastvorenih organskih materija biološkim ili hemijskim putem. Supstance koje su ostale u vodi i nakon ovih tretmana, kao što su patogeni, bioelementi, toksične supstance i bionerazgradljive materije, uklanjaju se procesima tercijarnog prečišćavanja [9].

Ovakva podjela, iako široko prihvaćena, ne zadovoljava uvijek. Shodno tome, postoji i podjela na: postupke mehaničkog, hemijskog i biološkog prečišćavanja otpadnih voda. Izbor načina prečišćavanja zavisiće u svakom konkretnom slučaju od niza činilaca: od karaktera

zagađanja otpadne vode, od zahtijevanog stepena prečišćenosti, od ekonomičnosti pojedinih postupaka prečišćavanja i sl. [9].



Slika 1. Šema procesa prečišćavanja otpadnih voda [9]

2.2.1. Mehanički postupci prečišćavanja otpadnih voda

Mehaničkim postupcima prečišćavanja nazivaju se postupci koji se zasnivaju na fizičkim osobinama vode i nečistoća (razlike u specifičnoj masi, obliku, težini) i na djelovanju fizičkih sila (gravitacija, pritisak, itd). Ti postupci su osnova tzv. prethodne obrade i procesa primarnog prečišćavanja otpadnih voda. Koji će se od postupaka mehaničkog prečišćavanja primjeniti zavisi od porijekla i svojstava otpadne vode i od traženog stepena prečišćavanja [9]. Postupci mehaničkog prečišćavanja otpadnih voda su:

- *Uklanjanje grubog materijala pomoću rešetaka i sita.*

Uklanjanjem grubog materijala iz otpadne vode (komadi drveta, plastike, kože, tkanine, hrane, konzerve, boce, komadi sirovina i proizvoda) započinje po pravilu prečišćavanje komunalne, kao i mnogih industrijskih otpadnih voda. Ovim se olakšava dalja obrada otpadnih voda i štite uređaji i cjevovodi od oštećenja i zagušenja. Plivajući suspendovani grubi materijal se uklanja prolaskom otpadne vode kroz

- odgovarajuće dimenzionisanu rešetku ili sito, koji se postavljaju na glavni kanalizacioni vod na ulasku u stanicu gdje se prečišćavaju otpadne vode.
- *Uklanjanje inertnog materijala, ulja i masti pomoću hvatača pijeska i hvatača masti.* Inertni materijal se odnosi na suspendovane čestice biorazgradivog materijala, čije su specifične mase, odnosno brzina taloženja, mnogo veće od čestica organskog biorazgradivog materijala. Tu spada pijesak, šljunak, zemlja, šljaka, pepeo i slično. Inertni materijal izaziva abraziju i ubrzano habanje pokretnih dijelova uređaja za prečišćavanje otpadne vode. Stvara naslage koje se teško čiste u cjevovodima i kanalima, odnosno na svim mjestima gdje je usporeno kretanje otpadne vode. Zbog toga je neophodno da se taj inertni materijal ukloni tzv. hvatačima pijeska. Pri tome se sa inertnim materijalom uklanja i dio teško i sporo biorazgradivog materijala većih dimenzija. Uklanjanje inertnog materijala se zasniva na većim brzinama taloženja inertnih čestica od brzina taloženja čestica organskog materijala, tako da se izborom odgovarajuće brzine toka otpadne vode taj inertni materijal izdvaja, a organske suspendovane čestice odnose dalje vodom. Iz vode je takođe potrebno ukloniti materije lakše od vode i to: ulja i masti, komadiće sapuna, plute, drveta, ljuske voća i povrća i sl. Te materije otežavaju prečišćavanje, pogotovo ulja. Materije lakše od vode se uklanjaju tako što se usporavanjem toka otpadne vode omogućiti njihovo isplivavanje na površinu sa koje se skupljaju na pogodan način. Za ovaj postupak se koriste uređaji koji se nazivaju hvatači masti. To su pravougaoni ili kružni bazeni u kojima se ostvaruje kratkotrajno zadržavanje otpadne vode. Voda izlazi iz bazena ispod pregradnog zida, a izdvojena ulja i masti, kao i druge materije lakše od vode skidaju se sa površine tzv. skimerima i prebacuju u sabirni sud [9,10].
 - *Uklanjanje suspendovanih čestica postupcima taloženja, flotacije i filtracije.* Nakon izdvajanja grubog suspendovanog materijala i inertnih suspendovanih čestica iz otpadne vode preostaje da se uklone suspendovane čestice, čija specifična masa nije mnogo veća od specifične mase vode (ovo su prevashodno organske materije), tako da se na ovaj način uklanja i dio zagađenja vode. Talozenje je svakako najviše primjenjivana operacija u procesu prečišćavanja vode i otpadnih voda. Talozenje služi da bi se: izdvojile inertne materije u hvatačima pijeska u okviru prethodne obrade otpadne vode, uklonile suspendovane čestice tokom primarnog prečišćavanja, uklonio i recirkulisao biološki mulj iz postupaka anaerobne i aerobne obrade. Flotacija, po pravilu sa vazduhom, služi za uklanjanje suspendovanih čestica malih specifičnih

masa i emulogvanog ulja, kao i za koncentrisanje muljeva koji nastaju u procesu prečišćavanja otpadne vode. Mjehurići vazduha „lijepe se” na suspendovane čestice čime one postaju prividno lakše od vode i isplivavaju na površinu odakle se skupljaju. Filtracija u tehnologiji otpadnih voda se obično koristi za naknadni tretman, npr. za uklanjanje suspendovanih čestica aktivnog biološkog mulja koje su zaostale u otpadnoj vodi nakon tretmana u sekundarnim taložnicima [9].

2.2.2. Hemijski postupci prečišćavanja otpadnih voda

U hemijske postupke prečišćavanja spadaju procesi koji se odvijaju preko pojedinih hemijskih reakcija ili pojedinih fizičko-hemijskih fenomena. Po pravilu su to aditivni procesi, što znači da se voda tretira određenim hemikalijama. Nedostatak ovih procesa je u tome što ovako tretiranu vodu čine nepovoljnom za ponovnu upotrebu, zbog povećanog prisustva rastvorenih supstanci u vodi. Sem toga, hemijski procesi prečišćavanja su obično skupi. Međutim, ovi postupci u pojedinim slučajevima (industrijske otpadne vode) obično nemaju alternativu. Osnovno polje primjene hemijskog prečišćavanja je uklanjanje suspendovanih i koloidno rastvorenih materija koagulacijom i flokulacijom, te uklanjanjem pojedinih rastvorenih materija procesima: hemijskog taloženja, jonske izmjene, oksidacije, produvavanja gasa, adsorpcije itd. Uklanjanje suspendovanih i koloidnih materija koagulacijom i flokulacijom (nastale flokule se izdvajaju iz vode taloženjem, filtracijom ili flotacijom) se svakako najviše koristi od ovih procesa [5].

Postupak hemijskog taloženja podrazumijeva upotrebu određenih reagenasa kako bi se rastvorene materije iz otpadne vode istaložile, odnosno prevele u nerastvorne materije koje se zatim mogu ukloniti mehaničkim postupcima. Postupak je pogodan za uklanjanje toksičnih, agresivnih ili nerazgradivih rastvorenih materija iz otpadnih voda, jer ih je teško ili nemoguće biološki prečistiti. Uklanjanje teških metala je karakterističan primjer hemijskog taloženja (olovo, živa, bakar, hrom, nikal, selen, kadmijum, arsen i sl.) [11].

Jonska izmjena se definiše kao proces gdje se uz pomoć nerastvorne supstance uklanjaju pozitivno ili negativno naelektrisani joni iz elektrolitičkih rastvora uz otpuštanje u rastvor jona sličnog naelektrisanja u ekvivalentnoj količini. Pri tome ne dolazi do strukturne promjene jonoizmjenjivačke materije. Jonska izmjena se u daleko većoj mjeri koristi kao postupak pripreme vode (npr. za uklanjanje tvrdoće vode), nego kao postupak prečišćavanja otpadnih voda. Najšira primjena jonske izmjene je u prečišćavanju otpadnih voda površinske obrade

metala, pogotovo elektrolitičkih postupaka zaštite metala [12].

Da bi se iz otpadnih voda uklonile rastvorene, uglavnom organske materije, sve više se koristi *adsorpcija*. Pri tome se adsorpcija koristi za završno prečišćavanje, obično nakon biološkog prečišćavanja, uklanjanja preostalog organskog zagađenja koje nije biološki razgradivo ili koje utiče na miris, ukus i boju vode. Međutim, koristi se i kao glavni i osnovni postupak prečišćavanja za uklanjanje materija toksičnih za radnu mikrofloru postupaka prečišćavanja. Najčešće korišćeni adsorbent u tehnologiji vode i otpadnih voda je aktivni ugalj. Adsorpcija se izvodi šaržno: putem kontakta adsorbenta sa dodatom otpadnom vodom, a zatim separacija zasićenog adsorbenta [13].

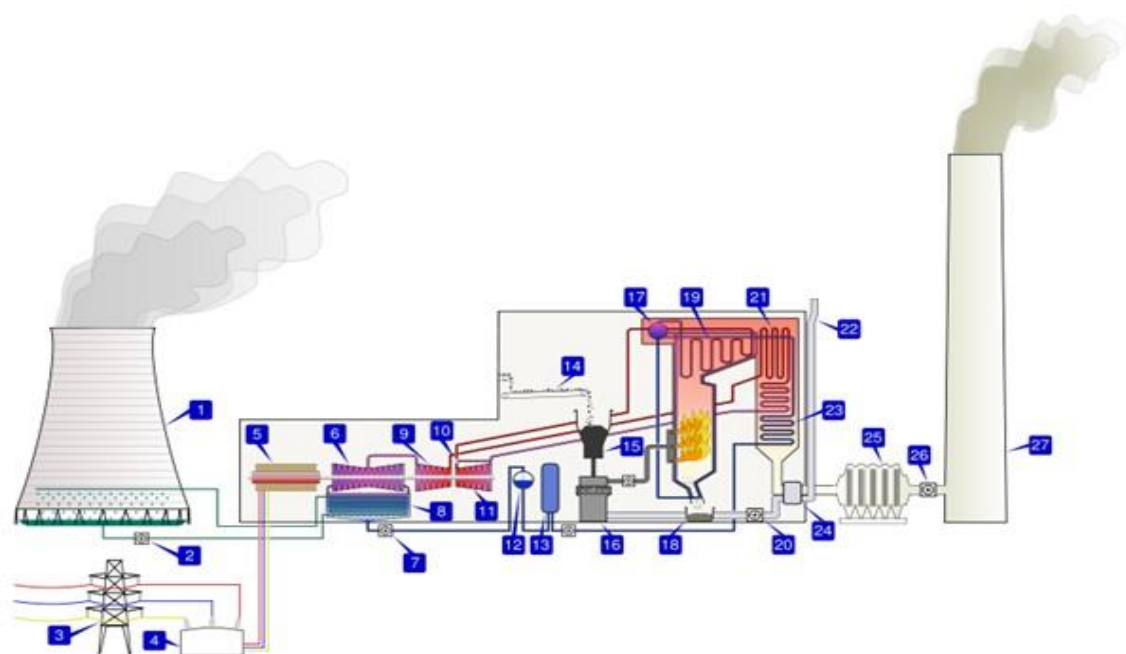
Osim osnovnih hemijskih postupaka prečišćavanja koriste se i *postupci neutralizacije, oksidacije i produvanja gasom* [14].

2.2.3. Biološki postupci prečišćavanja otpadnih voda

Nakon uklanjanja suspendovanih čestica i koloidno dispergovanih čestica, koje mogu da se talože, preostale netaložive koloidne čestice i rastvorene organske materije moraju se iz vode ukloniti tzv. sekundarnim prečišćavanjem, a to se najčešće izvodi biološkim procesima prečišćavanja. Biološko prečišćavanje podrazumijeva uklanjanje organskih i malog dijela neorganskih materija pomoću kompleksne mikroflore, koja ove materije koristi za svoje životne procese. Kada se završi ovaj proces vrši se razdvajanje mikroflore i otpadne vode koja sada sadrži malu količinu organskih materija. Biološki procesi prečišćavanja su u osnovi isti, kao i procesi samoprečišćavanja u prirodnim vodama. Biološko prečišćavanje se prevashodno koristi za uklanjanje organskog zagađenja otpadne vode. Takođe se koristi i u procesima nitrifikacije i denitrifikacije, koje služe za oslobađanje otpadnih voda od azota. Razlikuju se aerobni i anaerobni biološki proces prečišćavanja, zasnovani na biološkoj aktivnosti aerobnih odnosno anaerobnih organizama. Aerobnim organizmima je potrebno prisustvo kiseonika za ove procese, dok anaerobnim nije. Služi za obradu voda koje imaju manju ili srednju količinu organskog otpada (anaerobni proces je pogodan za tretman otpadnih voda sa velikim organskim opterećenjem) [5].

2.3. Termoelektrane kao izvori zagađenja životne sredine

Termoelektrane (TE) su postrojenja u kojima se hemijska energija goriva odnosno energija toplote, dobijena na razne načine, pretvara u električnu energiju (slika 2). To pretvaranje nije direktno jer se u termoelektranama vrši višestruka konverzija energije: prvo se hemijska energija goriva, sagorijevanjem, pretvara u toplotnu energiju, taj proces se odvija sa visokim stepenom iskorišćenja; drugi korak je pretvaranje toplotne energije u mehaničku (ovaj proces se odvija sa niskim stepenom iskorišćenja); treća konverzija je pretvaranje mehaničke energije u električnu, koja se odvija sa visokim stepenom iskorišćenja [15].



1. Rashladni toranj; 2. Pumpa za rashladnu vodu; 3. Prekidni toranj; 4. Jedinični transformator; 5. Generator; 6. Turbina niskog pritiska; 7. Pumpa za napajanje kotla; 8. Kondenzator; 9. Turbina srednjeg pritiska; 10. Kontrolor pare; 11. Turbina visokog pritiska; 12. Degazator; 13. Napajač toplote; 14. Transporter za ugalj; 15. Rezervoar za ugalj; 16. Mlin za spršivanje goriva; 17. Bubanj kotla; 18. Rezervoar za pepeo; 19. Pregrijač; 20. Ventilator sa prisilnim protokom vazduha; 21. Podgrijač; 22. Sistem za dovod vazduha; 23. Ekonomizer; 24. Predgrijač vazduha; 25. Taložnik; 26. Ventilator za izvlačenje dima; 27. Dimnjak.

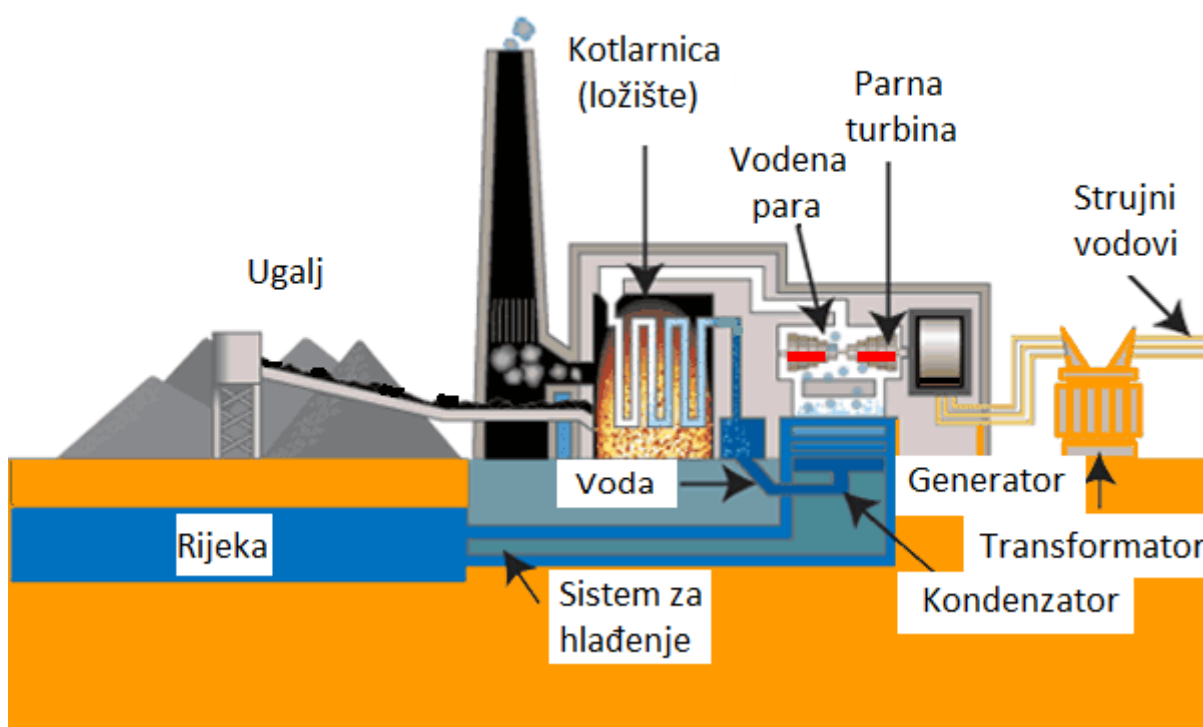
Slika 2. Dijagram toka procesa u termoelektrani [16]

Konverzija hemijske energije u toplotnu vrši se u ložištima parnih kotlova, konverzija toplotne energije u mehaničku vrši se u sistemu parni kotao-turbina, a konverzija mehaničke energije u električnu vrši se u sinhronoj mašini. Ovo ukazuje da su termoelektrane najčešće

postrojenja koja se služe procesom sagorijevanja goriva da bi proizvela električnu energiju, odnosno pretvaraju hemijsku energiju goriva u mehaničku energiju, a zatim se mehanička energija u sinhronom generatoru transformiše u električnu [15].

Termoelektrane se mogu podijeliti prema vrsti upotrijebljenih pogonskih mašina koje pokreću sinhroni generator. Razlikuju se: *parne termoelektrane* u kojima gorivo sagorijeva u parnim kotlovima, radni fluid je vodena para, a pogonska mašina je parna turbina; *termoelektrane sa gasnim turbinama* u kojima je radni fluid vreli gas, a pogonska mašina gasna turbina i *dizel termoelektrane* u kojima se radni fluid dobija iz tečnog goriva, a dizel motor služi kao pogonska mašina [3,17].

Na slici 3 je prikazana šema funkcionisanja parne termoelektrane.



Slika 3. Šematski prikaz parne termoelektrane [18]

Ugalj se iz skladišta doprema transporterom u drobilicu odakle se usitnjeni ugalj ubacuje u bunker za ugalj. Iz bunkera se usitnjeni ugalj cijevima dovodi do mlina za ugalj, a zatim se ugalj isušuje vrelim vazduhom i dovodi do praškastog stanja. Mlinski ventilatori uvlače ugljenu prašinu u bunker, odakle se kroz specijalne duvaljke uduvava u ložište parnog kotla. Para stvorena u kotlu se parovodom dovodi do parne turbine, gdje ona ekspandira predajući

svoju energiju lopaticama turbine. Ovako se toplotna energija pare pretvara u mehanički rad na osovini turbine, koji okreće sinhroni generator, proizvodeći električnu energiju, koja se preko elektro-energetskog postrojenja i visoko naponskog transformatora predaje prenosnoj mreži [3].

U svim ovim procesima u termoelektranama se stvaraju velike količine otpadnih materija. Najveće zagađenje dolazi od termoelektrana koje koriste lignit (ugalj lošeg kvaliteta). Voda se u tehnološkom procesu proizvodnje električne energije koristi u velikim količinama i to kao rashladni fluid, radni i tehnološki fluid, transportni fluid, za protivpožarne potrebe, za potrebe pranja dijelova pogona, itd. Kao rezultat upotrebe voda za različite svrhe, javlja se velika količina otpadnih voda. Tokom procesa u termoelektrani voda se zagađuje hemikalijama i različitim otpadnim materijama ili se zagrijava i tako mijenja svoje fizičko-hemijske osobine. Ovako nastale otpadne vode se sakupljaju i dalje odvođe preko nekoliko sistema (odvodni kolektori rashladne vode, atmosferska kanalizacija, fekalna kanalizacija) ili preko sistema za transport pepela i šljake na deponiju pepela [4].

Do zagađenja površinskih i podzemnih voda zagađujućim materijama iz termoelektrana dolazi zbog:

- ispuštanja otpadnih voda;
- dejstvom atmosferskih voda na deponije uglja, šljake pepela i otpadnog mulja.

Prilikom povremenog ispiranja i pražnjenja pojedinih uređaja termoelektrane dolazi do nastajanja otpadnih voda, koje mogu sadržati hemijsko zagađenje i uljane materije.

Značajno je zaštititi površinske vode od zagađenja, zbog mogućnosti zagađenja izvorišta voda koja se nalaze nizvodno od mjesta termoelektrane. Vode se takođe zagađuju od deponija uglja, šljake i pepela i otpadnog mulja, tako što atmosferske padavine rastvaraju organske i neorganske materije (bikarbonati, sulfati). Atmosferske vode otiču djelimično u površinske vode, a djelimično prodiru u zemljište gdje zagađuju podzemne vode [4].

Iz termoenergetskih objekata u vode stižu nekoliko vrsta otpadnih voda: agresivne vode sa sadržajem sumpora, jakih kiselina, baza, deterdženti, otpadne vode sa sadržajem masti i ulja, voda sa sadržajem šljake i pepela, otpadne vode sa rashladnih tornjeva sa velikom koncentracijom soli, mulja i fosfora, sanitarne vode sa velikom koncentracijom fenola [19].

Uticaj TE se dosta odražava i na zdravlje ljudi, zbog odsustva primjerenih tehnologija ili prisustva lošeg, jeftinog i neefikasnog goriva. Pored osnovnih uticaja na životnu sredinu i zdravlje ljudi, tu su i uticaji buke iz pogona TE, kao i mreže saobraćaja u okviru postrojenja [19].

Danas u svijetu postoje nove TE koje posjeduju nove i efikasne tehnologije koje će doprinijeti smanjenju uticaja na životnu sredinu, ali se teži i ka upotrebi drugih oblika goriva poput biomase ili otpada [19].

Termoelektrane kao produkte stvaraju veoma opasne fizičke i hemijske zagađivače, koji imaju veoma štetan uticaj na ljude. Ovi uticaji se manifestuju u kratkom, srednjem i dugom roku. Negativni uticaj na ljudsko zdravlje može uključivati širok spektar bolesti, od blagih do ozbiljnih i po život opasnih stanja. Glavni zagađivači su:

- **Fizički zagađivači:** Akustični zagađivači, izazvani bukom, koju generišu operacije, mogu prouzrokovati promjene u ljudskom tijelu, koje su sekundarne zbog prekida biološkog ritma spavanja i buđenja. Elektromagnetno zračenje, generisano dobijanjem i raspodjelom električne energije, uglavnom dovodi do oštećenja nervnog i kardiovaskularnog sistema.
- **Hemijski zagađivači:** CO₂, CO, SO₂, čestice, troposferski ozon, povećavaju broj respiratornih i kardiovaskularnih bolesti i smanjuju naše sposobnosti imunološke odbrane, opasne hemikalije (arsen, kadmijum, hrom, kobalt, olovo, mangan, živa, nikal, fosfor, benzen, formaldehid, naftalen, toluen i piren) i radioaktivne supstance.

U okviru mjera prevencije i sanacije propisano je da postrojenje mora da se gradi ili projektuje, koristi ili održava tako da ne ispušta zagađujuće materije u vazduh u količini većoj od graničnih vrijednosti emisije [20].

2.3.1. Uticaj na zemljište

Najveći uticaj na zemljište imaju TE (slika 4) čija goriva iza sebe ostavljaju velike količine otpada koji se može samo deponovati. Za zemljište najveću štetu ima pepeo iz TE na ugalj, ali i same čestice koje se talože emisijom iz vazduha. Deponije na kojima se skladište otpadne materije iz TE zauzimaju velike površine. Pepeo koji se deponuje mora da bude nakvašen kako se ne bi raznosio po okolini i kao takav dospijevao na zemljište i površinske vode. Pri uticaju atmosferskih padavina i „zalivanja“ pepela, zagađena voda u kojoj se mogu rastvoriti razne zagađujuće materije prisutne u pepelu, prolazi kroz zemljište i time ga zagađuje [21, 22].



Slika 4. *Uticaj termoelektrana na zemljište [23]*

Postoji i indirektan uticaj TE na zemljište. Svaka eksploatacija fosilnog goriva u bilo kom obliku automatski narušava ne samo zemljište, već i vodu i vazduh. Pored ovih uticaja na zemljište, samo postrojenje TE zauzima velike površine i nerijetko narušava estetiku pejzaža [22].

Za zaštitu zemljišta od potencijalnih zagađenja najznačajnije su odredbe zakonskih akata koje se odnose na zaštitu zemljišta i zaštitu životne sredine. Kada je riječ o mjerama za zaštitu zemljišta, u kontekstu sprečavanja negativnih tehnogenih uticaja termoelektrana najveći značaj imaju aktivnosti koje se sprovode radi sprečavanja: ispuštanja i odlaganja opasnih i štetnih materija i otpadnih voda na površinu zemljišta i u zemljište; negativne promjene strukture zemljišta; neplanske ili nekontrolisane eksploatacije šljunka ili pijeska iz rječnih korita, vodotokova i njihovih uticajnih područja. Ukoliko dođe do zagađenja i degradacije zemljišta, sprovode se odgovarajuće mjere i aktivnosti u cilju njegove sanacije. Tu spadaju remedijacija i rekultivacija zemljišta [20].

2.3.2. Uticaj na vodu

Termoelektrane se javljaju kao zagađivači vode preko otpadne toplote iz termoelektrana. Glavni zagađivač vode otpadnom toplotom je sistem protočnog hlađenja kod termoelektrana [24].

Termoelektrane su tehnički povezane sa vodotokovima ili akumulacijama, odakle uzimaju vode koje koriste u okviru svog proizvodnog ciklusa. Takođe, one ispuštaju određene količine vode u okolinu, ostvarujući na taj način termičke i hemijske uticaje na vode i njihov kvalitet. Termoelektrane koriste vode u okviru svog proizvodnog ciklusa, kao kotlovsku vodu, vodu za hlađenje postrojenja do propisanih granica, ali i za transport i pranje ugljeva koji se upotrebljavaju za rad centrale, kao i za gašenje pepela i šljake, te njihovo hlađenje. Iskorišćene vode se ispuštaju u okolinu, prije svega u najbliže rijeke proizvodeći tako termičke, hemijske i fizičke promjene (slika 5) [20].

Korišćene vode mogu uticati na površinske i podzemne vode, vode kanala, akumulacija, ali i rijeka, uključujući i one prekogranične. Kao otpadne vode, one mogu proizvesti brojne negativne uticaje na životnu sredinu, a posebno ukoliko se ispuštaju u neposrednoj blizini staništa zaštićenih biljnih i životinjskih vrsta. Za zaštitu voda od zagađenja izazvanih radom termoelektrana prije svega je važna obaveza prečišćavanja otpadnih voda. Prečišćavanje otpadnih voda sprovodi se do stepena čistoće koji odgovara graničnim vrijednostima emisije ili do stepena čistoće koji zahtijevaju propisani standardi kvaliteta životne sredine recipijenta [20].



Slika 5. Rijeka Čehotina prije i poslije ispuštanja otpadnih voda iz Termoelektrane „Pljevlja“ (Foto: M.Petrović)

2.3.3. Uticaj na vazduh

Izgradnja, rekonstrukcija i puštanje u rad termoelektrana dovode do ispuštanja različitih štetnih materija u vazduh (slika 6). Problem zagađenja vazduha od strane TE nastaje kada se koristi gorivo lošeg kvaliteta i kada ne postoje tehnologije koje mogu efikasno da umanje emisije štetnih gasova i čestica u vazduh. U nerazvijenim dijelovima svijeta se često koriste jeftina fosilna goriva koja su takođe i energetski neefikasna. Kada se koriste ovakva goriva, sagorijevanje često nije potpuno, što dovodi do dodatnih emisija polutanata [21, 25].

TE su među najvećim emiterima gasova staklene bašte, kao što su vodena para i ugljen-dioksid. Iz TE na ugalj u atmosferu emituju se sumpor-dioksid, oksidi azota i suspendovane čestice. Oksidi sumpora i azota su uzročnici kiselih kiša koje mogu imati indirektni uticaj TE na okolinu. Suspendovane čestice su veliki zagađivači vazduha i vrlo dobro poznati uzročnici različitih bolesti kod izložene populacije. Ove emisije se odnose na TE koje koriste fosilna goriva, dok se na primjer kod nuklearnih elektrana emituje vodena para u kojoj se nalazi zanemarljiva koncentracija radioizotopa (radionuklida) [4].



Slika 6. *Uticaj termoelektrana na vazduh* [26]

2.4. Uticaj otpadnih voda na kvalitet vodenih sistema

Pri ispuštanju otpadnih voda nezadovoljavajućeg stepena čistoće u prirodne vodene sisteme, dolazi do niza promjena u kvalitetu vode recipijenta (prijemnika).

Otpadna voda narušava kvalitet prijemnika tako što dovodi do promjena njegovih osobina. U kojoj mjeri će ove osobine biti narušene zavisi od stepena zagađenosti otpadnih voda [27].

Što se tiče promjene fizičkih osobina prirodnog recipijenta, mijenjaju se temperatura, mutnoća, boja i miris. Povećava se količina suspendovanih materija, pijeska i mulja. Toplota, kao i suspendovane materije ometaju proces fotosinteze, odnosno onemogućavaju prenos kiseonika, čime se ugrožava postojanje živog svijeta [5].

Hemijske promjene se ogledaju u sadržaju organskih i neorganskih supstanci. Kada se poveća sadržaj organskih materija, dolazi do biološke oksidacije, čime se troši rastvoreni kiseonik iz vode. Mnoga od ovih jedinjenja ometaju proces prečišćavanja vode. Povećan sadržaj teških metala, ima toksično dejstvo, kao i mnoge organske materije. Organske materije takođe dovode do eutrofikacije, što opet dovodi do smanjenja koncentracije rastvorenog kiseonika u vodi [5].

Svakako se mijenja i biološki sastav vodenog sistema, tačnije broj i vrsta postojećih bakterija, virusa, algi i slično. Ovdje su posebno po čovjeka opasni mikroorganizmi koji izazivaju infekcije [28].

Zagađivanjem vodenih sistema direktno se na ovaj način zagađuje i zemljište, a samim tim i podzemne vode [29].

2.5. Samoprečišćavajuća moć vodotoka

Sve vode u prirodi imaju sposobnost da do određene mjere uklanjaju zagađenja unijeta u njih, sve dok se ponovo ne postigne njihova prethodna ravnoteža fizičkih, hemijskih i bioloških osobina. Ova se osobina vode naziva samoprečišćavanje ili autopurifikacija vode. Samoprečišćavanje, odnosno autopurifikacija vode označava sve procese koji utiču na količinu, sastav i svojstva otpadnih materija u vodenim sredinama. Otpadne vode koje se ispuštaju u vodotoke uglavnom sadrže organsko zagađenje, što znači da je prilikom proračuna uslova ispuštanja otpadne vode u neki vodeni sistem, od velikog značaja pitanje autopurifikacione moći tog vodenog sistema. U ovom procesu se otpadne materije u vodenoj sredini razgrađuju i odstranjuju prirodnim putem [30].

Samoprečišćavanje u prirodnom vodotoku se odvija pod djelovanjem bioloških i fizičko-hemijskih procesa. Biološki procesi samoprečišćavanja podrazumijevaju sve procese u kojima organizmi koji se nalaze u vodi koriste materije iz vode u ishrani i na taj način ih uklanjaju iz vode. Na ovaj način se smanjuje količina azotnih jedinjenja i fosfata. Ovi procesi koji se odvijaju pod uticajem mikroorganizama se dijele na aerobne i anaerobne [31].

Više faktora utiče na proces samoprečišćavanja: sastav i brojnost vodenih biocenoza, hidrodinamički uslovi (protok, brzina toka, dubina vode), vremenski i klimatski uslovi (doba godine, podneblje), fizičke osobine (temperatura i boja vode), hemijske osobine (koncentracija rastvorenog kiseonika). Postoje i materije koje onemogućavaju proces autopurifikacije, tako što ga inhibiraju ili tako što uništavaju mikrobiološku aktivnost u vodi. Ovdje spadaju fenoli, pesticidi, deterdženti, teški metali i slično. Prisutnost ulja i nafte u vodi takođe ometa ovaj proces, stvaranjem tankog sloja na površini, čime se onemogućava prodor svjetlosti u vodu, sprečava se proces fotosinteze i smanjuje sadržaj kiseonika [32].

Kod procesa razblaživanja se dešava to da se organske i druge materije ispuštaju u vodotok sa velikom količinom vode, i na ovaj način se smanjuje koncentracija zagađenja. Kod procesa sedimentacije teže čestice padaju na dno korita, čime se takođe, smanjuje njihova koncentracija. Sunčeva svjetlost takođe, ima veliki uticaj u ovom procesu, tako što je vodene biljke apsorbuju i vrše proces fotosinteze čime se povećava dragocjena količina kiseonika. Biljke su važan element u vodenim ekosistemima. Vegetacija koja raste usporava brzinu vode i podržava procese sedimentacije rastvorenih čestica. Osim toga, biljke zajedno sa šljunkom učestvuju u procesu filtracije [32].

U brdskim vodotocima, zbog relativno niske temperature vode u njima, a naročito usljed velike turbulencije toka, obnavljanje potrošenog kiseonika vrši se veoma brzo, tako da je zasićenost kiseonikom na granici saturacije, a često i iznad nje, što je specifičnost [30].

2.6. Rijeke – prirodni recipijenti otpadnih voda

Pri ispuštanju otpadnih voda u prijemnike od najveće važnosti su dvije grupe njihovih osobina:

- hidrološke i hidraulične,
- fizičke, hemijske, biološke i mikrobiološke [30].

Kada dođe do ispuštanja otpadnih voda u prirodne recipijente (slika 7) dolazi do promjene vrijednosti upravo ovih osobina, a samim tim i osobina recipijenta. Promjene su izraženije ukoliko je niži stepen prečišćavanja otpadnih voda. Može se reći da je ključni problem to što se sa otpadnim vodama ispuštaju znatne količine razgradivih otpadnih materija, što direktno povećava potrošnju rastvorenog kiseonika vodoprijemnika. Takođe, kiseonik troše biljke i životinje, kao i mikroorganizmi koji istovremeno koriste i organsku materiju kojom se hrane. Dakle, ispuštanjem otpadnih voda u prirodne recipijente može doći do značajnog smanjenja rastvorenog kiseonika, a u nekim situacijama može i sasvim nestati, što bi značilo potpuno izumiranje vodenog svijeta. Tako se u recipijentima javlja potreba za obnavljanjem kiseonika, procesom fotosinteze i direktno iz vazduha [5].

Ono što remeti obogaćivanje vode kiseonikom jeste prisustvo koloidnih i plutajućih materija, kao i mineralnih ulja i deterdženata. Usporavanje ovog procesa remete i otpadne vode koje imaju povišenu temperaturu, iz razloga što je kiseonik manje rastvorljiv u toploj, nego u hladnoj vodi [32].



Slika 7. *Ispuštanje industrijskih otpadnih voda u rijeku [33]*

Rijeke, kao prijemnici otpadnih voda, ako su nezagađene sadrže količinu rastvorenog kiseonika koja je približna saturacionoj. Kada se u rijeke ispušte otpadne vode opterećene organskim materijama, zbog djelovanja mikroorganizama dolazi do postepenog smanjenja rastvorenog kiseonika. Ako je količina otpadne vode mala u poređenju sa količinom vode, kao i koncentracija organske materije, onda će u rijeci biti dovoljna količina kiseonika za razgradnju organske materije, a samim tim neće doći do poremećaja prirodnih osobina rijeke.

Međutim, kod ovakvog stanja u rijeci i dalje će postojati mikrobiološka kontaminacija koja predstavlja opasnost po zdravlje ljudi [30].

U rijekama gdje količina rastvorenog kiseonika nije dovoljna za aerobne procese razgradnje, dolazi do anaerobnih procesa, dakle do truljenja, pojave neprijatnih mirisa i slično. Tako da se može reći da je količina rastvorenog kiseonika ključni kriterijum čistoće, odnosno zagađenja prijemnika. Kao parametar koji predstavlja količinu kiseonika potrebnu da se u aerobnim uslovima razgradi biološki razgradiva materija koristi se biohemijska potrošnja kiseonika (BPK) [30].

3. EKSPERIMENTALNI DIO

3.1. Karakteristike istraživačkog terena

3.1.1. *Pedološke karakteristike terena*

Na području opštine Pljevlja zastupljeni su različiti tipovi zemljišta, raznovrsnih fizičko-hemijskih karakteristika i plodnosti. Najvažniji faktori koji su uticali na obrazovanje zemljišta i njihova svojstva su geološka podloga, dinamičan brdsko-planinski reljef, klima, hidrografija, vegetacija i čovjek. Reljef pljevaljskog područja obiluje raznovrsnim oblicima kao što su rječne doline, uvale, polja, vrtače, grebeni, strme strane i vrhovi. Na pojedinim oblicima reljefa prisutna su zemljišta različite debljine, od plitkih na kršu i strmim padinama, pa do veoma dubokih na ravnom terenu. Tipovi zemljišta koji se mogu izdvojiti u ovoj oblasti su: aluvijalna i aluvijalno-deluvijalna zemljišta. Aluvijalna zemljišta zastupljena su u dolinama rijeka Čehotine, Vezišnice i Maočnice. Ova zemljišta su mlada i genetski nerazvijena, heterogenog sastava, pretežno pjeskovito-glinovita, a prema dubini srednje duboka i duboka. Aluvijalno-deluvijalna zemljišta su zastupljenija od čisto aluvijalnih, zbog toga što je nanos koji prenose vodotoci izmiješan sa materijalom koji se spira sa okolnih strmih terena (deluvijum) [34].

Smeđa zemljišta na laporcima i glinama su većinom srednje duboka i duboka, ilovastog i ilovasto-glinovitog sastava i dosta visokog sadržaja humusa i CaCO_3 . Uz aluvijalno-deluvijalna zemljišta, ova zemljišta zauzimaju najveće ravne komplekse u pljevaljskom području. Smeđa kisela zemljišta imaju dobra fizička svojstva, ali su u hemijskom pogledu jako izražene kiselosti ($\text{pH} = 4 - 5$), siromašna su fosforom, a bogatija kalijumom [34].

Postoje dva tipa zemljišta koja su obrazovana na krečnjacima pljevaljskog područja. To su krečnjačke crnice u višem i smeđa zemljišta u nižem pojasu krečnjačkih predjela. Za oba tipa je karakteristično da su postala na čistim krečnjacima, bez primjesa silikatnog materijala. Smeđa zemljišta predstavljaju stadijum razvijenih zemljišta i nastaju kroz više faza. Površinski slojevi su ilovastog sastava, rastresiti su i bogati humusom, dok su dublji slojevi glinovitiji. Njihove fizičke i hemijske karakteristike su dobre (reakcija im je slabo kisela, odnosno imaju visok sadržaj baznih katjona u adsorptivnom kompleksu). Siromašna su fosforom, a obogaćena kalijumom [34].

Krečnjačke crnice se pojavljuju u raznim fazama razvoja, što zavisi od nadmorske visine, reljefa, vegetacije, ekspozicije i drugih uslova. U početnim fazama razvoja, crnice su veoma

humusne (10 do 30% humusa), imaju intenzivno crnu boju i praškastu strukturu. Ove crnice (poznate pod nazivom buavica) preovlađuju na brdima oko Pljevalja, Boljanića i graničnom pojasu prema Srbiji, zatim vrhovima Lisca i Ljubišnje, Kanjonu Tare i dr. Na blažim dijelovima reljefa preovladava posmeđena crnica, pretaložena u vrtačama. Pored posmeđivanja, crnice u ovoj fazi razvoja imaju i veću dubinu. Takođe, sadrže više gline i imaju veću moć akumuliranja vode u odnosu na buavice [34].

Antropogena zemljišta se stvaraju na površinama sa kojih je prethodni, normalni i prirodni sloj uništen. Nastala su manjom ili većom intervencijom čovjeka. Javljaju se na odlagalištima otpada, erodovanim prostorima, klizištima i zahvataju znatne površine [35].

3.1.2. Geomorfološke karakteristike terena

Prema geološko-morfološkim osobinama, ovaj predio pripada Dinaridima. Brdsko-planinskog je karaktera sa izraženom visinskom amplitudom, od najniže tačke nadmorske visine u koritu rijeke Tare ispod Sokoline (520 m.n.v.) do vrha Drenečište na planini Ljubišnji (2238 m.n.v.). Prosječna nadmorska visina opštine se kreće od 1000 do 1200 m.n.v. U geomorfološkom smislu dominantni makromorfološki oblici reljefa su fluviodenudaciona površ i doline Čehotine i ostalih rijeka. Fluviodenudaciona površ (površ Kosanice i Jabuke), srednje nadmorske visine 1400 m, ograničena je rijekama Tarom i Limom. Površi Kosanice i Jabuke imaju inverzan položaj u odnosu na doline Tare i Čehotine. Na njima se uočavaju ostaci nekada riječnih dolina, a sada kraških uvala sa nizovima vrtača. Stariji fluvijalni proces je na površima u potpunosti zamijenjen mlađim, kraškim procesom. Od kraških oblika razvijeni su: polja, uvale, vrtače, dolovi, jame, pećine i podređeno škrape [34]. Dolinu rijeke Čehotine je dugačka 80 km, a široka 25 km i pruža se u pravcu SZ-JI. Za nju je specifičan veliki broj erozionih proširenja u vidu polja (Maoče, Mataruge, Otilovići, Pljevlja, Brvenica, Glisnica, Rađevići i Gradac), koja su međusobno povezana kanjonskim dolinama. Javljaju se mnoge morfološke anomalije: inverzan položaj fluviodenudacione površi, uklješteni meandri (od Vrulje do ulaska Čehotine u Pljevaljsko polje), i ekshumirani reljef (Velika i Mala Pliješ, Ilino brdo i dr.) [36].

Pljevaljska kotlina spada u red manjih kotlina dinarskog područja. Ima dužinu 9km i širinu 6,5km i prostire se u pravcu SZ-JI. Pripada zoni visokih kotlina na Balkanu sa srednjom nadmorskom visinom od oko 770 metara.

Deponija „Maljevac“ predstavlja brdsko-planinsku deponiju koja je nastala tako što je pregrađena dolina Paleškog potoka zemljanom branom. Paleški potok ima izvorište koje se duboko zavlači između visova Rogatac (1080 m.n.v.) i Borovo brdo (1097 m.n.v.). Oni obrazuju greben, koji se potkovičasto obavija oko gornjeg toka Paleškog potoka [37].

Ovaj dio toka je u ljetnjem periodu bez vode. Glavna vrela i izvori su skoncentrisani u podnožju padina oko izohipse 830 m.n.v. Najviše ih ima kod sela Zbljevo. Oni ne presušuju u toku godine, ali znatno smanjuju izdašnost. Gornji tok Paleškog potoka protiče kroz klisuru dužine od oko 800 m, zatim ulazi u široku dolinu blagih strana. Tu prima tri pritoke sa lijeve strane, koje nastaju iz vrela i izvora u Zbljevu. Desnih pritoka nema. Osim oskudnih voda iz slabijih izvora sa ove obale nema drugih doticaja. Korito Paleškog potoka u srednjem toku je na širokom prostoru zamočvareno. Teren je dosta raskvašen. Slično važi i za pritoke. Tek nizvodno od brane, korito potoka se bolje drenira, pa njegova neposredna okolina nije močvarna. Paleški potok teče od jugozapada ka sjeveroistoku gotovo ne mijenjajući pravac. Grebeni koji obrubljuju njegovu dolinu sa lijeve i desne strane su gotovo simetrični. Oni razdvajaju sliv Paleškog potoka od depresije bezimenog potoka prema sjeveru i Vezišnice, prema jugu i istoku [34].

3.1.3. Klimatske karakteristike terena

Klima područja opštine Pljevalja određena je geografskim položajem i konfiguracijom terena. Ova oblast pripada planinskom kontinentalnom klimatskom pojasu.

Položaj Pljevaske kotline i smjer pružanja planinskih vjenaca koji je okružuju (dosežući visine i do 2238 m.n.v. – planina Ljubišnja) i rječne doline (Ćehotine i Tare u prvom redu) djeluju kao modifikatori klime na pojedinim dijelovima pljevaljske opštine uz formiranje mikroklimatskog pojasa u pljevaljskoj opštini. Shodno tome, Pljevaljska kotlina ima modificovanu umjereno kontinentalnu klimu sa karakteristikama planinske klime i vrlo malim godišnjim prosjekom padavina. Zime su duge i oštre, ljeta su kratka i svježa, dok su jeseni toplije od proljeća. Karakteristično je ujezeravanje hladnog vazduha (kada se u zimskim mjesecima temperature spuštaju i ispod -20°C) i magle, što dovodi do smanjenja kvaliteta vazduha u gradu, naročito zimi u periodu tišina (periodi bez vjetra) i hladnih dana [36].

Izvjese odlike planinske klime, koje se ogledaju u ekstremno niskim temperaturama, su posljedica relativno visoke nadmorske visine ovog područja. Zbog toga Pljevlja spadaju u red najhladnijih mjesta u Crnoj Gori i među klimatskim elementima koje posebno treba istaći su:

temperatura vazduha, relativna vlažnost vazduha, količina padavina, maksimalne količine padavina, oblačnost, insolacija, a od pojava: magla, snijeg, jak vjetar, olujni vjetar [36].

Temperatura vazduha Pljevlja karakteriše avgustovska temperaturna fluktuacija, što znači da je razlika između maksimalnih i minimalnih temperatura viša nego u junu ili julu. Iz ovog razloga je jul najtopliji mjesec. Mrazevi uglavnom prestaju do kraja aprila, te je zima u Pljevljima dva mjeseca duža od ljeta [37].

Pljevlja sa prosječnom godišnjom količinom padavina od 796 mm i prosječnim brojem od 128,5 dana sa padavinama tokom godine spadaju u područja sa najmanjom količinom padavina u Crnoj Gori. Imaju odlike kontinentalne klime. Kiše su zastupljene tokom toplijeg dijela godine (april–septembar). Područje Pljevalja ima dva kišna perioda: prvi i najveći je u proljeće, a drugi je u jesen. Prosječan broj kišnih dana tokom ljeta iznosi 34. Najsušniji mjeseci tokom godine su april i avgust. Smanjene količine padavina su karakteristika i zimskih mjeseci, zbog niskih temperatura i sniježnih padavina [34].

Relativna vlažnost vazduha se poklapa sa oblačnošću pljevaljskog područja i u granicama je od 70–80%. Oblačnost je povećana u hladnom dijelu godine, dok u ljetnjem periodu dostiže minimum. Srednja godišnja vrijednost insolacije (broj sunčanih časova) je 1633,6 h, pri čemu je mjesečni maksimum u julu (228,9 h) i avgustu (226,3 h), a minimum u decembru 35,4h. Vedrih dana ima najviše u ljetnjem periodu godine, dok su tmurni dani veoma česti u periodu od decembra do marta, kada je i period najvećeg zagađenja vazduha u kotlini, jer se na njenom dnu nad gradom zadržava “jezero” smoga, porijeklom iz Termoelektrane Pljevlja [36].

Vazдушna strujanja u pljevaljskom kraju određena su opštom cirkulacijom vazduha na ovom području, sa određenim izmjenama pod uticajem lokalnih prilika, uz poseban uticaj zatvorenosti pljevaljske kotline visokim planinskim vijencima [35].

3.1.4. Hidrološke i hidrogeološke karakteristike terena

S obzirom na složenost litološkog sastava i strukturu poroznosti stijena, na prostoru Pljevalja su zastupljeni različiti tipovi izdani: zbijeni, karstni, karstno-pukotinski i pukotinski tip [37].

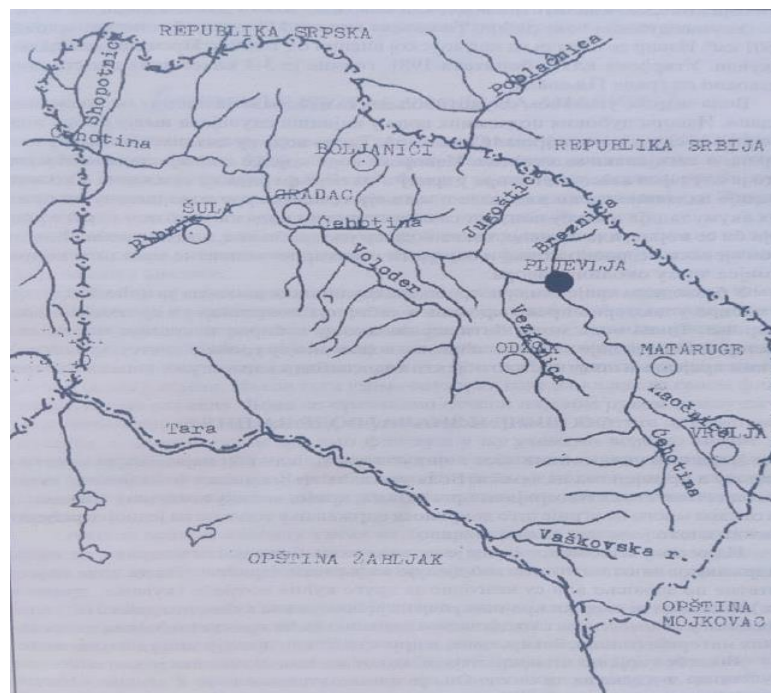
Zbijeni tip izdani sa slobodnim nivoom i pod pritiskom ima određeno rasprostranjenje u okviru aluvijalnih (šljunkovito-pjeskovitih) sedimenata, duž korita rijeke Čehotine i njenih

pritoka, kao i u okviru neogenih basena: Maočkog, Mataruškog, Otilovićkog, Pljevaljskog i Glisničkog.

Karstni i karstno-pukotinski tip izdani prisutan je u okviru masivnih bankovitih i slojevitih krečnjaka srednjeg trijasa, gornjeg trijasa i gornje jure koji izgrađuju područje Ljubišnje, Lisca, Gradine, Jabuke. Na ovom dijelu terena uglavnom izostaje površinsko oticanje atmosferskih voda, izuzev preko vodotoka Čehotine i njenih pritoka koje su usjekle duboke kanjonske doline. Razvijeni kraški oblici (ponori, vrtače, škrape i sl.) omogućavaju direktnu infiltraciju podzemnih voda, koje razgranatom mrežom kraških kanala različitih oblika i dimenzija cirkulišu u dublje dijelove terena, gdje se formiraju razbijene karstne izdani [37].

Iako su Pljevlja oblast sa relativno malom količinom godišnjih padavina, ipak su geomorfološke, geološke i klimatske karakteristike uslovile su da ovo područje ima veoma razvijenu mrežu vodotoka. Zbog različitog sastava tla, različite su i hidrološke pojave. Sjeverozapadni i zapadni dio Pljevaljske kotline je oskudan izvorskom vodom, dok su na dnu kotline prisutni brojni izvori, vrela različite izdašnosti i riječni tokovi. Glavna vodna arterija opštine Pljevlja je rijeka Čehotina čija je dužina 125 km, od čega 93 km na teritoriji Crne Gore Izvorište joj je ispod planine Stožer, na visini od 1045 m, a visinska razlika sa ušćem je 650 m. Tok joj je usmjeren prema severozapadu, a uliva se u Drinu, kod Foče [34].

Najznačajnija i ujedno najveća rijeka pljevaljskog kraja je Čehotina, dok su njene pritoke Breznica, Vežišnica, Jugoštica i Voloder (slika 8). Na rijeci Čehotini kod pljevaljskog basena izgrađeno je vještačko jezero "Otilovići", koje snabdijeva Termoelektranu "Pljevlja" tehnološkom vodom. Ova voda se takođe koristi i za piće. Jezero je dugačko 12 km.



Slika 8. Hidrografska karta opštine Pljevlja [37]

Rijeka Čehotina je planinska rijeka koja ima dosta pritoka i veliki pad. Izvire ispod planine Stožer u Crnoj Gori na visini 1200 m nadmorske visine, a uliva se u Drinu na 385 m.n.v. sa padom od 815 m nadmorske visine. Čehotina je najduža pritoka Drine poslije Lima. U svom gornjem planinskom toku rijeka je urezala ugodnu klisuru, sa nekoliko uskih meandara i visokim rtovima između, baš kao na Uvcu. Meandri Čehotine nalaze se na 12. kilometru magistralnog puta od Pljevalja do Bijelog Polja.

Nizvodno kod mjesta Otilovići, 80-ih godina prošlog vijeka podignuta je brana na Čehotini. Rijeka nije pregrađena da bi se iskoristio njen hidroenergetski potencijal, već da bi se vodom snabdijela Termoelektrana "Pljevlja". Podizanjem brane nivo vode u gornjem dijelu dodatno je porastao.

U slivu rijeke Čehotine ima dovoljno podzemnih voda u vidu izlomljenih kraških izdanaka. Bogatstvo podzemnih voda predstavlja veoma značajnu osnovu za vodosnabdijevanje stanovništva, industrije i poljoprivrede.

Vezišnica je lijeva pritoka rijeke Čehotine, koja nastaje spajanjem dvije rječice Mandojevca i Zmajevca 15-tak km od Pljevalja (selo Odžak). U naselju Radosavac uvire u Čehotinu, odmah na rubu grada. Dužine je oko 15 km, a spada u red manjih brdskih salmonidnih rijeka. Vezišnica je bila ribom najbogatija pritoka rijeke Čehotine, što nije slučaj sa desnim pritokama Čehotine. Nekada su se u ovoj riječici lovili kapitalni primjerci pastrmke i mladice,

što je za ovu rijeku predstavljalo veliko bogatstvo. Sa izgradnjom TE "Pljevlja", uz samu desnu obalu ove rijeke, i formiranjem deponije "Maljevac" iznad Paleškog potoka, lijeve pritoke Vezišnice, počinje da se mijenja ova rijeka, umirući polako u njenom donjem toku, nizvodno od termoelektrane, pa sve do njenog ušća u Čehotinu. U tom dijelu toka postala je bez ikakve flore i faune u njoj, sa zamuljanim koritom.

Breznica je jedna od dvije rijeke koje protiču kroz Pljevlja. Njeno korito se proteže od istočnih predjela u okolini Pljevalja do Bukovice na sjeverozapadu. Rijeka Breznica je posebno ugrožena u dijelu toka kroz Mjesnu zajednicu „Ševari“, posebno na mjestu direktnog izlivanja fekalija iz kraka gradskog kolektora u rijeku.

3.2. Lokacija Termoelektrane "Pljevlja"

Termoelektrana „Pljevlja“ se nalazi na nadmorskoj visini 760 m. Njena dužina dimnjaka iznosi 250 m. Snabdijevanje Termoelektrane vodom za hlađenje i druge potrebe vrši se iz akumulacije „Otilovići“, koja ima 18 miliona m³ vode. Akumulacija se nalazi na rijeci Čehotini, koja je udaljena 8 km od Termoelektrane.

Prema tehnološkom opisu projekta, hidraulički transport pepela i šljake je projektovan za kružni, zatvoreni sistem.

Termoelektrana "Pljevlja" (slika 9) godišnje u prosjeku troši 1,4 miliona tona uglja, 600 tona mazuta i 660 tona hemikalija. U dimnom gasu TE „Pljevlja“ se nalaze sumpor(IV)-oksid, oksidi azota, ugljen(II)-oksid, suspendovane čestice i policiklični aromatični ugljovodonici (PAH) [38].

Tehnološki proces se odvija sledećim redosledom:

1. Prvo se vrši transformisanje hemijske energije goriva u toplotnu energiju dimnih gasova. To se odvija sagorijevanjem goriva u ložistu kotla uz prisustvo kiseonika i vazduha.
2. Tako zagrijani dimni gasovi predaju svoju toplotu vodi koja isparava pretvarajući se u vodenu paru, a ova se dalje zagrijava da bi imala što veću radnu sposobnost.
3. Pregrijana para se dalje uvodi u turbine. Tu se potencijalna energija pare pretvara u kinetičku, a ova pokrećući lopatice rotora u mehaničku.
4. Konačno u električnom generatoru koji pokreće turbinsko vratilo, mehanička energija obrtanja se pretvara u električnu na priključcima generatora [3].

Opremu termoelektrane čine: kotao, turbina i generator.

Pomoćnu opremu čine: kondenzator, zagrijači vode, rashladne i rashladno-redukcijske stanice, pumpe, ejektor i cjevovodi.



Slika 9. Termoelektrana "Pljevlja"

3.3. Potrošnja vode u Termoelektrani "Pljevlja"

Za proizvodnju električne energije u termoelektranama osnovne sirovine su gorivo (ugalj i mazut) i kvalitetno pripremljena voda za napajanje kotla. Za pripremu vode koriste se određene hemikalije. Priprema vode se vrši u postrojenju hemijske pripreme vode (HPV). Snadbijevanje termoelektrane vodom, za sve potrebe, vrši se iz akumulacije „Otilovići“ nastale izgradnjom betonske brane na rijeci Čehotini. Dovođenje vode do termoelektrane vrši se ukopanim čeličnim cjevovodima prečnika 800 mm. Za rad termoelektrane neophodno je obezbjediti dovoljnu količinu vode specifičnih karakteristika (tabela 1), a to je moguće primjenom razvijenog tehnološkog procesa koji podrazumijeva proizvodnju vode, održavanje i kontrolu kvaliteta vode u svim segmentima vodenoparnog ciklusa [39].

Hemijska priprema vode, svojim procesom dekarbonizacije i demineralizacije, ima veliki uticaj na zagađenje vode. U otpadnoj vodi od dekarbonizacije pojavljuju se mulj iz reaktora, koji se preko odmuljne jame pomoću pumpi transportuje u bazen mješavine šljake i pepela. Voda od ispiranja pješčanih filtera sa velikim sadržajem suspendovanih materija, po projektu

prema kojem je prvobitno izgrađena Termoelektrana „Pljevlja“, se odvodi u obodni kanal i dalje u rijeku Vezišnicu. Voda od ispiranja izmjenjivača sa jonskim masama demineralizacije, kao i produkti regeneracije jonske mase po zasićenju, HCl i NaOH, sakupljaju se u neutralizacionu jamu zapremine 146 m³. U jamu se dovode i vode od ispiranja i regeneracije postrojenja za prečišćavanja kondenzata iz mašinske sale. Rastvoru u neutralizacionoj jami podešava se pH vrijednost na 7-7,5 pa se onda pomoću pumpi transportuje u bazen hidromješavine bager stanice.

Projektnim rješenjem je predviđeno da se zamućene i zauljene vode prečišćavaju preko trapeznih pločastih separatora, odakle se posebnim pumpama prečišćena voda transportuje u bager stanicu, a mazut i ulje u rezervoar mazuta. Voda iz mašinske sale se ne prečišćava, kako je projektnim rješenjem bilo predviđeno, nego se ispušta u fekalnu kanalizaciju. Količina ulja u vodi iz mašinske sale je neznatna, što je i analiza urađena od strane laboratorije za ekološka ispitivanja TE "Pljevlja" pokazala. Prema projektnom rješenju odmuljenje i dreniranje kade rashladnog tornja vrši se ispuštanjem vode u rijeku Vezišnicu. Stvarno stanje u potpunosti odgovara projektnom rješenju.

Tabela 1. Bilans potrošnje vode na godišnjem nivou u TE „Pljevlja“ i količine vode koje nastaju u pojedinim dijelovima procesa [34]

	Mjesto potrošnje	Količina utrošene vode u m ³ /god	Mjesto ispuštanja
1.	Ukupno zahvaćena voda iz jezera	4 000 000	
2.	Dekarbonizovana voda	3 300 000	
3.	Demineralizovana voda	100 000	
4.	Ispiranje pješčanih filtera	60 580	Obodni kanal i dalje u Vezišnicu
5.	Dopunjavanje rashladnog sistema turbine	2 100 000	Dio isparava
6.	Hlađenje agregata kotla	478 810	Spirni bazen bager stanice-preliv u Vezišnicu
7.	Dreniranje rashladnog sistema	213 120	Ispust u rijeku Vezišnicu
8.	Odmuljenje reaktora HPV	7 844	U bazen mješavine bager stanice, pa na Maljevac
9.	Neutralizaciona jama HPV	5 831	U bazen mješavine bager stanice, pa na Maljevac
10.	Sirova voda za transport pepela	1 014 059	Preko bazena mješavine na deponiju Maljevac
11.	Hidrantska voda za pranje i spiranje	255 600	Preko kišne kanalizacije u Vezišnicu
12.	Pranje prijemne i prelaznih zgrada I;II;III;	3 096	Sliv u obodni kanal i Vezišnicu
13.	Zauljene vode iz mašinske sale	369 408	Preko kišne kanalizacije u Vezišnicu

14.	Vode onečišćene mazutom	3 311	Iz prečištača u bazen mješavine bager stanice
15.	Procjedne vode iz deponije Maljevac u Paleški potok	Teško utvrditi protok	Paleški potok je pritoka Vezišnice
16.	Fekalna kanalizacija	54 750	Preko zajedničkog kolektora u Vezišnicu

3.4. Deponija “Maljevac”

Deponija pepela i šljake „Maljevac“ (slika 10), površine 60 ha, gdje je do sada deponovano oko 9 000 000 t pepela i šljake, predstavlja jednu od crnih ekoloških tačaka Crne Gore. Potencijalni je izvor zagađenja vazduha, vode (površinske, podzemne) i zemljišta u okolini [34].



Slika 10. Deponija pepela i šljake Termoelektrane „Pljevlja“ na Maljevcu

Deponija pepela i šljake “Maljevac” je locirana na oko 800 m jugozapadno od TE "Pljevlja" (slika 11).



Slika 11. Lokacija deponije "Maljevac"

Intezitet zagađenja vazduha odnosno raznošenja čestica, zavisi od više faktora: veličine suve površine deponije, karakteristika pepela, odnosno od njegovog hemijskog i granulometrijskog sastava, primjene mjera zaštite vazduha, meteoroloških parametara na deponiji (brzine vjetrova, temperature, vlažnosti, padavina).

Intezitet zagađenja vazduha sa deponije „Maljevac“ vrlo je teško definisati zbog hemijskog sastava pepela. Kako pepeo ima veliki sadržaj kalcijumovog oksida to doprinosi da se na površini deponije stvara kompaktan čvrst sloj po kome se može hodati. Zato je intezitet raznošenja pepela sa suvih površina značajno manji u odnosu na silikatni pepeo. Emisija zagađujućih materija iz deponije u površinske i podzemne vode je posljedica sastava prelivnih i procjednih voda koje dopijevaju u površinske vode ili se filtriraju kroz tlo. Prema projektnom rješenju procjedne vode sa deponije pepela i šljake "Maljevac", koje prodiru kroz tijelo nasute zemljane brane, sakupljaju se drenažnim cjevovodom u sabirnu betonsku jamu (dubine 8 m). Procjedne vode iz sabirne jame upumpavaju se, pomoću vertikalnih drenažnih pumpi, u cjevovod povratne vode sa deponije "Maljevac". Projektno rješenje za procjedne vode sa deponije "Maljevac" nije izvedeno, već se ove vode direktno izlivaju u staro korito Paleškog potoka, a dalje se ulivaju u rijeku Vežišnicu. Odvod je kontrolisan preko sabirnih kanala postavljenih u podnožju brane iz kojih otiču u potok.

Izvorište Paleškog potoka se nalazi jugozapadno od deponije Maljevac. Dužina vodotoka koji protiče dolinom Paleškog potoka iznosi 2,9 km, 1100 m je visina izvora, a uliva se u rijeku

Vezišnicu 750 m.n.v. Tok rijeke Vezišnice se nalazi sjeverno od deponije Maljevac, koja nastavlja da teče ka Pljevljima, gdje se uliva u rijeku Čehotinu.

Da bi se odveo talas velikih voda Paleškog potoka i sam tok istog, kao i priključni povremeni izvori, urađen je atmosferski kolektor dužine 1338 m. Kolektor je postavljen dolinom Paleškog potoka po dnu deponije pepela i šljake i prolazi kroz tijelo brane. Sa lijeve strane glavnog kolektora uliva se jedan bezimeni potok. Danas je mnogo više izraženo procjeđivanje vode sa deponije kroz koji je tekao prirodni potok. Usled slijeganja zemljišta došlo je do pukotina na spojevima kroz koje curi voda iz deponije. Te vode su opterećene hemijskim zagađenjem, povećanom pH vrijednošću, prisustvom teških metala, sulfida, hlorida i drugih komponenti[40].

Projektno rješenje sistema za odvod pepela i šljake je sledeće:

Odvod šljake ispod kotla do bager stanice je hidraulički, a pepela ispod elektrofiltera i dimnjaka mehaničko - hidraulički. Mješavina pepela i šljake sa vodom je u odnosu 1:6 do 1:10 pepela i šljake prema vodi. Iz bager stanice mješavina se transportuje cjevovodima pomoću sistema dvije redno vezane bager pumpe na deponiju "Maljevac". Kao sigurnost transporta postoje dva nezavisna sistema pumpi. Voda izbistrena i oslobođena od mehaničkih čestica taloženjem, sa deponije "Maljevac" se ponovo vraća, preko prelivnih građevina, u bager stanicu, odnosno na povratnu pumpu koja daje radni pritisak za ejektore za transport šljake ispod kotla odnosno pepela ispod elektrofiltera.

U bager stanici postoji havarijski preliv mješavine vode i pepela u havarijskim situacijama (beznaponsko stanje, ispad pumpi i sl.) i njenog oticanja prelivnim kanalom u obodni kanal i dalje u Vezišnicu. Prelivne vode sadrže povećane količine suspendovanih materija, povećanu pH vrijednost i druge komponente iz šljake i pepela.

3.5. Uzorkovanje i analiza voda

Otpadne vode iz Termoelektrane „Pljevlja“ dopijevaju u vodene sisteme na tri načina. Preko obodnog kanala termoelektrane, gdje se ispuštaju direktno u rijeku Vezišnicu. Manja količina otpadnih voda od odsoljavanja rashladnog tornja se direktno ispušta u Vezišnicu. Pepeo i šljaka iz Termoelektrane pomiješani sa vodom u odnosu 1:10 se transportuju hidraulički do deponije, koja se nalazi 800 m zapadno od Termoelektrane. Vezišnica se nizvodno od Termoelektrane uliva u Čehotinu. Procjedne vode sa deponije šljake i pepela "Maljevac",

pomiješane sa atmosferskim vodama se ulivaju u Paleški potok, čije je korito izmješteno 2022. godine, ali i dalje postoji kanal preko kojeg se ove otpadne vode ulivaju u Vezišnicu.

U Termoelektrani "Pljevlja" prepoznata su dva izvora otpadnih voda koja se ispuštaju direktno u rijeku Vezišnicu i to:

- voda iz obodnog kanala Termoelektrane,
- voda od odsoljavanja rashladnog tornja.

Takođe, kao otpadne vode iz Termoelektrane "Pljevlja" se uzorkuju i procjedne vode sa deponije "Maljevac", koje se preko korita Paleškog potoka ulivaju u Vezišnicu.

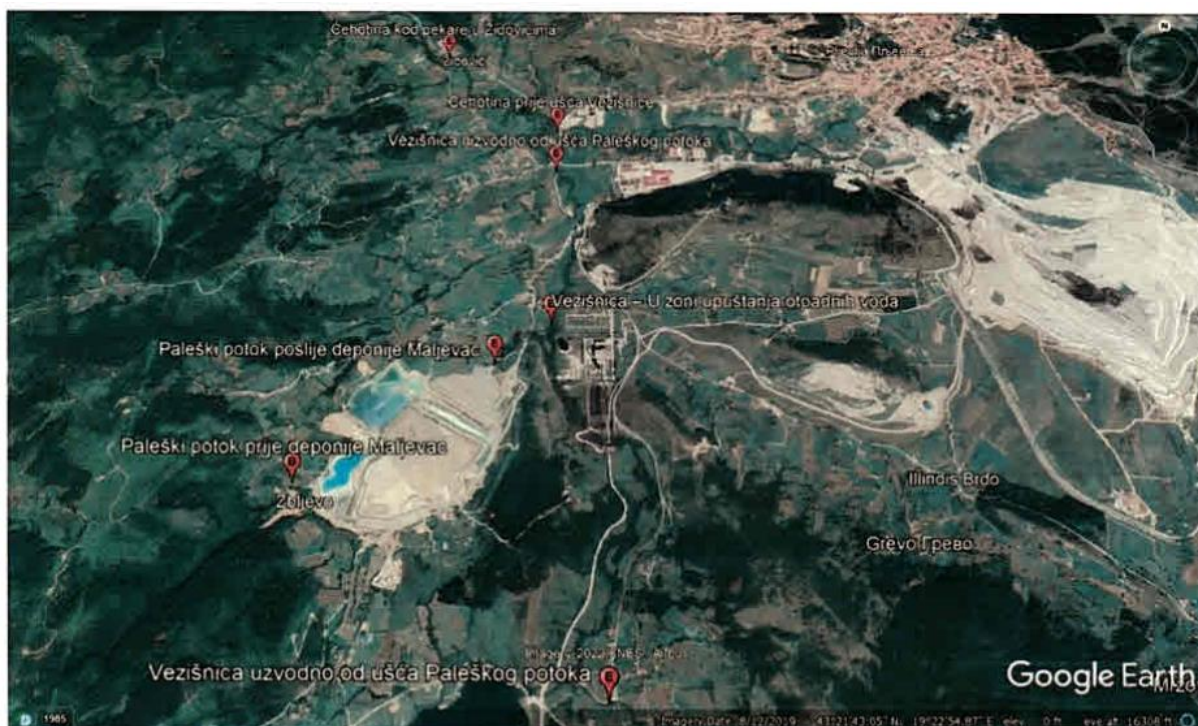
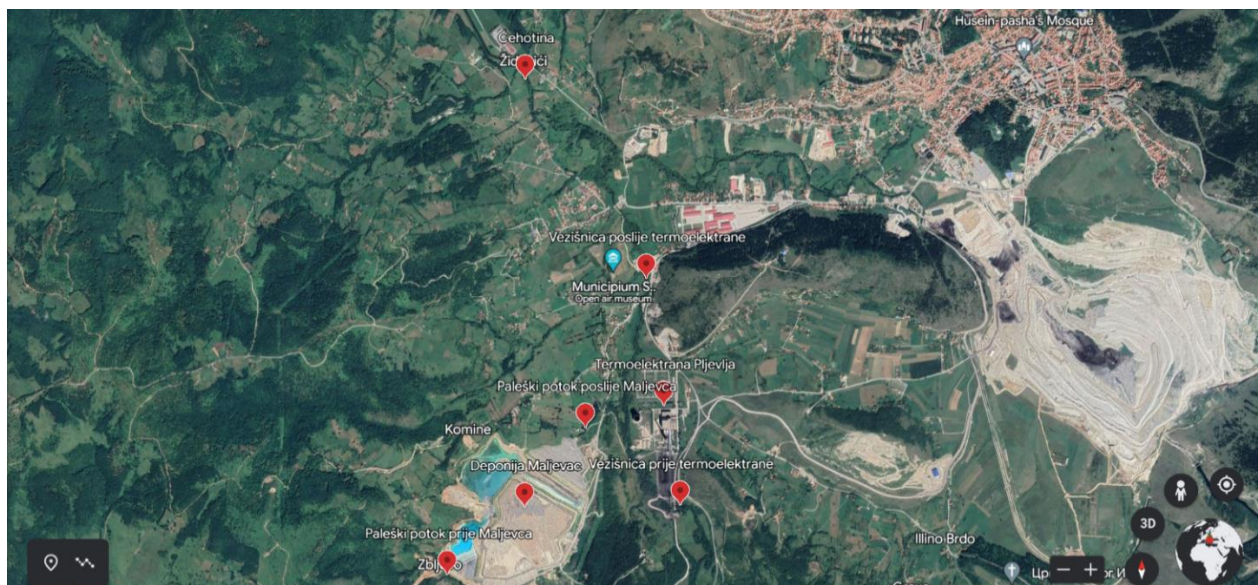
Ispitivani su uzorci površinske vode sa sljedećih lokacija (slika 12):

- Paleški potok prije deponije Maljevac,
- Paleški potok poslije deponije Maljevac,
- Rijeka Vezišnica uzvodno od Termoelektrane,
- Rijeka Vezišnica nizvodno od Termoelektrane,
- Rijeka Čehotina – na izlazu iz grada, a prije ušća Vezišnice,
- Rijeka Čehotina – kod pekare u Židovićima (nakon ušća Vezišnice).

Ispitivani su i uzorci sedimenta površinskih voda sa sljedećih lokacija (slika 12):

- Paleški potok prije deponije "Maljevac"
- Paleški potok poslije deponije "Maljevac"
- Rijeka Vezišnica uzvodno od Termoelektrane
- Rijeka Vezišnica nizvodno od Termoelektrane
- Rijeka Čehotina prije ušća rijeke Vezišnice
- Rijeka Čehotina kod pekare u Židovićima.

Uzorkovanje voda sa navedenih lokacija je vršeno u staklenim bocama zapremine od 1 litra, i pomoću manjih staklenih sudova sa čepom, zapremine 100-150 mL. Uzorkovanje je vršeno na oko 20 cm dubine od površine. Uzorci su čuvani na sobnoj temperaturi. Prilikom uzorkovanja vode vršeno je i uzorkovanje sedimenta.



Slika 12. Prikaz lokacija uzorkovanja površinskih voda i sedimenta predmetnog slivnog područja

S obzirom da su podzemne vode locirane samo oko deponije "Maljevac", one se ispituju samo na ovom području. Piezometri su postavljeni na deponiji i oko nje, ali se jednom mjesečno ispituju samo sa sljedećih lokacija:

- lokacija deponije tijela brane,
- podnožje tijela deponije.

Analiza fizičkih i hemijskih pokazatelja kvaliteta voda se vršila primjenom sljedećih metoda i opreme:

- Na terenu, prilikom uzorkovanja vode, vrši se mjerenje temperature vode, pomoću termometra. Metoda je u skladu sa standardom MEST ISO 10523:2013.
 - Elektroprovodljivost se određuje konduktometrijski, u skladu sa standardom EPA Method 120.1.
 - Miris se određuje organoleptički, na sobnoj temperaturi.
 - Određivanje pH se vrši pomoću pH/Ion metar, F24, Horiba, potencijometrijski. Ova metoda je u skladu sa standardnom metodom SRPS H:Z1.106:1970.
 - Mutnoća vode se određuje turbidimetrijski. Ova metoda je u skladu sa standardom SMVP.118.
 - Količina suspendovanih materija se određuje filtriranjem uzorka i daljim sušenjem filter papira do konstantne mase na temperaturi 103-105 °C. Ova metoda je u skladu sa standardom SMVP.133.
 - Određivanje oksidabilnosti se radi titracijom, na osnovu utroška kalijum-permanganata potrebnog za oksidaciju organskih supstanci u vodi. Ova metoda je u skladu sa standardom SMVP.134.
 - Biološka potrošnja kiseonika (BPK₅) je količina kiseonika koju mikroorganizmi iz uzorka vode potroše u aerobnim uslovima, u roku od 5 dana za oksidovanje organske materije. Određuje se metodom razblaženja, koja je u skladu sa standardom ISO 5815:2003.
 - Hemijska potrošnja kiseonika (HPK) predstavlja količinu kiseonika koja se određuje preko ekvivalentne količine potrošenog dihmata za oksidaciju organskih i jednog dijela neorganskih supstanci. Metoda je titracija i u skladu sa standardom MEST ISO 6060:2011.
 - Maseni spektrometar sa induktivno spregnutom plazmom u kombinaciji sa tečnom hromatografijom visokih performansi (HPLC/ICP-MS), Agilent Technologies, 7700
- Masena spektrometrija sa indukovano spregnutom plazmom je metoda koja se za potrebe ovog rada koristila za određivanje metala u uzorcima vode, a koja kao jonizacijski izvor koristi indukovano spregnutu plazmu. Pomoću nje je moguće detektovati metale, čak i u tragovima. Ova metoda je u skladu sa standardom EN ISO 17294-2.
- Analizator Žive, AMA 254, Altec Ltd.

Ovaj uređaj je specijalno dizajniran za brzu i sigurnu detekciju žive u tečnim i čvrstim uzorcima. Nije potrebna priprema uzorka, a sama analiza traje 5 minuta. Metoda je u skladu sa standardom AMA-254.

- Mikrotalasna pećnica za digestiju, Speedwave Xpert, Berghof

Mikrotalasna digestija se koristi za pripremu uzorka kod atomske apsorpcione spektrofotometrije (AAS) i kod ICP-MS. Zasniva se na zagrijavanju tj. razaranju uzorka pomoću mikrotalasa.

- Za određivanje cijanida, amonijaka i anjona korišćeni su: Spektrofotometar, UV-1800, Shimadzu (u skladu sa standardom SMEW 4500) i Jonski hromatograf, 930 Compact IC Flex, Metrohm (u skladu sa standardom MEST EN ISO 10304-1-2012).
- Sadržaj mineralnih ulja se ispitivao pomoću gasne hromatografije, korišćenjem Agilent 7890A gasnog hromatografa sa plameno jonizacionim detektorom (FID). Ova analiza predstavlja razdvajanje komponenata iz smješe na osnovu razlike u koeficijentima raspodjele između stacionarne tečne i mobilne gasovite faze. Ova metoda je u skladu sa standardom 16703:2004.
- TOC (Total Organic Carbon) je suma organski vezanog ugljenika prisutnog u vodi koji je vezan za rastvorenu ili suspendovanu materiju, ubrajajući cijanide, cijanate, elementarni ugljenik (čestice čađi) i tiocijanate. Metoda za određivanje ukupnog organskog ugljenika je MEST ISO 8245:2020. Uređaj namijenjen za ovu metodu je Shimadzu TOC analizator.
- BTEX (Benzene, Toluene, Ethylbenzene, Xylenes) predstavlja lako isparljiva organska jedinjenja, kao što su benzen, toluen, etilbenzen i izomeri ksilena. Za njihovo određivanje koristi se Shimadzu GCMS-QP2020 NX gasni hromatograf sa masenim detektorom i Headspace sampler –om HS20NX. Primijenjena metoda gasne hromatografije je u skladu sa standardom MEST EN ISO 17943:2017.

Ispitivanje kvaliteta voda izvršeno je u Laboratoriji Centra za ekotoksikološka ispitivanja, Podgorica, u periodu oktobar 2022. – septembar 2023. god.

4. REZULTATI I DISKUSIJA

4.1. Izvori zagađenja rijeka Vezišnice i Čehotine

Teško je procijeniti intezitet i kvalitativan uticaj pojedinih zagađivača na vode rijeka Vezišnice i Čehotine [40].

Izvori zagađenja rijeke Čehotine su:

- *Komunalne otpadne vode* koje se neprečišćene ispuštaju u rijeku i to preko tri ispusta, koja sa njenom pritokom, Breznicom, dopijevaju do glavnog vodotoka. Ove vode su zagađene organskim materijama i bakterijama, a ne sadrže kiseonik koji je potreban za biološku i hemijsku razgradnju u vodotoku pa predstavljaju potencijalnu opasnost za zdravlje ljudi.
- *Rudnik uglja Pljevlja*, čije otpadne vode nastaju odvođenjem sa eksploatacionih objekata. Vode su obično sive do tamnosmeđe boje, mutne su sa visokim sadržajem suspendovanih materija čiji prosjek iznosi 70 mg/L. U Čehotinu se ispuštaju preko odvodnih cijevi i improvizovanih taložnika koji nemaju vidnog efekta na kvalitet vode. Prosječna koncentracija suspendovanih čestica iznosi 70 mg/L, pH je između 7,2 -7,4 , HPK (KMnO₄) 30 - 45 mg/L O₂, dok je sadržaj O₂ od 5,5 do 8,0 mg/L.
- *ŠIK "Velikmir Jakić"*- postrojenje za preradu drveta, analize su pokazale da su otpadne vode tamnosmeđe boje, mutne su, neprijatnog mirisa, visoke HPK vrijednosti koja se kretala od 290-4000 mg/L O₂, visokim BPK₅ vrijednostima od 150-1200 mg/l O₂, velikim sadržajem suspendovanih materija od 14-700 mg/L i visokim sadržajem isparnih fenola. Vode se ispuštaju u rijeku Čehotinu, a djelimično i preko Vezišnice dopijevaju do krajnjeg odredišta.
- *Rudnik olova i cinka "Šuplja Stijena" Gradac* - vode su kontrolisane na ispustu ispod jalovišta. Obično su bez boje ili svijetložute do sive boje, povremeno zamućene. Vrijednosti pH se kreću od 7,0 do 8,4, HPK od 18-30 mg/L O₂, sadržajem suspendovanih materija od 28-860 mg/l O₂. Preko jalovišta ova zagađena voda ispušta se u Čehotinu.
- *Fabrika cementa* koja ispušta otpadne vode u kanal rijeke Čehotine, ima ugrađene taložnike koji nemaju efekta i ne održavaju se. Voda je smeđežuta i mutna, dok sama cementara više ne radi, tako da je ovaj zagađivač isključen sa liste današnjih izvora zagađenja.

- *Kamenolom* sa koga se ispuštaju vode od separacije samljevenog kamena kanalom u blizini ispustnih voda nekadašnje cementare. Vode se takođe ne prečišćavaju, često su obojene bijeložuto i mutne su od suspenzije fine kamene prašine.
- *Klanica sa mljekarom* ispušta otpadne vode iz svih pogona na desnu obalu Čehotine. Vode još uvijek nisu analizirane ali se pretpostavlja da su zagađene organskim materijama, bakterijama i deterdžentima kojima opterećuju vodotok.
- Termoelektrana (TE) "Pljevlja" čiji se pepeo sa šljakom odvodi do deponije na mjestu zvanom "Maljevac". Vode sa deponije u određenim uslovima odводе se betonskim kanalima u Vezišnicu. Iz pogona same TE "Pljevlja" voda se ispušta direktno u Vezišnicu.

Što se tiče rijeke Vezišnice, u izvore zagađenja koji imaju uticaja na promjenu njenog kvaliteta ubrajaju se: TE "Pljevlja", komunalne otpadne vode, otpadne vode klanica iz dijela toka prije TE "Pljevlja".

4.2. Karakteristike otpadnih voda iz Termoelektrane „Pljevlja“

Otpadne vode iz Termoelektrane "Pljevlja" se uzorkuju sa dvije lokacije, i to: obodni kanal (slika 13) i rashladni toranj.



Slika 13. *Uzorkovanje otpadne vode iz obodnog kanala TE „Pljevlja“*

Obodni kanal u okviru TE "Pljevlja" je zapravo „kanalisan potok“ izvorišta Dobrilovac, pa se zapravo u površinsku vodu potoka ispuštaju otpadne vode iz objekata TE:

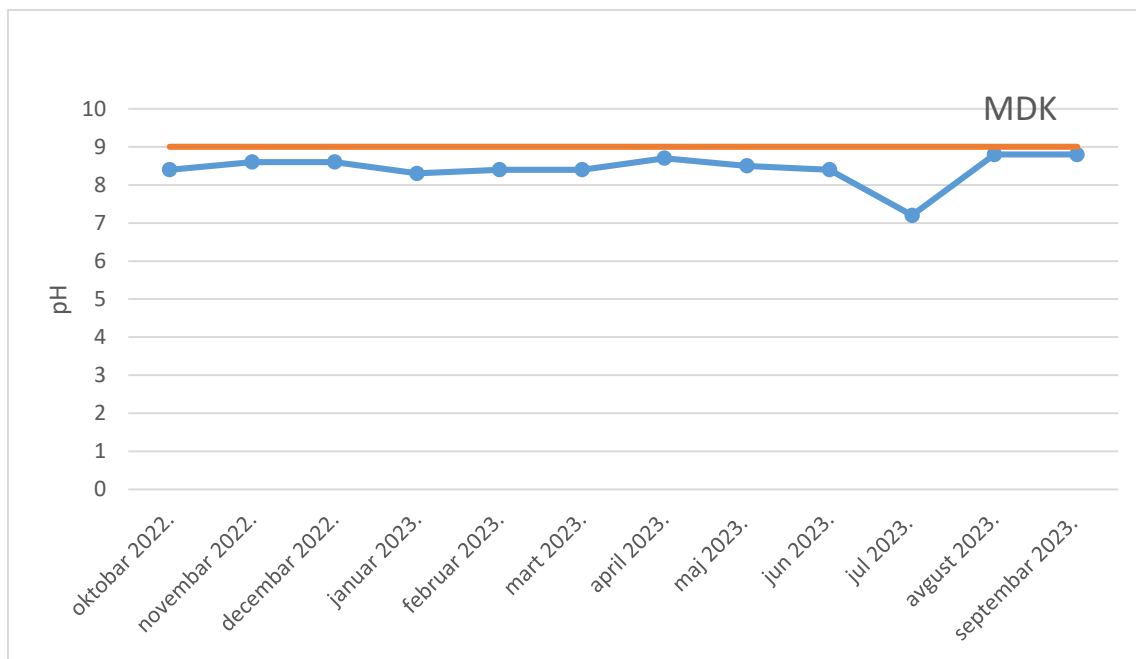
- Kotlarnica - odsoljavanje kotla, hlađenje mlinova, hlađenje motora ventilatora svježeg vazduha, hlađenje motora ventilatora dimnih gasova, pražnjenje cijevnog sistema kotla;
- Objekti sistema dopreme uglja, pranje podova u prelaznim zgradama;
- Bager stanica - preliv bazena spirne vode;
- Hemijska priprema vode - pranje pješčanih filtera i pražnjenje neutralizacione jame.

U tabeli 2 i slikama 14-16 su prikazani rezultati fizičko-hemijske analize otpadne vode iz obodnog kanala TE „Pljevlja“.

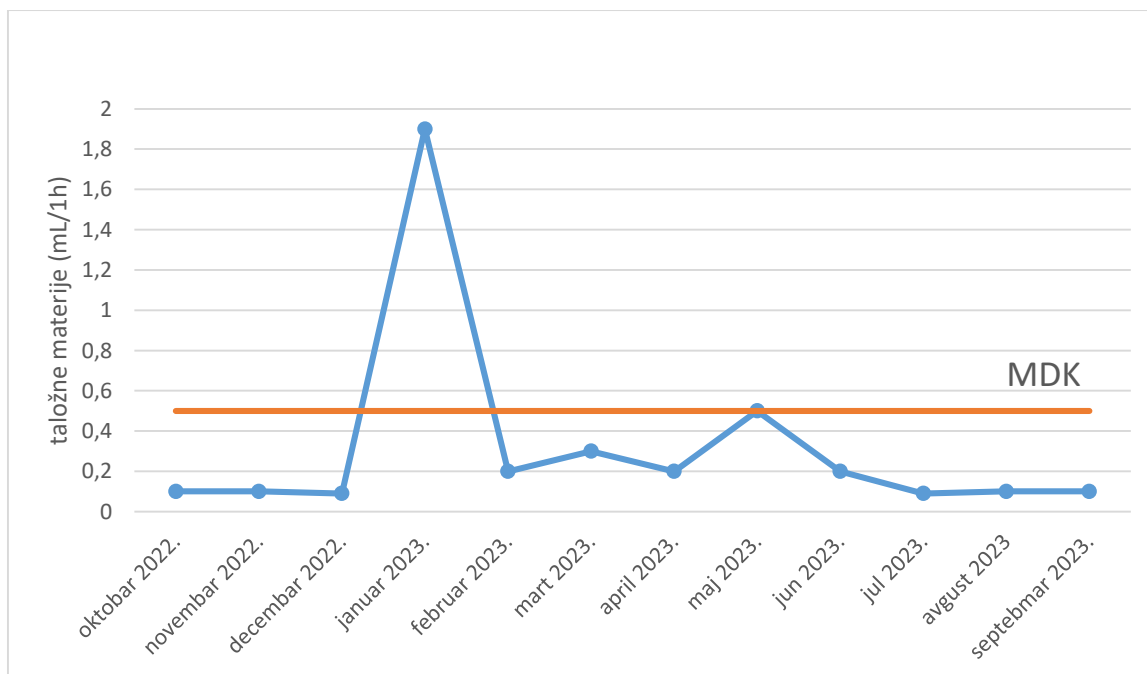
Tabela 2. Rezultati fizičko-hemijske analize voda iz obodnog kanala TE „Pljevlja“

Parametar	Jedinica mjere	Min vrijednost	Max vrijednost	Srednja vrijednost	MDK [43]
pH		7,2	9,0	8,4	6,5-9,0
Temperatura vode	°C	7,2	27,2	19,0	30
Taložne materije	mL/lh	< 0,1	1,9	0,37	0,5
Ukupne suspendovane materije	mg/L	1,2	392	64,3	35
BPK ₅	mg O ₂ /L	< 3	5,7	< 3	25
HPK	mg O ₂ /L	< 30	121	< 30	125/150
Teško isparljive lipofilne materije (ukupna ulja i masti)	mg/L	< 1	6,6	<1	20
Fenoli	mg/L	< 0,0005	0,0040	0,003	0,1
Arsen	mg/L	< 0,01	< 0,1	< 0,01	0,1
Bakar	mg/L	< 0,02	0,26	< 0,05	0,5
Cink	mg/L	< 0,05	0,16	< 0,2	1
Kadmijum	mg/L	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,05
Ukupni hrom	mg/L	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,5
Nikal	mg/L	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,5
Olovo	mg/L	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,1
Vanadijum	mg/L	< 0,001	0,025	< 0,01	0,05

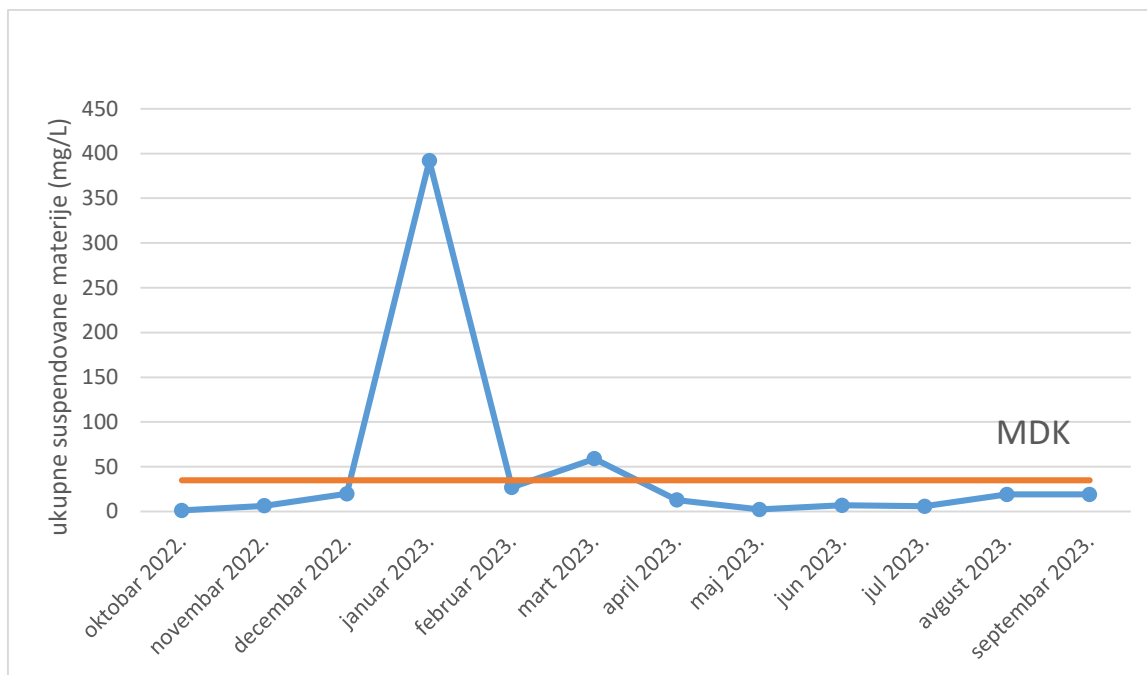
Živa	mg/L	< 0,001	0,028	< 0,001	0,01
Fluoridi	mg/L	0,019	0,25	0,13	30
Sulfati	mg/L	15	37	25,6	2000
Sulfidi	mg/L	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,2
Hloridi	mg/L	11	20,7	14,3	/
Ukupni fosfor	mg/L	0,2	1,2	0,73	2
Ukupni azot	mg/L	0,8	3,66	1,8	50
Aluminijum	mg/L	< 0,3	9,0	1,0	
Barijum	mg/L	< 0,3	< 0,3	< 0,3	
Bor	mg/L	< 0,2	< 0,2	< 0,2	
Hrom (VI)	mg/L	< 0,001	< 0,01	< 0,001	
Mangan	mg/L	< 0,2	0,39	< 0,2	
Selen	mg/L	< 0,01	< 0,01	< 0,01	
Srebro	mg/L	< 0,01	< 0,01	< 0,01	
Gvožđe	mg/L	< 0,25	13	1,4	
Sulfiti	mg/L	< 0,02	< 0,02	< 0,02	
Aktivni hlor	mg/L	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,2
Mineralna ulja	mg/L	< 0,2	< 0,2	0,2	
Aldehidi	mg/L	< 0,1	< 0,1	< 0,1	
Alkoholi	mg/L	< 0,1	< 0,1	< 0,1	
Ukupni aromatični ugljovodonici	mg/L	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	
Ukupni nitratni ugljovodonici	mg/L	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	
Ukupni halogeni ugljovodonici	mg/L	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	



Slika 14. pH vrijednost u otpadnoj vodi iz obodnog kanala tokom istraživačkog perioda



Slika 15. Taložne materije u otpadnoj vodi iz obodnog kanala tokom istraživačkog perioda



Slika 16. Ukupne suspendovane materije u otpadnoj vodi iz obodnog kanala tokom istraživačkog perioda

Prema rezultatima analize otpadnih voda iz obodnog kanala TE „Pljevlja“ (tabela 2) i njihovim poređenjem sa vrijednostima definisanim *Pravilnikom o kvalitetu sanitarno-tehničkim uslovima za ispuštanje otpadnih voda, načinu i postupku ispitivanja kvaliteta otpadnih voda i sadržaju izvještaja o utvrđenom kvalitetu otpadnih voda* ("Službeni list Crne Gore", br. 056/19) za ispuštanje u površinske vode, evidentno je da pojedini parametri tokom istraživačkog perioda prelaze propisane maksimalno dozvoljene vrijednosti (MDK). Sadržaj taložnih materija u otpadnoj vodi iz obodnog kanala (slika 15), sa vrijednošću od 1,9 mL/lh u januaru mjesecu, značajno prekoračuje MDK od 0,5 mL/lh, pa dospjele taložne čestice, u prirodnim vodenim sistemima mogu izazvati nepoželjne promjene bentonskih zajednica mijenjajući karakteristike staništa. Promjene u staništu dalje uslovljavaju povećanu proizvodnju pojedinih vrsta, odnosno smanjenje broja vrsta, što utiče na promjene u lancu ishrane, te tako i na čitavu biomasu ekosistema. Zavisno od sastava taloživih materija, pojedine perzistentne mogu interferirati s razvojem nekih vrsta organizama, i time usloviti povećanje koncentracije viših vrsta u trofičkoj piramidi, što može imati neželjene posledice po zdravlje i život čovjeka [41].

Takođe, evidentirana je i povećana koncentracija ukupnih suspendovanih materija (slika 16) u januaru - 392 mg/L i martu – 59 mg/L, koje prelaze MDK za suspendovane materije 35 mg/L,

što bi za posledicu dalje imalo povećanje mutnoće u prirodnim vodenim sistemima [41], koji su recipijenti ovih otpadnih voda.

Izmjerena pH vrijednost u otpadnoj vodi iz obodnog kanala se kretala u opsegu 7,2 – 9,0 (slika 14), što ukazuje na njen bazni karakter tokom većeg dijela sprovedenog monitoringa.

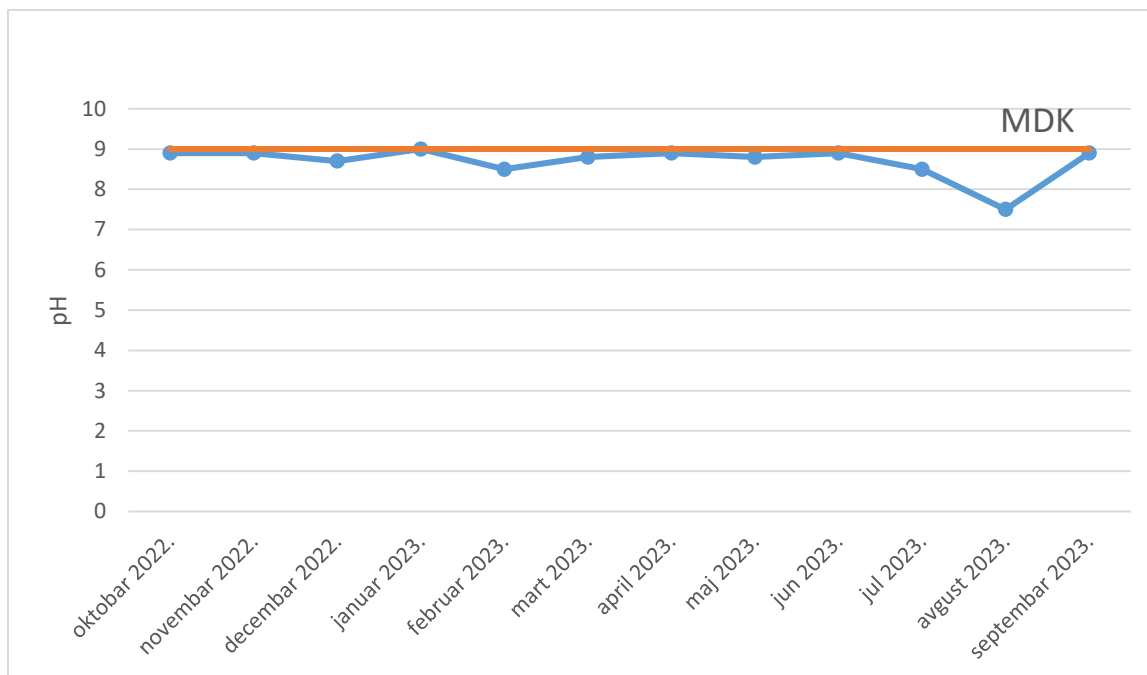
Ostali parametri koji se prate tokom monitoringa kvaliteta otpadnih voda iz obodnog kanala u TE su ispod propisanih MDK i ne dolazi do značajnog odstupanja u njihovim vrijednostima (tabela 2).

U tabeli 3 i na slikama 17, 18 su prikazani rezultati fizičko-hemijske analize otpadne vode od odsoljavanja rashladnog tornja TE „Pljevlja“.

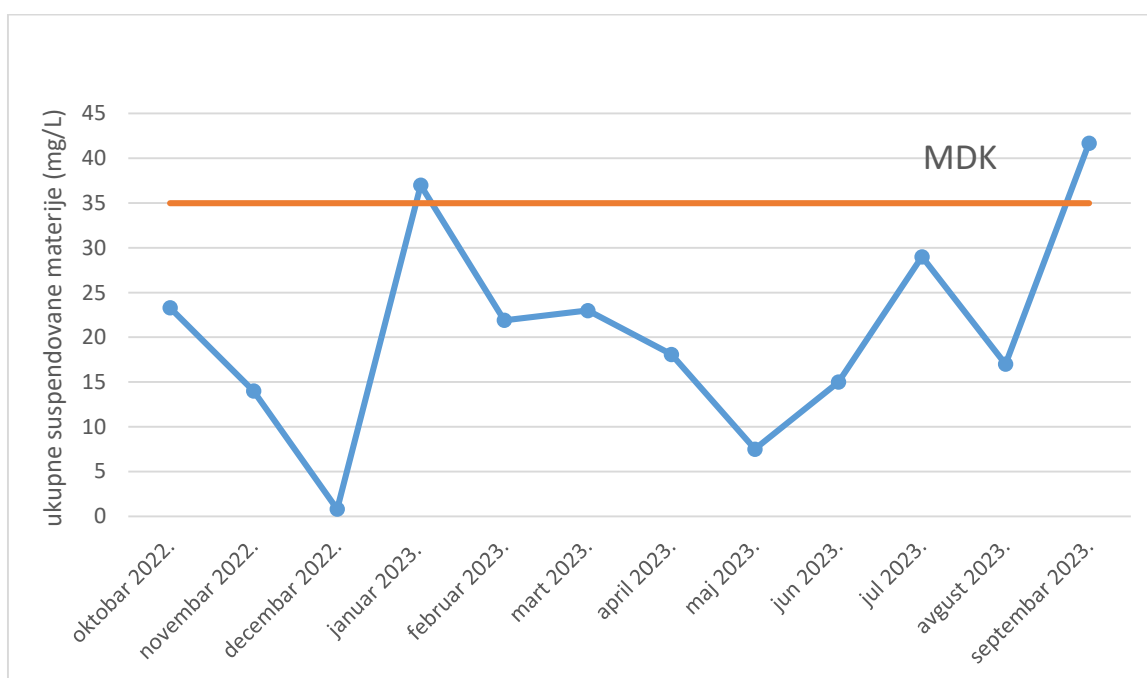
Tabela 3. Rezultati fizičko-hemijske analize otpadne vode od odsoljavanja rashladnog tornja TE „Pljevlja“

Parametar	Jedinica mjere	Min vrijednost	Max vrijednost	Srednja vrijednost	MDK [43]
pH		7,5	9,0	8,6	6,5-9,0
Temperatura vode	°C	14,9	31,9	24,9	30
Taložne materije	mL/lh	< 0,1	0,3	0,14	0,5
Ukupne suspendovane materije	mg/L	< 0,1	41,7	15,2	35
BPK ₅	mg O ₂ /L	< 3	4	< 3	25
HPK	mg O ₂ /L	< 30	37,1	< 30	125/150
Teško isparljive lipofilne materije (ukupna ulja i masti)	mg/L	< 0,2	2,7	< 1	20
Fenoli	mg/L	< 0,0005	0,0040	< 0,0005	0,1
Arsen	mg/L	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,1
Bakar	mg/L	< 0,02	0,14	< 0,05	0,5
Cink	mg/L	< 0,1	< 0,2	< 0,15	1
Kadmijum	mg/L	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,05
Ukupni hrom	mg/L	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,5

Nikal	mg/L	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,5
Olovo	mg/L	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,1
Vanadijum	mg/L	< 0,01	0,036	0,017	0,05
Živa	mg/L	< 0,001	0,0012	< 0,001	0,01
Fluoridi	mg/L	0,10	0,31	0,1525	30
Sulfati	mg/L	24	47	33,8	2000
Sulfidi	mg/L	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,2
Hloridi	mg/L	18,8	37±3	25,2	/
Ukupni fosfor	mg/L	1,0	1,4	1,2	2
Ukupni azot	mg/L	1,4	3,56	2,3	50
Aluminijum	mg/L	< 0,3	0,64	< 0,3	
Barijum	mg/L	< 0,3	< 0,3	< 0,3	
Bor	mg/L	< 0,2	< 0,2	< 0,2	
Hrom (VI)	mg/L	< 0,001	< 0,1	< 0,001	
Mangan	mg/L	< 0,2	< 0,2	< 0,2	
Selen	mg/L	< 0,01	< 0,01	< 0,01	
Srebro	mg/L	< 0,01	< 0,01	< 0,01	
Gvožđe	mg/L	< 0,25	1,0	< 0,25	
Sulfiti	mg/L	< 0,02	< 0,03	< 0,02	
Aktivni hlor	mg/L	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,2
Mineralna ulja	mg/L	< 0,2	< 0,2	0,2	
Aldehidi	mg/L	< 0,1	< 0,1	< 0,1	
Alkoholi	mg/L	< 0,1	< 0,1	< 0,1	
Ukupni aromatični ugljovodonici	mg/L	< 0,00005	0,00021	< 0,00005	
Ukupni nitratni ugljovodonici	mg/L	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	
Ukupni halogeni ugljovodonici	mg/L	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	



Slika 17. pH vrijednost u otpadnoj vodi od odsoljavanja rashladnog tornja tokom istraživačkog perioda



Slika 18. Ukupne suspendovane materije u otpadnoj vodi od odsoljavanja rashladnog tornja tokom istraživačkog perioda

Na osnovu rezultata analize otpadnih voda od odsoljavanja rashladnog tornja TE „Pljevlja“ (tabela 3) i njihovim poređenjem sa vrijednostima definisanim *Pravilnikom o kvalitetu sanitarno-tehničkim uslovima za ispuštanje otpadnih voda, načinu i postupku ispitivanja kvaliteta otpadnih voda i sadržaju izvještaja o utvrđenom kvalitetu otpadnih voda* ("Službeni list Crne Gore", br. 056/19), evidentno je da vrijednosti većine analiziranih parametara su znatno ispod MDK, osim pH vrijednosti i ukupnih suspendovanih materija.

Tokom istraživačkog perioda pH vrijednost u otpadnoj vodi od odsoljavanja rashladnog tornja (slika 17) dominantno je bila 9, što ukazuje na njen bazni karakter.

Vrijednost ukupnih suspendovanih materija u otpadnim vodama (slika 18) se kretala u opsegu od <0,1 - 41,7 mg/L. Evidentno je da vrijednosti ukupnih suspendovanih materija u pojedinim mjesecima (januar i septembar) prelaze maksimalno dozvoljenu koncentraciju od 35 mg/L [42].

U tabeli 4 prikazani su rezultati ispitivanja uzoraka otpadne vode sa deponije “Maljevac”, na osnovu kojih se vidi da je voda jako alkalna. Izmjerena pH vrijednost kretala se u opsegu od 11,67, pa do vrijednosti 12,51, koja je izmjerena u povratnoj vodi. Takođe, u ispitivanim uzorcima su registrovane i povećane vrijednost suspendovanih materija, 269 mg/L u drenažnoj vodi i 754,4 mg/L u povratnoj vodi.

Tabela 4. Kvalitet otpadnih voda na deponiji “Maljevac”

Vrste otpadne vode	Parametri	MDK [42]
Voda iz kolektorske cijevi sa deponije Maljevac	pH 11,67	6,5-9,0
	sulfati 82,8 mg/L	2000 mg/L
Drenažna voda sa deponije Maljevac	pH 12,0	6,5-9,0
	susp. materije 269 mg/L	35
	sulfati 344,7 mg/L	2000 mg/L
Povratna voda sa deponije Maljevac koja se vraća u sistem	pH 12,51	6,5-9,0
	susp. materije 152,8 mg/L	35
	sulfati 754,4 mg/L	2000 mg/L

Na osnovu rezultata analize otpada sa deponije pepela i šljake "Maljevac" prikazanih u tabeli 5, a usaglašeno sa *Pravilnikom o klasifikaciji otpada i katalogu otpada* [43], navedeni otpad

se klasifikuje kao neopasan otpad koji nastao u termičkim procesima u energanama i drugim postrojenjima za sagorijevanje u TE „Pljevlja“.

Tabela 5. Rezultati analize otpada sa deponije pepela i šljake „Maljevac“ [39]

Parametar	Jedinica mjere	Rezultati analize
pH	mg/kg	11,2
Arsen	mg/kg	3,0
Barijum	mg/kg	245
Kadmijum	mg/kg	1,2
Ukupni hrom	mg/kg	118
Bakar	mg/kg	58
Živa	mg/kg	0,04
Molibden	mg/kg	1,3
Nikal	mg/kg	94±10
Olovo	mg/kg	58
Antimon	mg/kg	10
Cink	mg/kg	73
Kalaj	mg/kg	<1
Kobalt	mg/kg	20
Mangan	mg/kg	361
Arsen	mg/kg	< 0,1
Barijum	mg/kg	0,9
Kadmijum	mg/kg	< 0,01
Ukupni hrom	mg/kg	0,08
Bakar	mg/kg	0,05
Živa	mg/kg	< 0,01
Molibden	mg/kg	0,7
Nikal	mg/kg	< 0,01
Olovo	mg/kg	< 0,1
Anitmon	mg/kg	< 0,1
Cink	mg/kg	0,1
Mineralna ulja	mg/kg	< 1,0

4.3. Uticaj Termoelektrane "Pljevlja" na kvalitet površinskih i podzemnih voda

4.3.1. Kvalitet voda Paleškog potoka, rijeke Vezišnice i Čehotine

U cilju sagledavanja uticaja Termoelektrane "Pljevlja" na površinske vode u pljevaljskom kraju, vrše se ispitivanja Paleškog potoka (slika 19), kao i rijeke Vezišnice u koju se pomenuti potok uliva, i to:

- Paleški potok uzvodno i nizvodno od deponije pepela i šljake "Maljevac";
- rijeka Vezišnica uzvodno i nizvodno od ušća Paleškog potoka.

Takođe, prati se i kvalitet vode rijeke Čehotine, u koju se uliva rijeka Vezišnica.



Slika 19. *Paleški potok prije i poslije deponije "Maljevac"*

U tabeli 6 su prikazani rezultati fizičko-hemijske analize voda Paleškog potoka prije i poslije deponije "Maljevac".

Tabela 6. Rezultati analize voda Paleškog potoka prije i poslije deponije "Maljevac"

Parametar	Jedinica mjere	Mjesto uzorkovanja					
		<i>Paleški potok prije deponije "Maljevac"</i>			<i>Paleški potok poslije deponije "Maljevac"</i>		
		Min	Max	Srednja vrijednost	Min	Max	Srednja vrijednost
Mutnoća	NTU	0,23	6,9	3,9	25,8	2230	590
Hloridi	mg/L	1,0	4,0	2,2	0,1	26,0	11,0
Oksidabilnost	mg KMnO ₄ /L	3,4	23,7	11,7	6,0	46,0	18,0
Miris				Bez			bez
Boja				Bez			bez
Suvi ostatak	mg/L	266	334	297,5	622	2042	1144
Sedimentne materije	mL/1h	< 0,1	0,5	0,23	0,2	5,0	2,3
Gvožđe	µg/L	< 0,25	8,4	3,2	0,11	44	18,8
Etil benzen	µg/L	< 2	< 10	< 2	< 2	< 10	< 2
OPŠTI FIZIČKO-HEMIJSKI PARAMETRI							
Temperatura	°C	5,8	17,5	12,2	9,6	16,7	13,5
BPK ₅	mgO ₂ /L	1,0	6,6	2,9	1,9	2,2	2
Koncentracija rastvorenog kiseonika u vodi	mgO ₂ /L	7,0	11	9,5	6,0	9,4	7,55
Elektrolitička provodljivost	µS/cm	467	588	517	672	2152	1412
pH		7,6	8,2	8,0	11,3	12,7	12,3
Amonijak	mg/L	0,030	1,9	0,54	0,43	1,08	0,94
Nitriti	mg/L	0,0010	0,0027	0,0025	0,003	0,095	0,0025
Ortofosfasti	mg/L	0,027	0,57	0,017	0,06	0,54	0,26
Suspendovane supstance po sušenju	mg/L	2	45	19,4	47	1170	514
PARAMETRI HEMIJSKOG STATUSA							
Benzen	µg/L	< 2	< 10	< 2	< 2	< 10	< 2

Kadmijum i jedinjenja kadmijuma	µg/L	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Ugljenik tetrahlorid	µg/L	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
1,2-dihloretan	µg/L	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
dihlormetan	µg/L	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Heksahlorbuta dien	µg/L	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Olovo i jedinjenja olova	µg/L	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Živa i jedinjenja žive	µg/L	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Nikal i jedinjenja nikla	µg/L	< 0,2	0,55	0,31	< 0,2	0,55	0,33
Tetrahlortilen	µg/L	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Trihlortilen	µg/L	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Trihlorbenzeni	µg/L	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Trihlormetan	µg/L	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
SPECIFIČNE ZAGAĐUJUĆE MATERIJE							
Toluen	µg/L	< 2	< 10	< 2	< 2	< 10	< 2
o-ksilen	µg/L	< 2	< 10	< 5	< 2	< 10	< 5
m-ksilen	µg/L	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 2
p-ksilen	µg/L	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Arsen i jedinjenja arsena	µg/L	< 0,2	3,0	0,88	< 0,2	64	30,2
Bakar i jedinjenja bakra	µg/L	< 1	5,0	2,4	< 1	8,8	2,6
Cijanid	µg/L	< 0,001	< 1	< 1	< 0,001	100	66
Fluorid	µg/L	42	93	62	530	930	780
HPK	mgO ₂ /L	< 0,2	25,5	10,0	4	18,4	9,2
Sulfat	mg/L	17	55	29,2	107	146	130,2
Mineralna ulja	mg/L	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,44	0,11

Na osnovu rezultata analize parametara u uzorcima vode Paleškog potoka (tabela 6) i na osnovu poređenja sa graničnim vrijednostima propisanih *Pravilnikom o načinu i rokovima utvrđivanja statusa površinskih voda* [44], evidentno je da je Paleški potok pod negativnim uticajem deponije "Maljevac", na šta ukazuju povećane vrijednosti ispitivanih parametara u

vodi Paleškog potoka poslije deponije "Maljevac" u odnosu na vrijednosti za uzorke vode Paleškog potoka uzete prije deponije.

Primjetna je promjena u količini suspendovanih materija, pa je u vodi prije deponije srednja vrijednost iznosila 19,4 mg/L (max 45 mg/L), dok je poslije deponije srednja vrijednost sadržaja suspendovanih materija iznosila 514 mg/L, a max 1170 mg/L, što je uzrok povećane mutnoće u vodi Paleškog potoka, čija je max izmjerena vrijednost iznosila 2230 mg/L. Povećana mutnoća u prirodnim vodenim sistemima može da prouzrokuje sprečavanje prodiranja svjetlosti po dubini vodenog stuba, usporen proces fotosinteze, smanjenje količine kiseonika u dubljim slojevima vode, usled čega se povećava i zona anaerobne razgradnje [41]. U uzorcima vode Paleškog potoka poslije deponije (tabela 6) evidentno je i povećanje: elektrolitičke provodljivosti (672 – 2152 $\mu\text{S/cm}$), pH vrijednosti (11,3 – 12,3), sadržaja nitrita (0,003 – 0,095 mg/L), amonijaka (0,43 – 1,08 mg/L), sulfata (107-146 mg/L), cijanida (0,001 - 100 $\mu\text{g/L}$), fluorida (530 - 930 $\mu\text{g/L}$), arsena (0,2 - 64 $\mu\text{g/L}$) što jasno ukazuje na pogoršanje kvaliteta vode ovog potoka.

Rezultati analiziranih osnovnih fizičko-hemijskih parametara prelaze granice dobrog ekološkog statusa date u Tabeli 1 Priloga 8 [44], zbog povećanog sadržaja suspendovanih materija, elektrolitičke provodljivosti, pH vrijednosti, sadržaja nitita i amonijaka.

Analizirani parametri hemijskog statusa voda ne prelaze MDK propisane u Tabeli 1, Prilog 2 [44], dok se rezultati odabranih specifičnih zagađujućih supstanci nalaze u granicama dobrog ekološkog statusa datog u Tabeli 1 Priloga 9 [44], zbog povećanog sadržaja sulfata, cijanida i fluorida. Sa aspekta koncentracije arsena u vodi Paleškog potoka poslije deponije, rezultati prelaze granice dobrog ekološkog statusa.

U tabeli 7 prikazani su rezultati analize vode rijeke Vezišnice uzorkovane uzvodno i nizvodno od TE „Pljevlja“.

Tabela 7. Rezultati analize vode rijeke Vežišnice uzvodno i nizvodno od TE „Pljevlja“

Parametar	Jedinica mjere	Mjesto uzorkovanja					
		Vežišnica uzvodno od TE „Pljevlja“			Vežišnica nizvodno od TE „Pljevlja“		
		Min	Max	Srednja vrijednost	Min	Max	Srednja vrijednost
Mutnoća	NTU	2,9	4,5	3,8	3,6	333	89
Hloridi	mg/L	2,5	3,4	2,9	4,3	6,2	5,0
Oksidabilnost	mg KMnO ₄ /L	5,8	23,7	11,5	6,1	9,5	8,2
Miris				Bez			bez
Boja				Bez			bez
Suvi ostatak	mg/L	176	334	232,8	212	482	295,2
Sedimentne materije	ml/1h	< 0,1	0,5	0,23	0,1	1,2	0,47
Gvožđe	µg/L	< 0,25	27	8,2	< 0,25	18	63
Etil benzen	µg/L	< 2	< 10	< 4	< 2	< 10	< 4
OPŠTI FIZIČKO-HEMIJSKI PARAMETRI							
Temperatura	°C	5,9	21,6	12,9	9,7	21,6	16,2
BPK ₅	mgO ₂ /L	0,7	3,1	2	< 0,6	4	2
Koncentracija rastvorenog kiseonika u vodi	mgO ₂ /L	9	12,8	10,5	7,1	11,9	9,7
Elektrolitička provodljivost	mS/cm	337	447	396	350	550	420
pH		8,2	8,6	8,5	8,2	8,6	8,4
Amonijak	mg/L	0,05	0,24	0,16	0,06	0,50	0,29
Nitriti	mg/L	0,0011	0,0057	0,0024	0,0110	0,234	0,09
Ortofosfasti	mg/L	0,040	0,086	0,06	0,060	0,54	0,86
Suspendovane supstance po sušenju	mg/L	0,5	19,7	7,3	1	235	68

PARAMETRI HEMIJSKOG STATUSA							
Benzen	µg/L	<2	<10	<2	<2	<10	<2
Kadmijum jedinjenja kadmijuma	µg/L	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Ugljen tetrahlorid	µg/L	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
1,2-dihloretnan		< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Dihlormetan	µg/L	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Heksahlorbutadien	µg/L	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Olovo i jedinjenja olova	µg/L	< 0,2	0,41	< 0,2	< 0,2	0,52	0,23
Živa i jedinjenja žive	µg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Nikal i jedinjenja nikla	µg/L	0,34	0,71	0,47	0,42	0,71	0,55
Tetrahloretlen	µg/L	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Trihloretlen	µg/L	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Trihlorbenzeni	µg/L	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
SPECIFIČNE ZAGAĐUJUĆE MATERIJE							
Toluen	µg/L	< 2	< 10	< 5	< 2	< 10	< 5
o-ksilen	µg/L	< 2	< 10	< 5	< 2	< 10	< 5
m-ksilen	µg/L	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 2
p-ksilen	µg/L	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Cijanid	µg/L	< 0,001	< 1	< 1	< 0,001	4	1
Fluorid	µg/L	30	48	40	57	153	92
Arsen i jedinjenja arsena	µg/L	< 0,2	0,49	0,28	0,69	6,4	2,5
Bakar i jedinjenja bakra	µg/L	< 1	< 1	< 1	< 1	2,1	0,8
HPK	mgO ₂ /L	2	8,6	4,9	4	77	26,1
Sulfat	mg/L	6,2	11	8,6	20,1	28	24,3
Mineralna ulja	mg/L	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,33	0,08

Većina analiziranih parametara u uzorcima rijeke Vezišnice nizvodno od TE „Pljevlja“, nakon ušća Paleškog potoka (tabela 7), se ne razlikuju u odnosu na vrijednosti istih parametara izmjerenih na lokaciji uzvodno od TE „Pljevlja“. Uticaj vode Paleškog potoka na

riječu Vežišnicu ogleda se najviše kroz povećanje vrijednosti mutnoće (sa 3,8 na 89 NTU), sadržaja suspendovanih materija (sa 7,3 na 68 mg/L), sadržaja nitrita (sa 0,0024 na 0,09 mg/L), fluorida (sa 40 na 92 µg/L), arsena (sa 0,28 na 2,5 µg/L), HPK vrijednosti (sa 4,9 na 26,1 mgO₂/L). Takođe, dolazi i do blage promjene u izmjerenim vrijednostima za elektrolitičku provodljivost, sadržaj suvog ostatka, cijanida (tabela 7).

Na osnovu dobijenih rezultata analiziranih parametara u rijeci Vežišnici nizvodno od TE (tabela 7) i poređenjem sa graničnim vrijednostima kategorija ekološkog statusa za opšte fizičko-hemijske parametre za rijeke propisanih Pravilnikom [44], evidentno je da ne ulaze u okvir dobrog ekološkog statusa, zbog povećanog sadržaja suspendovanih materija, amonijaka i nitrita. Analizirani parametri hemijskog statusa voda ne prelaze MDK propisane u tabeli 1, Prilog 2 [44], dok se rezultati specifičnih zagađujućih supstanci nalaze u granicama dobrog ekološkog statusa datog u tabeli 1 Priloga 9 [44], zbog povećanog sadržaja fluorida, arsena i HPK.

Sve navedno ukazuje na značajan uticaj TE „Pljevlja“, preko Paleškog potoka, na promjenu kvaliteta vode rijeke Vežišnice.

U tabeli 8 su prikazani rezultati analize uzoraka vode rijeke Čehotine prije i nakon ušća rijeke Vežišnice.

Tabela 8. Rezultati analize vode rijeke Čehotine prije i nakon ušća rijeke Vežišnice

Parametar	Jedinica mjere	Mjesto uzorkovanja					
		Čehotina prije ušća Vežišnice			Čehotina nakon ušća Vežišnice		
		Min	Max	Srednja vrijednost	Min	Max	Srednja vrijednost
Mutnoća	NTU	6,5	15	10,3	5,2	32	14,4
Hloridi	mg/L	2,2	4,2	3,1	2,4	4,6	3,4
OPŠTI FIZIČKO-HEMIJSKI PARAMETRI							
pH		8,0	8,4	8,2	8,0	8,4	8,2
Oksidabilnost	mg KMnO ₄ /L	6,7	9	8	7	22	10,8

BPK₅	mgO ₂ /L	1,1	8	3,7	1,6	6	3,2
Suspendovane supstance po sušenju	mg/L	1,2	26	9,7	1,4	73	26,3
Koncentracija rastvorenog kiseonika u vodi	mgO ₂ /L	10	11,5	10,6	9,9	11,6	10,9
Amonijak	mg/L	0,05	0,40	0,18	0,05	0,44	0,2
Nitriti	mg/L	< 0,001	0,11	0,03	0,002	0,13	0,05
Ortofosfati	mg/L	< 0,01	0,15	0,08	< 0,01	0,12	0,06
PARAMETRI HEMIJSKOG STATUSA							
Olovo i jedinjenja olova	µg/L	< 0,2	0,30	0,20	< 0,2	3,3	0,9
Nikal i jedinjenja nikla	µg/L	0,86	3	1,6	0,34	2,8	1,6
SPECIFIČNE ZAGAĐUJUĆE MATERIJE							
Cijanid	µg/L	< 0,001	<1	<1	< 0,001	<1	<1
Fluorid	µg/L	17	40	27	40	50	47
Arsen i jedinjenja arsena	µg/L	< 0,2	0,41	0,2	< 0,2	0,86	0,45
Bakar i jedinjenja bakra	µg/L	<1	1,2	< 1	< 1	5,9	2
HPK	mgO ₂ /L	4,6	15	7,7	3,6	19	9,6
Sulfati	mg/L	18	43	28,2	9,9	41	23,5

Analizom rezultata uzoraka vode iz rijeke Čehotine prije i poslije ušća rijeke Vezišnice, uočen je blagi uticaj rijeke Vezišnice na pojedine ispitivane parametre (tabela 8). Povećana koncentracija suspendovanih materija u uzorku vode Čehotine posle ušća rijeke Vezišnice (sred. vrijed. 26,3 mg/L) bila je za očekivati, s obzirom da je povećan sadržaj suspendovanih materija bio registrovan i u vodi Paleškog potoka i u rijeci Vezišnici, u koju se navedeni potok uliva. To ukazuje na negativan uticaj Vezišnice na rijeku Čehotinu.

Rezultati analiziranih osnovnih fizičko-hemijskih parametara prelaze granice dobrog ekološkog statusa date u Tabeli 1 Priloga 8 [44], zbog povećanog sadržaja suspendovanih materija, sadržaja amonijaka i nitita.

Analizirani parametri hemijskog statusa voda ne prelaze MDK propisane u Tabeli 1, Prilog 2 [44], dok se rezultati odabranih specifičnih zagađujućih supstanci nalaze u granicama vrlo dobrog ekološkog statusa datog u Tabeli 1 Priloga 9 [44], osim za sulfate, gdje su rezultati u granicama dobrog ekološkog statusa.

Povećan sadržaj amonijaka i nitrita u uzorcima rijeke Čehotine i prije i poslije ušća rijeke Vežišnice, ukazuje na uticaj i nekih drugih faktora, pa kvalitet rijeke Čehotine treba posmatrati ne samo kroz uticaj TE "Pljevlja", nego i superponirajući efekat nekih drugih izvora zagađenja posebno na lokalitetima značajno udaljenim od ušća rijeke Vežišnice u rijeku Čehotinu, kao i ostalih zagađivača (rudnik uglja, atmosferska i javna kanalizacija, poljoprivredne djelatnosti i dr.), koji ispuštaju otpadne vode u rijeku Čehotinu prije ušća rijeke Vežišnice.

4.3.2. Kvalitet podzemnih voda u okolini deponije "Maljevac"

U skladu sa zakonskim propisima, ispitivanja podzemnih voda se vrše u blizini deponije "Maljevac" jednom mjesečno, i dosadašnje analize nijednom nijesu pokazale odstupanja od zakonom propisanog kvaliteta podzemnih voda [45].

Tabela 9. Rezultati analize podzemne vode na području deponije „Maljevac“

Parametri ispitivanja	Jedinica mjere	Rezultati analize	MDK [46]
Temperatura	°C	20,0	
pH	pH	7,04	
Mutnoća	NTU	43,9	
Elektrolitička provodljivost	$\mu\text{S/cm}$	1785	
Slobodni hlor	mg/L	< 0,01	
Pesticidi-ukupno	mg/L	< 0,10	0,5
Sadržaj BTEX	mg/L	< 0,01	
Ukupni organski ugljenik (TOC)	mg/L	< 1,0	
TN	mg/L	< 1,0	
Rastvoreni kiseonik	mg/L	4,43	
Amonijum jon	mg/L	1,94	
Fluoridi	mg/L	0,033	
Hloridi	mg/L	20,4	
Nitriti	mg/L	0,25	
Nitrati	mg/L	< 1,00	50
Sulfati	mg/L	359,96	

Orto-fosfati	mg/L	<0,050	
Ukupni fosfor	mg/L	0,038	
Rastvoreno gvožđe	mg/L	1,163	
Mangan	mg/L	0,190	
Bakar	mg/L	< 0,002	
Cink	mg/L	0,003	
Nikal	mg/L	< 0,002	
Arsen	mg/L	< 0,01	
Kadmijum	mg/L	< 0,0005	
Ukupni hrom	mg/L	< 0,002	
Olovo	mg/L	< 0,005	
Bor	mg/L	0,047	
Berilijum	mg/L	< 0,01	
Kobalt	mg/L	< 0,001	
Vanadijum	mg/L	< 0,003	
Selen	mg/L	< 0,010	
Barijum	mg/L	0,028	
Živa	mg/L	< 0,0005	
Aldrin	mg/L	< 0,01	0,030
Dieldrin	mg/L	< 0,01	0,030
Hepthalar	mg/L	< 0,01	0,030
Heptahlorepoksidi	mg/L	< 0,01	0,030
Endrin	mg/L	< 0,01	0,1
Ukupni DDT	mg/L	< 0,01	0,1
Para-para DDT	mg/L	< 0,01	0,1
Endosulfan	mg/L	< 0,01	0,1
HCB	mg/L	< 0,01	0,1
Hlorfenvinfos	mg/L	< 0,01	0,1
Chlorpyrifos	mg/L	< 0,01	0,1
Simazine	mg/L	< 0,01	0,1
Atrazine	mg/L	< 0,01	0,1
Alachlor	mg/L	< 0,01	0,1
Dichlorvos	mg/L	< 0,01	0,1
Terbutryn	mg/L	< 0,01	0,1
Trifluralin	mg/L	< 0,01	0,1
Cypermethrin	mg/L	< 0,01	0,1
Trihalometani	mg/L	< 2	10

Na osnovu rezultata sprovedene fizičko-hemijske analize podzemne vode sa područja gdje se prostire deponija "Maljevac" (tabela 9) može se zaključiti da je ispitivana voda u skladu sa vrijednostima definisanim Pravilnikom o načinu i rokovima utvrđivanja statusa podzemnih voda ("Sl. list CG" br. 52/19) [45].

4.4. Analiza sedimenata površinskih voda u okolini TE "Pljevlja"

U Crnoj Gori ne postoje zakonom propisane maksimalno dozvoljene koncentracije polutanata u sedimentu, pa je za procjenu stanja sedimenata korišćena holandska metodologija [46]. Holandski standard o kvalitetu zemljišta/sedimenta definiše granične vrijednosti za dva nivoa: target (ciljni) i intereventni. Ciljni nivo definiše kvalitet nezagađenog zemljišta/sedimenta, dok intereventni nivo definiše slučaj kada je neophodno izvršiti remedijaciju [46].

Rezultati analize sedimenta Paleškog potoka (tabela 10 i 11), posmatrani u odnosu na norme holandskog standarda [46], pokazuju da je sadržaj svih ispitivanih parametara na lokaciji prije deponije "Maljevac" ispod ciljnog nivoa, dok je na lokaciji nakon deponije "Maljevac" sadržaj kobalta iznad ciljnog nivoa. Sadržaj ostalih ispitivanih elemenata na lokaciji nakon deponije "Maljevac" je ispod navedenog ciljnog nivoa.

Tabela 10. Rezultati analize uzorka sedimenta sa lokacije Paleški potok prije deponije „Maljevac“

Parametar	Jedinica mjere	Paleški potok prije deponije "Maljevac"	Ciljni nivo	Interventni nivo
Kadmijum	mg/kg	0,21	0,7	11
Olovo	mg/kg	5,3	75	467
Živa	mg/kg	0,060	0,3	9
Arsen	mg/kg	3,0	25	47
Hrom	mg/kg	4,0	80	303
Nikal	mg/kg	4,5	25	149
Bakar	mg/kg	5,0	30	158
Cink	mg/kg	20	110	564
Kobalt	mg/kg	2,4	6,2	165
Molibden	mg/kg	< 1		
Mineralna ulja	mg/kg	< 10	50	5000

Tabela 11. Rezultati analize uzorka sedimenta sa lokacije Paleški potok poslije deponije „Maljevac“

Parametar	Jedinica mjere	Paleški potok poslije deponije "Maljevac"	Target nivo	Interventni nivo
Kadmijum	mg/kg	0,22	0,7	11
Olovo	mg/kg	10	75	467
Živa	mg/kg	0,23	0,3	9
Arsen	mg/kg	6,3	25	47
Hrom	mg/kg	12	80	303

Nikal	mg/kg	20	25	149
Bakar	mg/kg	15	30	158
Cink	mg/kg	41	110	564
Kobalt	mg/kg	6,7	6,2	165
Molibden	mg/kg	<1		
Mineralna ulja	mg/kg	< 10	50	5000

Na osnovu dobijenih rezultata analize ispitivanih parametara (tabela 10 i 11) može se zaključiti da deponija “Maljevac” u izvjesnoj mjeri utiče na kvalitet sedimenta Paleškog potoka. Jasno je uočljiva promjena sadržaja olova (sa 5,3 na 10 mg/kg), žive (sa 0,060 na 0,23 mg/kg), arsena (sa 3,0 na 6,3 mg/kg), hroma (sa 4,0 na 12 mg/kg), nikla (sa 4,5 na 20 mg/kg), bakra (sa 5,0 na 15 mg/kg), cinka (sa 20 na 41 mg/kg) i kobalta (sa 2,4 na 6,7 mg/kg) u sedimentu Paleškog potoka nakon deponije “Maljevac”. Sadržaj ostalih ispitivanih parametara u sedimentu prije i poslije deponije “Maljevac” je uglavnom bio ujednačen.

Rezultati analize sedimenta rijeke Vežišnice (tabela 12 i 13), posmatrani u odnosu na norme holandskog standarda [46], pokazuju da je na lokaciji uzvodno od TE “Pljevlja” sadržaj svih ispitivanih parametara ispod ciljnog nivoa, dok je na lokaciji nizvodno od TE “Pljevlja” sadržaj kobalta iznad ciljnog nivoa, ali daleko ispod interventnog nivoa.

Tabela 12. Rezultati analize uzorka sedimenta sa lokacije Rijeka Vežišnica uzvodno od TE “Pljevlja”

Parametar	Jedinica mjere	Rijeka Vežišnica uzvodno od TE “Pljevlja”	Ciljni nivo	Interventni nivo
Kadmijum	mg/kg	0,10	0,7	11
Olovo	mg/kg	8,5	75	467
Živa	mg/kg	0,08	0,3	9
Arsen	mg/kg	3,3	25	47
Hrom	mg/kg	15	80	303
Nikal	mg/kg	18	25	149
Bakar	mg/kg	10	30	158
Cink	mg/kg	39	110	564
Kobalt	mg/kg	5,9	6,2	165
Molibden	mg/kg	< 1		
Mineralna ulja	mg/kg	< 10	50	5000

Tabela 13. Rezultati analize uzorka sedimenta sa lokacije Rijeka Vežišnica nizvodno od TE "Pljevlja "

Parametar	Jedinica mjere	Rijeka Vežišnica nizvodno od TE "Pljevlja"	Ciljni nivo	Interventni nivo
Kadmijum	mg/kg	0,19	0,7	11
Olovo	mg/kg	8,6	75	467
Živa	mg/kg	0,20	0,3	9
Arsen	mg/kg	8,9	25	47
Hrom	mg/kg	20	80	303
Nikal	mg/kg	18	25	149
Bakar	mg/kg	9	30	158
Cink	mg/kg	45	110	564
Kobalt	mg/kg	7	6,2	165
Molibden	mg/kg	<1		
Mineralna ulja	mg/kg	37	50	5000

Na osnovu rezultata analize (tabela 12 i 13), evidentan je blagi porast hroma (sa 15 na 20 mg/kg), cinka (sa 39 na 45 mg/kg) i kobalta (sa 5,9 na 7 mg/kg), dok je porast sadržaja kadmijuma (sa 0,10 na 0,19 mg/kg), žive (sa 0,08 na 0,20 mg/kg), arsena (sa 3,3 na 8,9 mg/kg) i mineralnih ulja (sa <10 na 37 mg/kg) znatno više izražen. Sadržaj ostalih ispitivanih parametara pokazuje ujednačene vrijednosti na obje ispitivane lokacije.

Tabela 14. Rezultati analize uzorka sedimenta sa lokacije Rijeka Čehotina prije ušća Vežišnice

Parametar	Jedinica mjere	Rijeka Čehotina prije ušća Vežišnice	Ciljni nivo	Interventni nivo
Kadmijum	mg/kg	0,40	0,7	11
Olovo	mg/kg	39	75	467
Živa	mg/kg	0,13	0,3	9
Arsen	mg/kg	3,0	25	47
Hrom	mg/kg	16	80	303
Nikal	mg/kg	21	25	149
Bakar	mg/kg	48	30	158
Cink	mg/kg	81	110	564
Kobalt	mg/kg	6,6	6,2	165
Molibden	mg/kg	< 1		
Mineralna ulja	mg/kg	171	50	5000

Tabela 15. Rezultati analize uzorka sedimenta sa lokacije Rijeka Čehotina kod pekare u Židovićima

Parametar	Jedinica mjere	Rijeka Čehotina kod pekare u Židovićima	Ciljni nivo	Interventni nivo
Kadmijum	mg/kg	0,25	0,7	11
Olovo	mg/kg	10	75	467
Živa	mg/kg	0,16	0,3	9
Arsen	mg/kg	3,0	25	47
Hrom	mg/kg	12	80	303
Nikal	mg/kg	18	25	149
Bakar	mg/kg	10	30	158
Cink	mg/kg	54	110	564
Kobalt	mg/kg	5,9	6,2	165
Molibden	mg/kg	< 1		
Mineralna ulja	mg/kg	131	50	5000

Rezultati analize uzoraka sedimenta sa lokacije Rijeka Čehotina prije ušća Vezišnice (tabela 14), posmatrani u odnosu na norme holandskog standarda [46], pokazuju da je sadržaj bakra, kobalta i mineralnih ulja iznad najnižeg nivoa kojim se definiše kvalitet nezagađenog sedimenta, ali daleko ispod interventnog nivoa. Sadržaj ostalih ispitivanih parametara je ispod najnižeg ciljnog nivoa.

Na osnovu rezultata analize uzoraka sedimenta sa lokacije Rijeka Čehotina kod pekare u Židovićima (tabela 15), evidentan je sadržaj mineralnih ulja iznad najnižeg nivoa kojim se definiše kvalitet nezagađenog sedimenta, dok je sadržaj ostalih ispitivanih jedinjenja ispod target nivoa.

4.5. Korelaciona analiza između otpadnih voda TE "Pljevlja" i prirodnih vodenih sistema (Paleškog potoka, Vezišnice i Čehotine)

U cilju procjene uticaja otpadnih voda TE "Pljevlja" na kvalitet prirodnih vodenih sistema u okruženju, urađena je i korelaciona analiza između pokazatelja kvaliteta otpadnih voda (iz obodnog kanala, od odsoljavanja rashladnog tornja i procjedne vode sa deponije "Maljevac") i vode vodotokova (Paleškog potoka, Vezišnice i Čehotine). S obzirom na to da se otpadne vode iz obodnog kanala i od odsoljavanja rashladnog tornja ispuštaju direktno u rijeku Vezišnicu, isto kao i Paleški potok, iz tog razloga se nije određivala korelaciona veza između navedenih otpadnih voda i Paleškog potoka.

Dobijeni rezultati su prikazani u tabeli 16.

Tabela 16. *Stepen korelacije pokazatelja kvaliteta otpadnih voda TE "Pljevlja" i prirodnih vodenih sistema*

Prirodni vodeni sistemi		Otpadne vode iz obodnog kanala				Otpadne vode od odsoljavanja rashladnog tornja				Otpadne vode na deponiji "Maljevac"		
		pH	Taložne materije	Uk.susp. mater.	SO ₄ ²⁻	pH	Talož. mater.	Uk.susp. mat.	SO ₄ ²⁻	pH	Susp. mater.	SO ₄ ²⁻
Paleški potok	pH									0,98	0,59	0,94
	Mutnoća									0,62	0,95	0,85
	Suspendovane materije									0,15	0,92	0,69
	El.provodljivost									0,71	0,82	0,97
	SO ₄ ²⁻									0,74	0,48	0,96
Vežišnica	pH	0,79	0,91	0,90	0,97	0,84	0,93	0,88	0,85	0,81	0,88	0,96
	Mutnoća	0,56	0,98	0,98	0,84	0,54	0,96	0,90	0,96	0,56	0,67	0,96
	Suspendovane materije	0,59	0,99	0,98	0,87	0,60	0,96	0,91	0,91	0,57	0,69	0,97
	El.provodljivost	0,82	0,92	0,92	0,97	0,83	0,92	0,98	0,97	0,82	0,79	0,95
	SO ₄ ²⁻	0,84	0,92	0,87	0,98	0,76	0,79	0,75	0,94	0,36	0,58	0,85
Ćehotina	pH	0,75	0,05	-0,01	0,81	0,94	0,71	0,74	0,70	0,42	0,71	0,72
	Mutnoća	0,73	0,98	0,97	0,84	0,69	0,93	0,93	0,94	0,35	0,69	0,67
	Suspendovane materije	0,62	0,98	0,98	0,85	0,64	0,98	0,94	0,93	0,69	0,78	0,69
	SO ₄ ²⁻	0,74	0,90	0,94	0,91	0,71	0,98	0,89	0,99	0,80	0,66	0,98

Iz tabele 16 se uočava da je bila dominantna jaka (0,70-0,90) i veoma jaka (>0,90) korelaciona zavisnost. Taložne materije i ukupne suspendovane materije, koje su tokom istraživačkog perioda prelazile propisane maksimalno dozvoljene vrijednosti, imaju najveću korelacionu zavisnost (r=0,98-0,99; r=0,90-0,99; respektivno), što ukazuje na značajan uticaj otpadnih voda iz TE "Pljevlja" na prirodne recipijente, rijeku Vežišnicu i Ćehotinu.

Veća koncentracija suspendovanih materija obično doprinosi povećanju mutnoće vode, na šta ukazuje i veoma jaka korelaciona zavisnost (r=0,90-0,98).

pH vrijednost može imati uticaj na razne procese u vodi, taloženje ili suspendovanje materija, pa se time i objašnjava jaka do veoma jaka korelaciona veza između datih pokazatelja kvaliteta voda (r=0,88-0,93).

Značajna korelaciona zavisnot utvrđena je i između pH vrijednosti, elektrolitičke provodljivosti i koncentracije SO₄²⁻. pH vrijednost može uticati na oblik i rastvorljivost različitih hemijskih jedinjenja, uključujući sulfate. Povećanje koncentracije sulfata u vodi može dovesti do promjena u pH vrijednosti. U prilogu navedenog, utvrđena je jaka do veoma jaka korelaciona zavisnost između pH vrijednosti i koncentracije SO₄²⁻ (r=0,72-0,97).

Prisustvo sulfata može povećati elektroličku provodljivost vode, što potvrđuju i veoma jaka korelaciona zavisnost između elektrolitičke provodljivost i koncentracije SO_4^{2-} ($r=0,95-0,97$).

Ostale vrijednosti stepena korelacije prikazane u tabeli 16, pokazuju slabu ($r=0,31-0,5$) do umjerenu ($r=0,50-0,70$) korelacionu zavisnost.

4.6. Mjere zaštite vodenih sistema u okolini TE "Pljevlja"

Zaštita voda se sprovodi kontrolom, zabranom, ograničavanjem i sprečavanjem unošenja u vode opasnih i štetnih materija, propisivanjem i preduzimanjem mjera za očuvanje i poboljšanje kvaliteta voda [47].

U cilju zaštite vodenih sistema u okolini TE "Pljevlja", potrebno je sprovoditi sledeće mjere zaštite u cilju očuvanja njihovog kvaliteta:

- Sanacija "kolektora" deponije "Maljevac", koji je tokom vremena oštećen, zbog čega određena količina voda sa deponije dospijeva u korito Paleškog potoka, a zatim dalje u rijeku Vezišnicu.
- Promjena tehnologije deponovanja pepela, tj. prelazak na transport i deponovanje guste mješavine. Ovaj način deponovanja pepela omogućava da se veže višak vode u samoj deponiji, čime se sprečava dospijevanje vode u vodotokove.
- Izgradnja objekta za tretman otpadnih voda, a gdje god je to moguće, prečišćenu otpadnu voda vratiti u proces, tj. vršiti recirkulaciju. Otpadne vode koje ne mogu da se recirkulišu, na svim mjestima gdje se ispuštaju u prirodni recipijent treba da ispunjavaju zahtjeve propisane zakonskom regulativom Crne Gore.
- Izmještanjem prirodnog vodotoka Paleškog potoka oko deponije sa južne i istočne strane formiranjem posebnog kanala, znatno je smanjena količina vode koja dospijeva u rijeku Vezišnicu.
- Kontinuirano praćenje kvaliteta kako površinskih tako i podzemnih voda radi identifikacije i kontrole izvora zagađenja.
- Praćenje i uvođenje novih tehnologija, a sve u cilju racionalnije potrošnje vode, a time i smanjenja stvaranja otpadnih voda.
- Razvijanje i primjena nacionalnih i regionalnih politika koje promovišu očuvanje i održivo korišćenje vodnih resursa.

5. ZAKLJUČAK

Na osnovu rezultata sprovedenih ispitivanja može se zaključiti sledeće:

- Otpadne vode iz obodnog kanala i od odsoljavanja rashladnog tornja TE "Pljevlja" su alkalne i sadrže povećanu koncentraciju taložnih materija i suspendovanih materija koje prekoračuju MDK propisane Pravilnikom. Taložne čestice, u prirodnim vodenim sistemima mogu izazvati nepoželjne promjene bentonskih zajednica mijenjajući karakteristike staništa, dok bi suspendovane čestice uslovile povećanje mutnoće u prirodnim vodenim sistemima, koji su recipijenti ovih otpadnih voda. Ostali parametri koji se prate tokom monitoringa kvaliteta otpadnih voda iz TE su ispod propisanih MDK i ne dolazi do značajnog odstupanja u njihovim vrijednostima. Rezultati ispitivanja uzoraka otpadne vode sa deponije "Maljevac", ukazuju da je voda jako alkalna (11,67 -12,51), sa povećanim vrijednostima suspendovanih materija (269 – 754,4 mg/L).
- U cilju sagledavanja uticaja Termoelektrane "Pljevlja" na površinske vode u pljevaljskom kraju, vrše se ispitivanja kvaliteta vode Paleškog potoka, rijeke Vezišnice u koju se pomenuti potok uliva i kvalitet vode rijeke Čehotine, u koju se uliva rijeka Vezišnica. Rezultati sprovedenog monitoringa ukazuju da najveći uticaj TE "Pljevlja" i deponija "Maljevac" imaju na kvalitet vode Paleškog potoka nizvodno od deponije i rijeke Vezišnice, nizvodno od Termoelektrane tj. nizvodno od ušća Paleškog potoka.

Paleški potok poslije deponije predstavlja vodotok sa povećanom vrijednošću elektrolitičke provodljivosti, pH vrijednosti, visokim sadržajem suspendovanih materija, sadržajem nitrita i amonijaka, povećanog sadržaja sulfata, cijanida, fluorida i arsena. Analizirani parametri hemijskog statusa voda ne prelaze MDK propisane u Pravilnikom, dok se rezultati odabranih specifičnih zagađujućih supstanci nalaze u granicama dobrog ekološkog statusa, osim za arsen, gdje rezultati prelaze granice dobrog ekološkog statusa.

Uticaj TE, preko Paleškog potoka, na rijeku Vezišnicu ogleda se najviše kroz povećanje vrijednosti mutnoće, sadržaja suspendovanih materija, sadržaja nitrita, fluorida, arsena, HPK vrijednosti. Na osnovu dobijenih rezultata analiziranih

parametara u rijeci Vezišnici nizvodno od TE evidentno je da ne ulaze u okvir dobrog ekološkog statusa definisanog Pravilnikom. Analizirani parametri hemijskog statusa voda ne prelaze propisane MDK, dok se rezultati specifičnih zagađujućih supstanci nalaze u granicama dobrog ekološkog statusa.

Analizom rezultata uzoraka vode iz rijeke Čehotine prije i poslije ušća rijeke Vezišnice i njihovim poređenjem, evidentna je povećana koncentracija suspendovanih materija, amonijaka i nitrita. Rezultati analiziranih osnovnih fizičko-hemijskih parametara prelaze granice dobrog ekološkog statusa, dok se rezultati odabranih specifičnih zagađujućih supstanci nalaze u granicama vrlo dobrog ekološkog statusa, osim za sulfate, gdje su rezultati u granicama dobrog ekološkog statusa. S obzirom na identifikovane izvore zagađenja duž toka rijeke Čehotine, njen kvalitet treba posmatrati ne samo kroz uticaj TE "Pljevlja", nego i superponirajući efekat nekih drugih izvora zagađenja (rudnik uglja, atmosferska i javna kanalizacija, poljoprivredne djelatnosti), koji ispuštaju otpadne vode u rijeku Čehotinu, prije ušća rijeke Vezišnice.

- Na osnovu rezultata sprovedene analize podzemne vode sa područja gdje se prostire deponija "Maljevac" može se zaključiti da je ispitivana voda u skladu sa *Pravilnikom o načinu i rokovima utvrđivanja statusa podzemnih voda* ("Sl. list CG" br. 52/19).
- Na osnovu dobijenih rezultata analize ispitivanih parametara sedimenta može se zaključiti da deponija "Maljevac" u izvjesnoj mjeri utiče na kvalitet sedimenta Paleškog potoka, što ukazuje promjena sadržaja olova, žive, arsena, hroma, nikla, cinka, bakra, kobalta. Rezultati analize sedimenta Paleškog potoka, Vezišnice i Čehotine posmatrani u odnosu na norme holandskog standarda pokazuju da je sadržaj svih ispitivanih parametara ispod ciljnog nivoa, osim za sadržaj kobalta iznad ciljnog nivoa na pojedinim lokacijama.
- Korelaciona analiza je pokazala, dominantno, veoma jake i jake korelacione zavisnosti između pokazatelja kvaliteta otpadnih voda TE "Pljevlja" i vode vodotokova (Paleškog potoka, Vezišnice i Čehotine), što ukazuje na značajan uticaj navedenih otpadnih voda na promjenu kvaliteta vode prirodnih vodotokova.

Termoelektrane imaju značajan uticaj na vodene sisteme, ali kroz primjenu strožih regulativa i naprednih tehnologija moguće je smanjiti negativne efekte. Razumijevanje i upravljanje ovim uticajima je ključ za održivu proizvodnju energije i zaštitu vodenih ekosistema.

6. LITERATURA

1. Amoatey P., Bani R. (2011) *Wastewater Management*, INTECH Open Access Publisher, p.1-22.
2. Bani R. (2011) *Wastewater Management, Waste Water: Evaluation and Management*, p.380-383.
3. Škuletić S. (2006) *Elektrane*, Univerzitet Crne Gore, Elektrotehnički fakultet, Podgorica, p. 6-15.
4. Milosavljević Z., Milinković M., Avakumović J. (2009) *Moguća zagađenja životne sredine iz energetske izvora*, Beograd, p.179-183.
5. Jahić M. (1981) *Prečišćavanje zagađenih voda*, Novi Sad, p. 32-52.
6. Friedler E., et al. (2013) *Wastewater composition, Source Separation and Decentralization for Wastewater Management*, IWA Publishing, London, UK, p. 40.
7. Povrenović D., Knežević M. (2013) *Osnove tehnologije prečišćavanja otpadnih voda*, Tehnološko-metalurški fakultet, Univerzitet u Beogradu, Beograd, p.1-9.
8. Rajkumar D., Palanivelu K. (2004) *Electrochemical treatment of industrial wastewater*, J. Hazard. Mater, p.123-129.
9. Gaćeša S., Klačnja M. (1994) *Tehnologija vode i otpadnih voda*, Jugoslovensko udruženje pivara, Beograd, p.150-183.
10. Simić H. (2002) *Procesi obrade otpadnih voda*, Javna biblioteka, Tuzla, p.11-12.
11. Cushnie G.C. (1985) *Electroplating wastewater pollution control*, Noyes Publications, Park Ridge, New Jersey, U.S.A, p. 25-28.
12. Korać V. (1975) *Primena jonskih izmenjivača*, Udruženje za tehnologiju vode, Beograd, p.6-8.
13. Hahn H.H., Klute R. (1988) *Pretreatment in chemical water and wastewater treatment*, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, p. 3-10.
14. Đuković J., Đukić B., Lazić D., Marsenić M. (2020) *Tehnologija vode*, Tehnološki fakultet Zvornik, Beograd, p. 21-26.
15. Zabihian F. (2021) *Power Plant Engineering*, CRC Press, Taylor & Francis Group, p.105-109.
16. <https://www.thermodyneboilers.com/components-working-thermal-power-plant/>

17. Xingrang L., Bansal R. (2016) *Thermal Power Plant Modeling, Control, and Efficiency Improvement*, 1st Editions, CRC Press, Taylor & Francis Group, p.7-8.
18. <https://elementarium.cpn.rs/naucne-vesti/termoelektrana/?script=lat>
19. Ribarić Lasnik C. (2010) *Vpliv industrije na okolje*, Velenje, p. 6-11.
20. Župančić Justin M. (2010) *Uvod v okoljske tehnologije*, Visoka šola za varstvo okolja, Velenje, p. 8-13.
21. Matavulj D., Stojanović Bijeljčić Lj. (2019) *Uticaj termoelektrana na životnu sredinu*, Panevropski univerzitet "Apeiron", Banja Luka, p. 14-19.
22. Gupta B.N., Williams A.J., Banerjee S.K. (1995) *Impact of thermal power plant emission on vegetation and soil*, Proceedings of the Indian National Science Academy. Part B, Biological sciences 61(6), India, p.457-469.
23. <https://www.istockphoto.com/pl/search/2/image?phrase=wegiel+brunatny>
24. Rosen, Marc A., Cornelia A. Bulucea, Nikos E. Mastorakis, Carmen A. Bulucea, Andreea C. Jeles, and Constantin C. Brindusa, *Evaluating the Thermal Pollution Caused by Wastewaters Discharged from a Chain of Coal-Fired Power Plants along a River*, 2015; 2
25. Hannun R. M., Razzaq A. H. A. (2022) *Air Pollution Resulted from Coal, Oil and Gas Firing in Thermal Power Plants and Treatment: A Review*, IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science, p.1-9.
26. <https://iguala3.org/index.php/2018/08/01/30-los-ictus-se-producen-ano-se-atribuyen-la-contaminacion-del-aire/>
27. Bitton G. (2005) *Wastewater microbiology*, John Wiley & Sons, Inc., p. 345-347.
28. Henze M., Loosdrecht M.V., Ekama G., Brđanović D. (2008) *Biological wastewater treatment*, IWA Publishing,; p. 77-82.
29. Nemerow N.L., Agardy F.J., Sullivan P., Salvato J.A. (2009) *Water, Wastewater, Soil and Groundwater Treatment and Remediation*, John Wiley & Sons, Inc., p. 29.
30. Milišić H., Hadžić E., Šuvalija S. (2022) *Modeling of Water Self-purification in Rivers*, Advanced Technologies, Systems, and Applications VII Lecture Notes in Networks and Systems, Springer International Publishing, p. 103-121.
31. Omole D.O., et al. (2012) *Study of Auto Purification Capacity of River Atuwara in Nigeria*, International Journal of Engineering and Technology, p.229.
32. Šoštarić N. (1974) *Pristup određivanju veličine toka autopurifikacije vodotoka*, Arhiv za higijenu rada i toksikologiju, Zagreb, vol. 25 (2), p.221–232.

33. <https://d10.beauty/industrial-waste-in-rivers>
34. Elektroprivreda Crne Gore (2017) *Deponija "Maljevac", odlaganje nusprodukta sagorijevanja uglja iz TE "Pljevlja", Elaborat o procjeni uticaja na životnu sredinu*, Flaming doo Podgorica, p.31-56.
35. Ostojić V. (1984) *Vodosnabdijevanje grada Pljevalja*, Glasnik srpskog geografskog društva, br.2, Beograd, p.4-8.
36. Ostojić V., et al (1990) *Industrijski razvoj Pljevalja i ekološki problem Pljevalja*, Sabor ljekara, Zbornik radova br.19, Nova Varoš, p. 17-23.
37. Ostojić V. (1998) *Vode Pljevalja*, Savez ekoloških društava Crne Gore, Pljevlja, p. 5-10.
38. Opština Pljevlja, Sekretarijat za uređenje prostora (2013) *Izveštaj o stanju životne sredine na teritoriji opštine Pljevlja za period od 2008 do 2012 godine*, Pljevlja, p. 40-45.
39. Opština Pljevlja, Sekretarijat za uređenje prostora (2021) *Izveštaj o stanju životne sredine na teritoriji opštine Pljevlja za period od 2019/20*, Pljevlja, p. 43-44.
40. Milutinović M., Radonjić R., Rajčević S. (1987) *Kvalitet vode rijeke Čehotine na potezu Pljevlja-Gradac*, Čovek i životna sredina, br. 12, p. 23-24.
41. Tedeschi S. (1983) *Zaštita vodnih sustava i pročišćavanje otpadnih voda*, Građevinski Institut, Zagreb, p.74-110.
42. Vlada Crne Gore, Uprava za vode (2019) *Pravilnik o kvalitetu sanitarno-tehničkim uslovima za ispuštanje otpadnih voda, načinu i postupku ispitivanja kvaliteta otpadnih voda i sadržaju izvještaja o utvrđenom kvalitetu otpadnih voda* ("Službeni list Crne Gore", br. 056/19), Podgorica.
43. Vlada Crne Gore, Ministarstvo prostornog planiranja, urbanizma i državne imovine (2106) *Pravilnik o klasifikaciji otpada i katalogu otpada* („Službeni list Crne Gore“, br. 059/13, 083/16), Podgorica.
44. Vlada Crne Gore, Ministarstvo poljoprivrede i ruralnog razvoja (2019) *Pravilnik o načinu i rokovima utvrđivanja statusa površinskih voda* („Službeni list Crne Gore“, br. 25/19), Podgorica.
45. Vlada Crne Gore, Ministarstvo poljoprivrede i ruralnog razvoja (2019) *Pravilnik o načinu i rokovima utvrđivanja statusa podzemnih voda* („Službeni list Crne Gore“, br.

52/19), Podgorica.

46. Government of the Netherlands, Ministry of the Environment (2011) *Soil, Ground Water and Sediment Standards for Use Under Part XV.1 of the Environmental Protection Act*, Hag.
47. Počuča N. (2008) *Zaštita Životne sredine EKOLOGIJA (zagađenje i zaštita voda)*, Građevinska knjiga, Zrenjanin, p. 151-161.