

FAKULTETA ZA VARSTVO OKOLJA

DIPLOMSKO DELO

**ANALIZA PODATKOV MONITORINGA EKOLOŠKEGA IN
KEMIJSKEGA STANJA LEDAVSKEGA IN GAJŠEVSKEGA
JEZERA V OBDOBJU 2007-2020**

LUKA ŽURMAN

VELENJE, 2023

FAKULTETA ZA VARSTVO OKOLJA

DIPLOMSKO DELO

**ANALIZA PODATKOV MONITORINGA EKOLOŠKEGA IN
KEMIJSKEGA STANJA LEDAVSKEGA IN GAJŠEVSKEGA
JEZERA V OBDOBJU 2007-2020**

LUKA ŽURMAN

Varstvo okolja in ekotehnologije

Mentorica: doc. dr. Samar Al Sayegh Petkovšek

VELENJE, 2023

Na podlagi Diplomskega reda izdajam naslednji

SKLEP O DIPLOMSKEM DELU

Študent Fakultete za varstvo okolja **Luka Žurman** lahko izdela diplomsko delo z naslovom v slovenskem jeziku:

Analiza podatkov monitoringa ekološkega in kemijskega stanja Ledavskega in Gajševskega jezera v obdobju 2007 - 2020

Naslov diplomskega dela v angleškem jeziku:

Analysis of monitoring data of the ecological and chemical status of the Ledavsko and Gajševsko Lakes in the period 2007 - 2020

Mentorica: **doc. dr. Samar Al Savegh Petkovšek**

Diplomsko delo mora biti izdelano v skladu z Diplomskim redom FVO.

Pouk o pravnem sredstvu: zoper ta sklep je dovoljena pritožba na Senat FVO v roku 8 delovnih dni od prejema sklepa.



Prof. dr. Boštjan Pokorny
dekan

Fakulteta za varstvo okolja

Trg mladosti 7 | 3320 Velenje

t: 03 898 64 10 | e: info@fvo.si

www.fvo.si



IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisan **Luka Žurman**, z vpisno številko **34210029**, študent dodiplomskega študijskega programa Varstvo okolja in ekotehnologije, sem avtor diplomskega dela z naslovom **Analiza podatkov monitoringa ekološkega in kemijskega stanja Ledavskega in Gajševskega jezera v obdobju 2007-2020**, ki sem ga izdelal pod mentorstvom doc. dr. Samar Al Sayegh Petkovšek.

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- je predloženo delo moje avtorsko delo, torej rezultat mojega lastnega raziskovalnega dela;
- da oddano delo ni bilo predloženo za pridobitev drugih strokovnih nazivov v Sloveniji ali tujini;
- da so dela in mnenja drugih avtorjev, ki jih uporabljam v predloženem delu, navedena oz. citirana v skladu z navodili FVO;
- da so vsa dela in mnenja drugih avtorjev navedena v seznamu virov, ki je sestavni element predloženega dela in je zapisan v skladu z navodili FVO;
- se zavedam, da je plagiatorstvo kaznivo dejanje;
- se zavedam posledic, ki jih dokazano plagiatorstvo lahko predstavlja za predloženo delo in moj status na FVO;
- je diplomsko delo jezikovno korektno in da je delo lektoriral/a Janja Hrnčič, prof. slovenščine in nemščine;
- da dovoljujem objavo diplomskega dela v elektronski obliki na spletni strani FVO;
- da sta tiskana in elektronska verzija oddanega dela identični.

V Velenju, dne _____

Podpis avtorja _____

ZAHVALA

Za pomoč pri izdelavi diplomskega dela se zahvaljujem mentorici dr. Samar Al Sayegh Petkovšek, ki me je skozi pisanje vodila in mi svetovala. Zahvaljujem se tudi Nacionalnemu laboratoriju za zdravje, okolje in hrano Maribor za vso pomoč in posredovanje vsebin in podatkov, ki sem jih vključil v diplomsko delo.

Posebna zahvala gre moji družini in bližnjim, ki so me podpirali in razumeli mojo odsotnost med časom študija in izdelavo diplomske naloge.

Iskrena hvala vsem.

IZVLEČEK

V Sloveniji je mnogo jezer, ki predstavljajo prostor za rekreacijo, oddih in športne ter turistične aktivnosti. Stojee površinske vode so zaradi manjše samočistilne sposobnosti v primerjavi s tekočimi vodami bolj ranljive in podvržene onesnaževanju. Poglavitni razlogi onesnaževanja površinskih voda so predvsem izcedne vode iz industrijskih obratov, odpadne vode iz gospodinjstev in kmetijska dejavnost. Za spremljanje stopnje onesnaženosti se izvajajo monitoringi, ki jih predpisuje Uredba o stanju površinskih voda. Namen izvajanja monitoringov je na podlagi fizikalno – kemijskih, bioloških, hidromorfoloških in kemijskih parametrov oziroma meritev, oceniti kemijsko in ekološko stanje površinskih voda.

V diplomski nalogi sem analiziral povprečne letne vrednosti izbranih kemijskih parametrov za oceno kemijskega stanja in posebna onesnaževala za oceno ekološkega stanja Gajševskega in Ledavskega jezera v obdobju od leta 2007 do leta 2020. Hkrati sem primerjal rezultate meritev obeh jezer med seboj.

Ob primerjavi vrednosti izbranih parametrov sem ugotovil, da je kemijsko stanje obeh jezer v dobrem stanju, le v posameznih letih je v obeh jezerih presežena mejna vrednost nefiltriranega fosforja. Veliko slabše pa je ekološko stanje obeh jezer, saj vrednosti izbranih parametrov oz. posebnih onesnaževal (herbicida metolaklor in terbutilazin) v večini let presegajo mejne vrednosti. Zaradi tega jezera ne dosegata dobrih ocen ekološkega stanja.

Ključne besede: Gajševsko jezero, Ledavsko jezero, kemijsko stanje voda, ekološko stanje voda, onesnaževanje.

Abstract

There are many lakes in Slovenia, which provide recreational, leisure, sporting and tourist activities. Standing surface waters are more vulnerable and prone to pollution due to their lower self-cleaning capacity compared to flowing waters. The main causes of surface water pollution are leachate from industrial plants, domestic wastewater and agricultural activity. The monitoring of pollution levels is carried out in accordance with the Surface Water Ordinance. The purpose of monitoring is to assess the ecological status of surface waters on the basis of physico-chemical, biological, hydromorphological and chemical parameters or measurements.

In the thesis we analysed the average annual values of selected chemical parameters for the assessment of chemical status and specific pollutants for the assessment of the ecological status of Gajševsko lake and Ledavsko lake in the period 2007 to 2020. At the same time, I compared the measurements of the two lakes with each other..

When comparing the values of selected parameters, we found that the chemical state of both lakes is in good condition, only in individual years the limit value of unfiltered phosphorus is exceeded in both lakes. However, the ecological status of both lakes is much worse, as the values of selected parameters or specific pollutants (herbicide metholachlor and terbutylazine) exceed the limit values in most years, as this does not result in good ecological status estimates.

Keywords: Gajševsko lake, Ledavsko lake, water chemistry, water ecology, pollution.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	8
1.1	OPREDELITEV TEME.....	8
1.2	NAMEN IN CILJI DIPLOMSKEGA DELA.....	8
1.3	HIPOTEZE.....	9
2	ZAKONODAJA	10
2.1	EVROPSKA ZAKONODAJA.....	10
2.2	NACIONALNA ZAKONODAJA.....	10
3	MATERIAL IN METODE DELA	11
4	MONITORING STANJA POVRŠINSKIH VODA	12
4.1	MREŽA MEST VZORČENJA DRŽAVNEGA HIDROLOŠKEGA MONITORINGA.....	13
4.2	MONITORING JEZER.....	14
4.3	KEMIJSKO IN EKOLOŠKO STANJE POVRŠINSKIH VODA.....	16
4.3.1	Kemijsko stanje površinskih voda.....	16
4.3.2	Ekološko stanje površinskih voda.....	18
5	VPLIV KMETIJSTVA NA KAKOVOST VODA	21
5.1	KEMIKALIJE, UPORABLJENE V KMETIJSTVU.....	22
5.1.1	Pesticidi.....	22
5.1.2	Gnojila.....	24
6	GAJŠEVSKO IN LEDAVSKO JEZERO	27
6.1	GAJŠEVSKO JEZERO.....	27
6.2	LEDAVSKO JEZERO.....	28
7	ANALIZA STANJA GAJŠEVSKEGA IN LEDAVSKEGA JEZERA MED LETOM 2007 IN 2020	29
7.1	KEMIJSKO STANJE GAJŠEVSKEGA IN LEDAVSKEGA JEZERA MED LETI 2007 IN 2020.....	29
7.1.1	Primerjava kemijskih parametrov v Gajševskem in Ledavskem jezeru.....	36
7.2	EKOLOŠKO STANJE LEDAVSKEGA IN GAJŠEVSKEGA JEZERA MED LETOMA 2007 IN 2020.....	39
7.2.1	Primerjava ekološkega stanja Gajševskega in Ledavskega jezera v obdobju 2007 in 2020.....	45
8	SKLEP	47
9	POVZETEK	48
10	SUMMARY	50
11	VIRI IN LITERATURA	52

SEZNAM SLIK

Slika 1: Monitoring površinskih voda (Vir: Nacionalni laboratorij za zdravje, okolje in hrano, 2020).	9
Slika 2: Program hidrološkega monitoringa površinskih voda (Vir: Kobold, 2021).	13
Slika 3: Vzorčenje vode iz jezera (Vir: Environmental modeling and testing, 2023).	14
Slika 4: Ocena kemijskega in ekološkega stanja površinskih voda (Vir: Cvitanič in sod, 2010).	16
Slika 7: Prehajanje onesnaževal iz polja, travnika v površinske vode in podtalnico (Vir: Pečarič, 2023).	22
Slika 9: Gajševsko jezero, obkroženo s polji (Vir: Atlas okolja, 2023a).	27
Slika 10: Ledavsko jezero, obkroženo s polji (Vir: Atlas okolja, 2023b).	28

SEZNAM TABEL

Tabela 1: Splošno fizikalno-kemijski parametri, ki jih uporabljamo za določanje ekološkega stanja jezer v Sloveniji (Vir: Tehovnik Dobnikar in sod., 2011).	15
Tabela 3: Poraba mineralnih gnojil in rastlinskih hranil v kmetijstvu leta 2020 v Sloveniji (Vir: Statistični urad. Medmrežje: Poraba mineralnih gnojil, Slovenija, 2020 (stat.si)).	25
Tabela 5: Povprečne, minimalne in maksimalne letne vrednosti izbranih parametrov, merjenih v Gajševskem jezeru od leta 2007 do 2013 (Vir: https://www.arso.gov.si/vode/podatki/ (3. 5. 2023)).	30
Tabela 6: Povprečne, minimalne in maksimalne vrednosti kemijskih parametrov Gajševskega jezera od leta 2014 do 2020 (Vir: https://www.arso.gov.si/vode/podatki/ (3. 5. 2023)).	31
Tabela 7: Povprečne, minimalne in maksimalne vrednosti kemijskih parametrov Ledavskega jezera od leta 2007 do 2014 (Vir: https://www.arso.gov.si/vode/podatki/ (3. 5. 2023)).	33
Tabela 8: Povprečne, minimalne in maksimalne vrednosti kemijskih parametrov Ledavskega jezera od leta 2014 do 2020 (Vir: https://www.arso.gov.si/vode/podatki/ (3. 5. 2023)).	34
Tabela 9: Ekološko stanje Gajševskega jezera v obdobju od 2007 do 2020 (Vir: Stanje voda (gov.si) (22. 5. 2023)).	40
Tabela 10: Ekološko stanje Ledavskega jezera v obdobju od 2007 do 2020 (Vir: Stanje voda (gov.si) (22. 5. 2023)).	43

SEZNAM GRAFIKONOV

Grafikon 1: Delež površinskih vodnih teles, ki spadajo v posamezni razred kemijskega stanja za matriks voda v določenem časovnem obdobju (Vir: ARSO, 2023a).....	18
Grafikon 2: Graf na sliki prikazuje ekološko stanje vodnih teles površinskih voda od leta 2006 do 2019 (Vir: ARSO, 2023a).....	20
Grafikon 3: Količine prodanih sredstev za varstvo rastlin v tonah aktivnih snovi od 1992 do 2019 (Vir: ARSO, 2023b).....	23
Grafikon 4: Poraba fitofarmaceutskih sredstev na hektar obdelovalnih zemljišč v državah EU v letih 2003, 2009, 2016, 2019 (Vir: ARSO, 2023b).....	23
Grafikon 5: Skupna poraba rastlinskih hranil in mineralnih gnojil v kmetijstvu na območju Slovenije leta 2020 (Vir: Statistični urad. Medmrežje: Poraba mineralnih gnojil, Slovenija, 2020 (stat.si)).....	25
Grafikon 6: Poraba mineralnih gnojil v Sloveniji med letom 2007 in 2019 (Vir: Kazalci okolja. Medmrežje: https://kazalci.arso.gov.si/sl/content/poraba-mineralnih-gnojil-4).....	26
Grafikon 7: Celotni nefiltriran fosfor v Gajševskem jezeru med letom 2007 in 2020.....	32
Grafikon 8: Spreminjanje koncentracije celotnega nefiltriranega fosforja v Ledavskem jezeru od leta 2007 do 2020.....	35
Grafikon 9: Primerjava vrednosti celotnega nefiltriranega fosforja med Gajševskim in Ledavskim jezerom v izbranem obdobju.....	36
Grafikon 10: Primerjava vrednosti nitratov v Gajševskem in Ledavskem jezeru v izbranem obdobju.....	37
Grafikon 11: Primerjava koncentracij amonija v Gajševskem in Ledavskem jezeru.....	38
Grafikon 12: Koncentracije terbutilazina v Gajševskem jezeru v izbranem obdobju.....	41
Grafikon 13: Koncentracije metolaklora v Gajševskem jezeru v izbranem obdobju.....	42
Grafikon 14: Koncentracije terbutilazina v Ledavskem jezeru v izbranem obdobju.....	44
Grafikon 15: Koncentracije metolaklora v Ledavskem jezeru v izbranem obdobju.....	44
Grafikon 16: Primerjava vrednosti terbutilazina v Gajševskem in Ledavskem jezeru v izbranem obdobju.....	45
Grafikon 17: Primerjava vrednosti metolaklora v Gajševskem in Ledavskem jezeru v izbranem obdobju.....	46

1 UVOD

1.1 OPREDELITEV TEME

Tema diplomskega dela je predstavitev monitoringa ekološkega in kemijskega stanja stoječih voda na primeru Ledavskega in Gajševskega jezera. Med stoječe vode uvrščamo naravna stalna jezera, presihajoča ter umetna jezera, nizka in visoka barja, ribnike, močvirja in mlake, mokrišča, umetne akumulacije, manjše zadrževalnike ter druge ojezeritve, ki nastanejo pri umetnih posegih v okolje (Čehić, 2007, str. 17).

V Sloveniji pokrivajo stoječe vode le 0,3 % celotnega ozemlja, kar je blizu evropskega povprečja. Stoječe vode imajo bistveno manjše samočistilne sposobnosti v primerjavi s tekočimi vodami, zato so bolj podvržena onesnaževanju. Glede kakovosti voda je Slovenija v primerjavi z razvitimi državami v samem evropskem vrhu (medmrežje 4).

Najbolj pogost ekološki problem stoječih voda v Sloveniji je njihova eutrofikacija. S tem pojavom opisujemo vnašanje hranilnih snovi (fosfatov in nitratov) v vodo zaradi pretirane uporabe umetnih gnojil in neurejenega odvajanja komunalnih odpadnih voda iz gospodinjstev, industrijskih obratov ter kmetij. Slednje se kaže kot prekomerna obremenjenost voda z organskimi snovmi, ki so hrana vodnim organizmom. Posledično prihaja do povečanja biomase nekaterih vrst vodnih organizmov, kot primer planktonskih alg, ki lahko poruši naravno ravnovesje vodnih in obvodnih ekosistemov (Čehić, 2007, str. 17).

V diplomski nalogi bom raziskal spreminjanje kemijskega in ekološkega stanja Ledavskega in Gajševskega jezera v obdobju trinajstih let (2007–2020).

1.2 NAMEN IN CILJI DIPLOMSKEGA DELA

Namen diplomskega dela je analizirati spremembe kemijskega in ekološkega stanja Ledavskega in Gajševskega jezera v obdobju 2007-2020. Cilji dela so:

- spoznati in predstaviti zakonodajo, ki se nanaša na monitoringe površinskih voda,
- predstaviti potek izvajanja monitoringov površinskih voda,
- opisati prispevna območja Ledavskega in Gajševskega jezera,
- proučiti in predstaviti kemijsko in ekološko stanje obravnavanih jezer v obdobju 2007-2020,
- primerjati relevantne parametre med obema jezeroma.

1.3 HIPOTEZE

Hipoteze, ki sem jih raziskal, so:

- stanje voda v Gajševskem in Ledavskem jezeru se v obravnavanem obdobju izboljšuje zaradi strožje zakonodaje glede uporabe gnojil in pesticidov,
- poljedelstvo v bližini jezer bistveno vpliva na kakovost voda,
- Ledavsko jezero ima boljšo ekološko stanje kot Gajševsko jezero.



Slika 1: Monitoring površinskih voda (Vir: Nacionalni laboratorij za zdravje, okolje in hrano, 2020).

2 ZAKONODAJA

2.1 EVROPSKA ZAKONODAJA

Področje voda na evropski ravni urejajo direktive, ki jih navajam v nadaljevanju:

- *Direktiva Evropskega parlamenta in Sveta 2000/60/ES* z dne 23. oktobra 2000 o določitvi okvira za ukrepe Skupnosti na področju vodne politike (Ul. I, št. 327 z dne 22. 12. 2000, str. 1), zadnjič spremenjeno z *Direktivo Komisije 2014/101/EU* z dne 30. oktobra 2014 o spremembi *Direktive Evropskega parlamenta in Sveta 2000/60/ES* o določitvi okvira za ukrepe Skupnosti na področju vodne politike (Ul. I. št. 311 z dne 31. 10. 2014, str. 32);
- *Direktiva 2008/105/ES Evropskega parlamenta in Sveta* z dne 16. decembra 2008 o okoljskih standardih kakovosti na področju vodne politike, spremembi *Direktive 2000/60/ES Evropskega parlamenta in Sveta* (Ul. I. št. 348 z dne 24. 12. 2008, str. 84), zadnjič spremenjeno z *Direktivo 2013/39/EU Evropskega parlamenta in Sveta* z dne 12. avgusta 2013 o spremembi direktiv 2000/60/ES in 2008/105/ES v zvezi s prednostnimi snovmi na področju vodne politike (Ul. I. št. 226 z dne 24. 8. 2013, str. 1) in
- *Direktiva Komisije 2009/90/ES* z dne 31. julija 2009 o določitvi strokovnih zahtev za kemijsko analiziranje in spremljanje stanja voda v skladu z *Direktivo Evropskega parlamenta in Sveta 2000/60/ES* (Ul. I. št. 201 z dne 1. 8. 2009, str. 36).

2.2 NACIONALNA ZAKONODAJA

Za področje varstva okolja velja *Zakon o varstvu okolja* (Ur. I. RS, št. 44/22 in 18/23-ZDU-10), ki je krovni zakon, kateri ureja varstvo okolja, določa ukrepe varstva okolja, temeljna načela varstva okolja, ekonomske in finančne instrumente varstva okolja, spremljanje stanja okolja ter informacije o njem in druga vprašanja povezana z varstvom okolja.

Zakon, ki v Republiki Sloveniji ureja upravljanje z vodami, se imenuje *Zakon o vodah* (Ur. I. RS, št. . 67/02, 2/04 – ZZdl-A, 41/04 – ZVO-1, 57/08, 57/12, 100/13, 40/14, 56/15, 65/20 in 35/23 – odl. US). Ta zakon obravnava upravljanje s celinskimi in podzemnimi vodami, morjem ter vodnimi in priobalnimi zemljišči. Prav tako obravnava urejanje voda in odločanje o rabi

voda. Ureja pa tudi javno dobro in javne službe, ki se ukvarjajo z vodami, vodne naprave ter objekte in povezana vprašanja z vodami.

Področje varstva voda ureja več uredb. Uredba, ki ima povezavo z diplomskim delom, je *Uredba o stanju površinskih voda* (Ur. l. RS, št. 14/09, 98/10, 96/13, 24/16 in 44/22 – ZVO-2). Ta uredba določa merila, ki so namenjena za ugotavljanje stanja površinskih voda, okoljske standarde kakovosti za ugotavljanje kemijskega ter ekološkega stanja površinskih voda in vrste monitoringa stanja površinskih voda.

Za ugotavljanje stanja voda se izvajajo monitoringi stanja voda; področje površinskih voda ureja *Pravilnik o monitoringu stanja površinskih voda* (Ur. l. RS, št. 10/09, 81/11, 73/16 in 44/22 – ZVO-2). Ta pravilnik določa način in obseg monitoringa, pogoje za izvajalce monitoringa stanja površinskih voda in način ter obliko poročanja o izvedenem monitoringu.

Ekološko in kemijsko stanje izbranih jezer obravnava tudi zakonodaja na področju kmetijstva, in sicer: *Zakon o kmetijstvu* (Ur. l. RS, št. 123/21, 44/22, 130/22 – ZPOmK-2 in 18/23), *Zakon o fitofarmacevtskih sredstvih* (Ur. l. RS, št. 83/12 in 35/23 – odl. US) in *Zakon o mineralnih gnojilih* (Ur. l. RS, št. 29/06 in 90/12 – ZdZPVHVVR).

3 MATERIAL IN METODE DE LA

V diplomskem delu sem uporabil opisno metodo ter metodo analize in sinteze. Pri opisni metodi dela sem kritično pregledal strokovne in znanstveno raziskovalne vire ter zakonodajo, ki se nanaša na problematiko onesnaženja stoječih voda, vključno z Ledavskim in Gajševskim jezerom. Z metodo analize in sinteze sem obravnaval podatke (parametre), ki se nanašajo na ekološko in kemijsko stanje Ledavskega in Gajševskega jezera v obdobju 2007-2020. Analizirani podatki so prosto dostopni na portalu Agencije Republike Slovenije za okolje (v nadaljevanju ARSO), nekatere podatke pa sem pridobil neposredno od Nacionalnega laboratorija za zdravje, okolje in hrano (v nadaljevanju NLZOH), ki ima koncesijo za izvajanje državnih monitoringov voda.

4 MONITORING STANJA POVRŠINSKIH VODA

Površinske vode, ki jih ločimo na tekoče (reke) in stoječe vode (jezera), so že od nekdaj pomembne za proizvodnjo hrane in pridobivanje pitne vode. V današnjem času služijo tudi za namakanje obdelovalnih površin, so rekreacijske površine za ljudi, omogočajo razvoj turizma in so tudi transportne poti (reke). V Sloveniji pridobivamo pitno vodo iz površinskih voda zgolj v 5 %, ostalih 95 % pa iz podzemnih voda. Površinske vode imajo pomembno vlogo tudi pri pridobivanju električne energije, napajanju podtalnice, zaustavljanju hudourniških voda ter zadrževanje voda v pokrajini (NLZOH, 2023).

Zakon o vodah (Ur. l. RS, št. 67/02 in nadalj.) določa načrt upravljanja voda, v katerem je med najpomembnejšimi smernicami določitev ocene stanja voda. Na podlagi ocene stanja voda se po potrebi oblikujejo ukrepi, s katerimi se doseže boljše stanje površinskih voda. Za površinske vode to pomeni, da dosežemo dobro kemijsko in ekološko stanje. Ker je Republika Slovenija članica Evropske unije, mora upoštevati *Direktivo o vodah* (Evropska komisija, 2014), ki postavlja enotne zahteve za vse članice na področju spremljanja in ocenjevana stanja voda. V Sloveniji potekajo programi monitoringa voda že desetletja, že več kot sto let pa se izvajajo hidrološki monitoringi. V Sloveniji na področju monitoringa voda uporabljamo dva pravilnika (Cvitanič in sod., 2010, str. 11):

- Pravilnik o monitoringu stanja površinskih voda (Ur. l. RS, št. 10/09, 81/11, 73/16 in 44/22 – ZVO-2),
- Pravilnik o monitoringu podzemnih voda (Ur. l. RS, št. 31/09 in 44/22 – ZVO-2).

Ob uvedbi *Direktive o vodah* (Evropska komisija, 2014) so se spremenila tudi merila in načini, po katerih ocenjujemo vode. Zato ocene, ki so bile pridobljene pred letom 2006, niso popolnoma primerljive z današnjimi. Na področju ocenjevanja stanja voda zakonodajno urejata dve uredbi (prav tam):

- Uredba o stanju površinskih voda (Ur. l. RS, št. 14/09, 98/10, 96/13, 24/16 in 44/22 – ZVO-2),
- Uredba o stanju podzemnih voda (Ur. l. RS, št. 25/09, 68/12, 66/16 in 44/22 – ZVO-2).

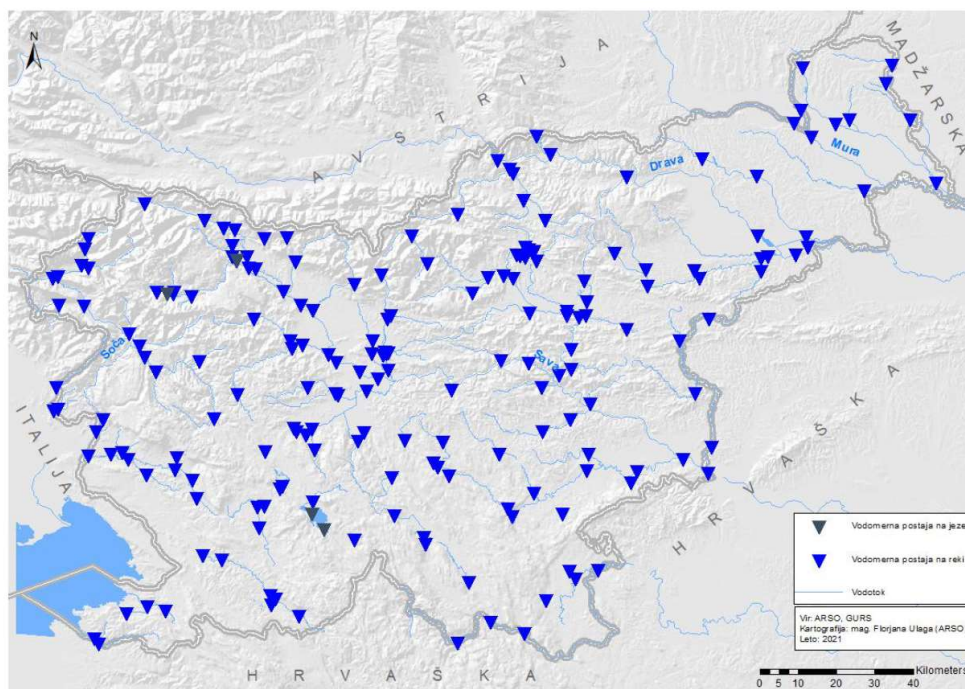
Poznamo tri tipe monitoringov površinskih voda, in sicer: (a) nadzorni monitoring, ki se izvaja, ko nas zanima celovita ocena stanja voda na izbranem vodnem območju, rezultate tega monitoringa smo uporabili za analizo stanja izbranih jezer; (b) operativni monitoring, ki se izvaja na območjih s posebnimi zahtevami in (c) preiskovalni monitoring, ki se vzpostavi za vodna telesa površinskih voda v posebnih primerih (Tehovnik Dobnikar in sod., 2011).

4.1 MREŽA MEST VZORČENJA DRŽAVNEGA HIDROLOŠKEGA MONITORINGA

Skladno s *Pravilnikom o monitoringu stanja površinskih voda* (Ur. l. RS, št. 10/09, 81/11, 73/16 in 44/22 – ZVO-2) je mreža mest vzorčenja sestavljena iz več mest vzorčenja, ki so povezana v merilni sistem. Slednje omogoča ugotavljanje ekološkega in kemijskega stanja za površinske vode. Na posameznih mestih vzorčenja, ki so vključena v mrežo mest vzorčenja, se izvajajo meritve, s katerimi pridobimo podatke o hidroloških parametrih, parametrih kemijskega stanja in elementih kakovosti ekološkega stanja površinskih voda.

Za izvajanje monitoringa stanja površinskih voda se mreža mest vzorčenja vzpostavi tako, da se izdela izčrpen ter skladen pregled ekološkega in kemijskega stanja površinskih voda v vsakem povodju in porečju. To nam omogoča opredeliti kemijsko stanje vodnih teles površinskih voda, razvrstiti vodna telesa površinskih voda in umetnih ter močno preoblikovanih vodnih teles v pet razredov ekološkega stanja voda.

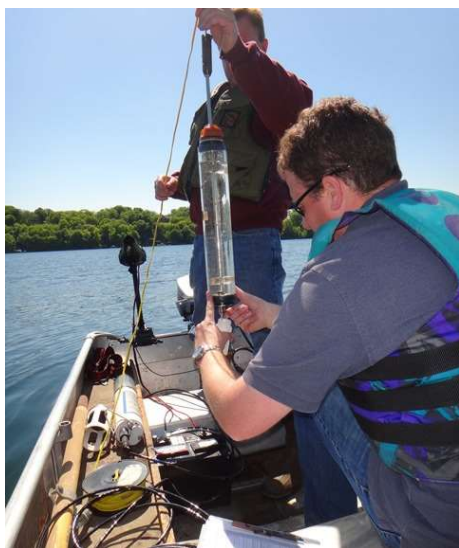
Med hidrološke parametre uvrščamo: vodostaj in pretok reke; vodostaj, zadrževalni čas ter iztok in dotok za jezera in vodostaj ter višino valov za obalne vode (Ur. l. RS, št. 10/09 in nadalj.). V stoječih in tekočih vodah se v Sloveniji izvajajo meritve hidroloških parametrov ter druga opazovanja na 202 vodomernih postajah, od tega je 198 vodomernih postaj na tekočih vodah; na stoječih površinskih vodah pa le 4 (Kobold in sod., 2021, str. 7, 8). Kemijske in ekološke parametre stanja bom predstavil v sklopu monitoringa obeh jezer.



Slika 2: Program hidrološkega monitoringa površinskih voda (Vir: Kobold, 2021).

4.2 MONITORING JEZER

Na umetnih in naravnih jezerih ter na močno preoblikovanih jezerih, ki imajo površino vodne gladine večjo od 0,5 km², izvajamo monitoring kemijskega in ekološkega stanja jezer. V Sloveniji spremljamo 12 stoječih vodnih teles, in sicer: naravni jezera (Blejsko in Bohinjsko jezero), presihajoče jezero (Cerkniško jezero), zadrževalnike (Klivnik, Molja, Vogršček, Šmartinsko jezero, Slivniško jezero, Perniško jezero, Ledavsko jezero in Gajševsko jezero) ter jezero umetnega nastanka (Velenjsko jezero). V okviru monitoringa se spremljajo biološki elementi kakovosti, splošni fizikalno-kemijski elementi kakovosti, posebna onesnaževala in hidrološki elementi kakovosti, s katerimi tudi določimo ekološko stanje jezera. Vzorčenja na jezerih in zadrževalnikih se izvajajo na osnovnih merilnih mestih, ki so definirana kot točke na gladini posameznega jezera ali zadrževalnika. Vzorca potekajo po globinski vertikali jezera (medmrežje 6). Osnovno vzorčevalno mesto se večinoma nahaja na najglobljem delu posameznega vodnega telesa. Dodatna merilna mesta za vzorčenje bioloških elementov pa so določena glede na obliko in strukturo jezerske obale. Izvajalce državnega monitoringa kakovosti voda za določeno časovno obdobje se izbere preko javnega razpisa (Tehovnik Dobnikar in sod., 2011).



Slika 3: Vzorceње vode iz jezera (Vir: Environmental modeling and testing, 2023).

V sklopu bioloških elementov kakovosti pri nadzornem monitoringu se spremlja: fitoplankton, bentoški nevretenčarji, fitobentos, makrofiti in ribe. V programu operativnega monitoringa se spremljajo biološki elementi kakovosti, ki so najbolj občutljivi na izražene pritiske v okolju. Ko govorimo o jezerih in zadrževalnikih, ki so podvrženi evtrofikaciji, je to fitoplankton, ki najbolje odraža trofične razmere v vodnem telesu (Tehovnik Dobnikar in sod., 2011).

Med splošno fizikalno-kemijske elemente štejemo parametre, ki so navedeni v spodnji tabeli 1.

Tabela 1: Splošno fizikalno-kemijski parametri, ki jih uporabljamo za določanje ekološkega stanja jezer v Sloveniji (Vir: Tehovnik Dobnikar in sod., 2011).

Element kakovosti	Parameter	Enota
prosojnost	prosojnost	m
toplotne razmere	temperatura vode po globinski vertikali	°C
	globina termoklime*	m
kisikove razmere	nasičenost s kisikom	%
	koncentracija raztopljenega kisika	Mg/l
slanost	električna prevodnost (25 °c)	µS/cm
zakisanost	m-alkaliteta	m-ekv/l
	pH	/
stanje hranil	amonij	NH ₄ mg/l
	nitrat	NO ₃ mg/l
	celotni dušik	N _{cel} mg/l
	celotni organski ogljik (toc)	C mg/l
	celotni fosfor	PO ₄ mg/l
	ortofosfat	PO ₄ mg/l
	silicij	SiO ₂ mg/l

¹Opombe: termoklima – sprememba temperature po vodnem stolpcu sorazmerno z globino.

Posebna onesnaževala se delijo na sintetična onesnaževala, nesintetična onesnaževala in druga posebna onesnaževala. Za vsako jezero oziroma zadrževalnik so v program vključena le tista onesnaževala, ki zaradi disperznega onesnaževanja ali emisij lahko predstavljajo problem. Posebna onesnaževala se za vsako leto določijo glede na podatke v uradni evidenci ARSO o emisijah snovi v vodno okolje. Vzorčenje za posebna onesnaževala poteka tako, da se zajame integriran vzorec celotnega vodnega stolpca (Tehovnik Dobnikar in sod., 2011).

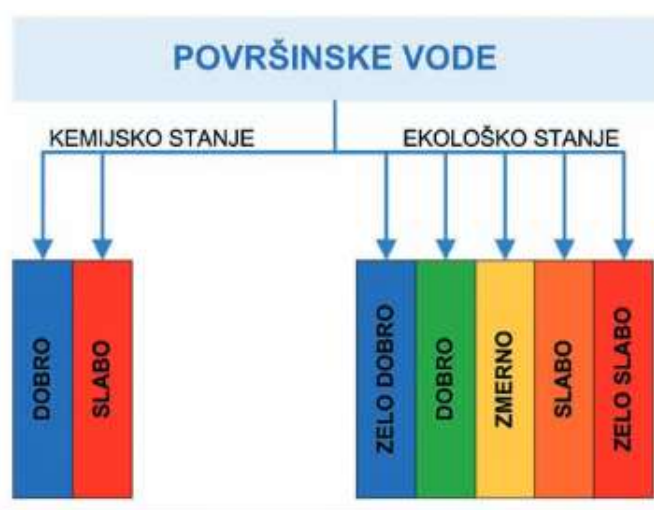
Za določanje ekološkega stanja jezer imamo tudi podporne hidrološke elemente, kot so: dinamika in količina vodnega toka, zadrževalni čas, ki je povezan s telesom podzemne vode, spreminjanje globine jezera, količina, struktura, substrat jezerskega dna in struktura jezerske obale. Ocenjujemo pa tudi hidromorfološko spremenjenost oziroma vpliv pozidave na stanje obale.

4.3 KEMIJSKO IN EKOLOŠKO STANJE POVRŠINSKIH VODA

Kemijsko in ekološko stanje površinskih voda se ugotavlja na podlagi rezultatov monitoringa kemijskega in ekološkega stanja vodnih teles. Površinsko vodno telo je v dobrem stanju, če ima zelo dobro ali dobro ekološko stanje in dobro kemijsko stanje. Za umetna in močno preoblikovana vodna telesa se navajanje ekološkega stanja šteje za navajanje ekološkega potenciala in zato je umetno ali močno preoblikovano vodno telo v dobrem ekološkem stanju takrat, ko ima dober ali največji ekološki potencial (Ur. l. RS, št. 14/09 in nadalj).

4.3.1 Kemijsko stanje površinskih voda

Kemijsko stanje površinskih voda (vodotokov, morij, jezer), se ocenjuje glede na pridobljene rezultate meritev kemijskih onesnaževal v vodi in organizmih. Vstop kemijskih onesnaževal v površinske vode poteka po različnih poteh in prihaja iz različnih virov, kot so industrija, promet, kmetijstvo, odstranjevanje odpadkov, rudarstvo in gospodinjstev. Nekatera onesnaževala so se stekala v površinske vode nekaj desetletij in kljub prenehanju vnosa onesnaževala ostanejo posledice še dolgo za tem. V primeru kemijskega onesnaževanja površinskih voda ogrožamo vodno okolje z vplivi, kot so kronična in akutna strupenost za vodne organizme, izguba habitatov kot tudi biotske raznovrstnosti in kopičenje nevarnih snovi v ekosistemih, zaradi prehranjevalnih navad ljudi pa ogroža tudi zdravje ljudi. Ob pridobitvi rezultatov analiz teh snovi v vodi in v organizmih ocenjujemo kemijsko stanje površinskih voda kot dobro ali slabo (Stanje površinskih voda, 2023). Merila, ki vrednotijo kemijsko stanje površinskih voda v Republiki Sloveniji, so določena v Uredbi o stanju površinskih voda (Ur. l. RS, št. 44/22 – ZVO-2).



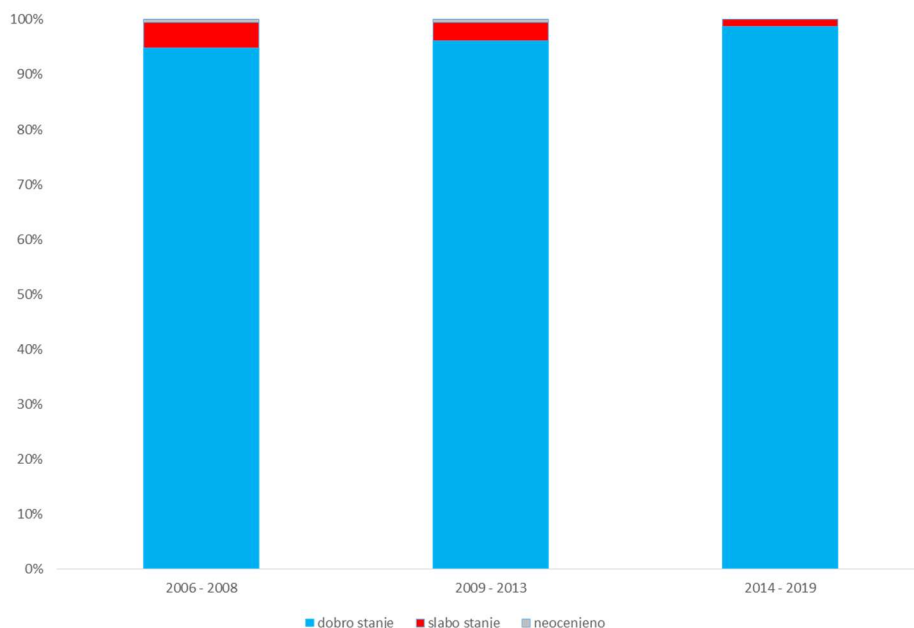
Slika 4: Ocena kemijskega in ekološkega stanja površinskih voda (Vir: Cvitanič in sod, 2010).

Kemijski parametri

Poznamo 45 snovi ali skupin snovi, ki so opredeljene kot prednostne snovi in osem drugih onesnaževal za ugotavljanje kemijskega stanja površinskih voda. Te snovi so zaradi njihovih lastnosti, razširjene uporabe in zaradi izmerjenih povišanih koncentracij v površinskih vodah izbrane kot relevantne za celotno Evropsko skupnost. Pod prednostne snovi štejemo kemikalije, fitofarmacevtska sredstva, biocide, kovine (kadmij, živo srebro), poliaromatske ogljikovodike in bromirane bifenile. Nekatere od 45 snovi so zaradi visoke obstojnosti in bioakumulacije ter strupenosti določene kot prednostno nevarne snovi, to so kadmij, endosulfat, živo srebro, nonilfenol in druge (Stanje površinskih voda, 2023).

Ocena kemijskega stanja površinskih voda

Okoljski standardi kakovosti služijo za razvrščanje vodnih teles oziroma površinskih voda v razrede kemijskega stanja in za ugotavljanje samega kemijskega stanja površinskih voda. Stanje površinskih voda ureja predpis, ki za merilo za doseganje dobrega kemijskega stanja voda izpostavi dve vrsti okoljskih standardov. Prvi standard je letna povprečna vrednost parametra kemijskega stanja v vodi, ta standard zagotavlja varnost pred kronično izpostavljenostjo. Drugi standard pa je največja dovoljena koncentracija parametra kemijskega stanja v vodi, ta pa preprečuje akutne posledice onesnaženja. Okoljski standardi kakovosti so za vodo in organizme določeni ločeno. Ugotavljanje kemijskega stanja vodnega telesa se ugotavlja na v naprej določenem merilnem mestu. Izvaja ga pooblaščen izvajalec, ki mora dosegati določene kriterije. V primeru, da ima vodno telo površinske vode dobro kemijsko stanje, to pomeni, da parametri kemijskega stanja površinskih voda niso preseženi (prav tam).



Grafikon 1: Delež površinskih vodnih teles, ki spadajo v posamezni razred kemijskega stanja za matriks voda v določenem časovnem obdobju (Vir: ARSO, 2023a).

Iz grafa 1 je razvidno, da se zmanjšuje delež neocenjenih in delež površinskih voda, ki imajo slabo kemijsko stanje, kar pomeni, da se kemijsko stanje površinskih voda na območju Slovenije izboljšuje.

4.3.2 Ekološko stanje površinskih voda

Iz ekološkega stanja površinskih voda izvemo, v kakšnem stanju so združbe živali in rastlin v vodnem ekosistemu jezer, rek in obalnega morja, ter kako dobro je ohranjen njihov življenjski prostor. Ekološko stanje vodnih teles ugotavljamo z dolgoročnim in sistematičnim spremljanjem vrstne sestave in številčnosti pritrjenih alg (fitobentos ali makroalge), planktonskih alg (fitoplankton), višjih vodnih rastlin (makrofiti), bentoških nevretenčarjev, ki živijo na dnu struge ali obalnih predelov jezer in morij (bentoški nevretenčarji) in rib. Te združbe zaradi namena vrednotenja ekološkega stanja voda imenujemo biološki elementi kakovosti. V širšem pomenu združujemo biološke elemente kakovosti, glede na odziv organizma na obremenitve in spremembe v ekosistemu.

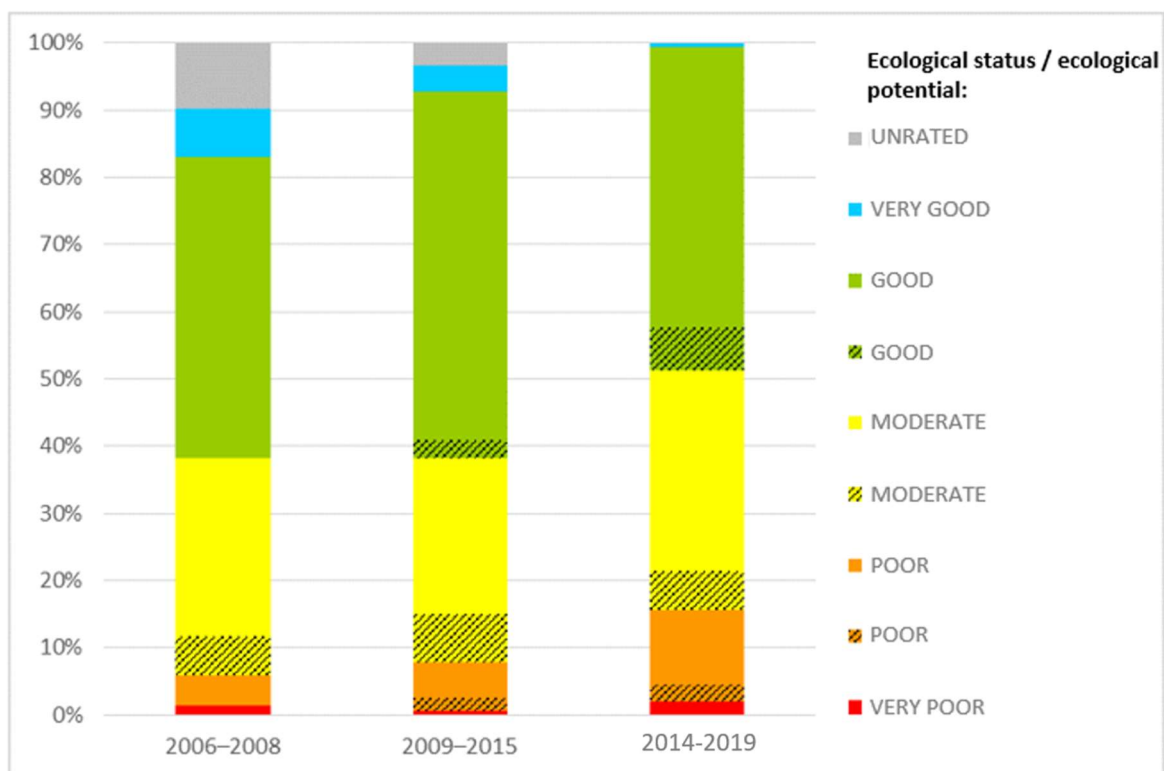
Biološke elemente kakovosti delimo na (Stanje površinskih voda, 2023) :

- hidromorfološke spremembe,
- hranilna in organska onesnaževala,
- splošna degradiranost.

Za vsak ekološki tip voda je značilno, da ima svojo vrstno sestavo živali in rastlin. Ekološko stanje vodnih teles površinskih vod razvrstimo v pet razredov kakovosti: zelo dobro, dobro, zmerno, slabo ali zelo slabo ekološko stanje (glej sliko 4). Ocenimo pa ga na podlagi najslabše ocenjenega elementa kakovosti, s katerim primerjamo in razvrstimo v enega izmed zgoraj naštetih petih razredov kakovosti. Če vodno telo opredelimo, da spada v kategorijo zelo dobro ekološko stanje, preverimo tudi hidromorfološke elemente kakovosti ekološkega stanja (prav tam). Za močno preoblikovana in umetna vodna telesa se ekološko stanje ocenjuje na podlagi splošnih fizikalno kemijskih parametrov in posebnih onesnaževal (Rekar Remec, 2008c).

Ocenjevanje z biološkimi elementi kakovosti

Za vrednotenje ekološkega stanja voda, se nanašamo na biološke elemente kakovosti, kateri se razlikujejo glede na posamezno vrsto voda (jezera, reke, obalno morje). Biološki elementi kakovosti, ki se spremljajo so fitoplankton, makrofiti, fitobentos, bentoški nevretenčarji in makroalge (prav tam).



¹Opombe: pomen barv: siva – neocenjeno, modra – zelo dobro, zelena/zelena z mrežo – dobro, rumena/rumena z mrežo – zmerno, oranžna/oranžna z mrežo – slabo, rdeča – zelo slabo.

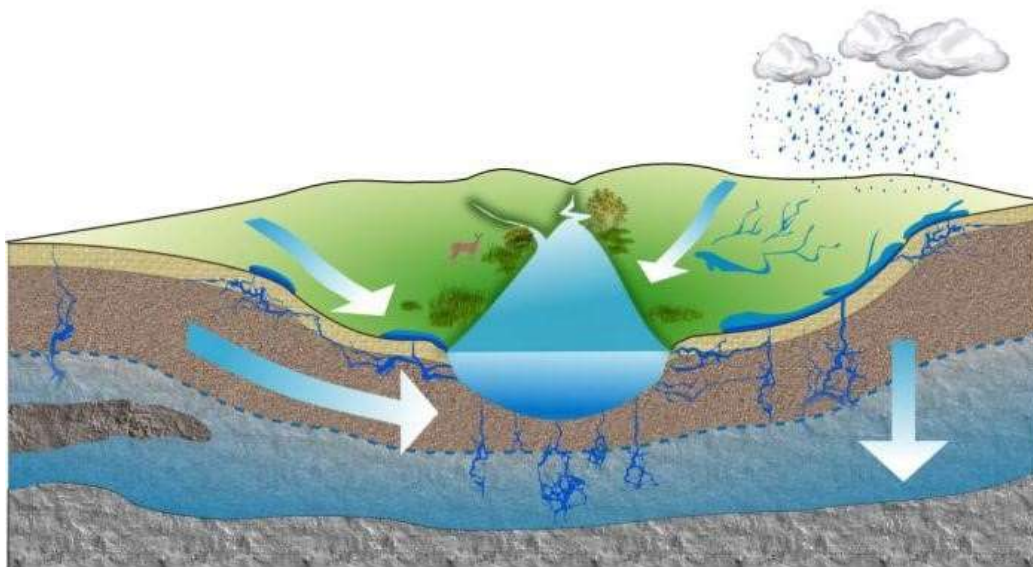
Grafikon 2: Graf na sliki prikazuje ekološko stanje vodnih teles površinskih voda od leta 2006 do 2019 (Vir: ARSO, 2023a).

Iz grafa 2, ki obravnava obdobje od 2006 do 2019, razberemo, da se je delež neocenjenih vodnih teles površinskih voda iz vidika ekološkega stanja voda zmanjšal za skoraj 10 %. V obdobju od 2009 do 2015 je bilo največ površinskih vodnih teles ocenjenih z zelo dobro in dobro oceno, prav tako je v tem obdobju v primerjavi z ostalimi bilo najmanj vodnih teles ocenjenih z zelo slabo oceno. V obdobju od leta 2014 do 2019 v primerjavi z ostalimi obdobji na grafu imamo največji delež površinskih vodnih teles ocenjenih z zmernim in slabim ekološkim stanjem ter največ vodnih teles ocenjenih z zelo slabim ekološkim stanjem.

5 VPLIV KMETIJSTVA NA KAKOVOST VODA

Intenzivnejše onesnaževanje voda se je pričelo s industrijsko revolucijo, ki je pospešila urbanizacijo in rast prebivalstva. Stopnjo onesnaženosti vodnih virov določene regije lahko tretiramo kot pokazatelja gospodarskega razvoja, industrijske sestave ter tehnološkega napredka na tem območju. Imamo tri glavne vire onesnaževanja voda, in sicer: industrija, gospodinjstva in kmetijstvo. Industrija onesnažuje vodo s strupenimi snovmi in težkimi kovinami, gradbeništvo in rudarstvo s kislinami in sedimenti, proizvodnja hrane pa s organskimi snovmi. Kmetijstvo velja za največjega porabnika vode, saj potroši dve tretjini vse porabljene vode, katero pa onesnažuje s pesticidi, ostanki mineralnih gnojil ter naravnega gnoja. Opazna pa je tudi višja stopnja organskega in anorganskega onesnaževanja (fosfor) zaradi odpadnih vod iz gospodinjstev (Medmrežje 10).

Voda, ki pade na kmetijske površine, je tesno povezana s procesi, ki potekajo v tleh. Spremembe lastnosti tal močno vplivajo tudi na kakovost in količino vode na določeni obdelovalni površini. Pogosto se srečamo s pojmom degradacija tal, kar pomeni, da izgubimo delno ali v celoti pozitivne talne lastnosti. Posledično se izgubi proizvodnja funkcija rastlin, ki preraščajo tla. V današnjih časih se, zaradi procesov degradacije, industrializacije in urbanizacije, vse več kmetov odloča za konvencionalen in intenziven način kmetijstva, kjer se uporabljajo najrazličnejša kemična sredstva. Vzroki za degradirana tla, ki vplivajo na kvaliteto vode, so poslabšanje fizikalnih in bioloških talnih lastnosti, prav tako pa kemičnih sprememb kot so povečanje vsebnosti nitratov in drugih dušikovih snovi v tleh, zasojevanje tal, pesticidi, klorirana organska topila in ostale toksične snovi. Zaradi deformacije bioloških in fizikalnih lastnosti prsti te snovi hitreje, lažje in manj spremenjeno prispejo do vode: v tekoče in stoječe vode, v podtalnice, v vodne sedimente in posledično onesnažujejo vse omenjene oblike voda. Slabšanje kakovosti vode ima velik negativen vpliv na vodne in ostale bližnje ekosisteme. Posledice se izražajo v obliki primarne ali sekundarne spremembe ekosistemov, ki lahko po določenem času povzročajo velike obremenitve okolja, kmetje takšne obremenitve pojmujejo kot nenamerne posledice nastale pri kmetovanju (Juvan in sod., 1994).



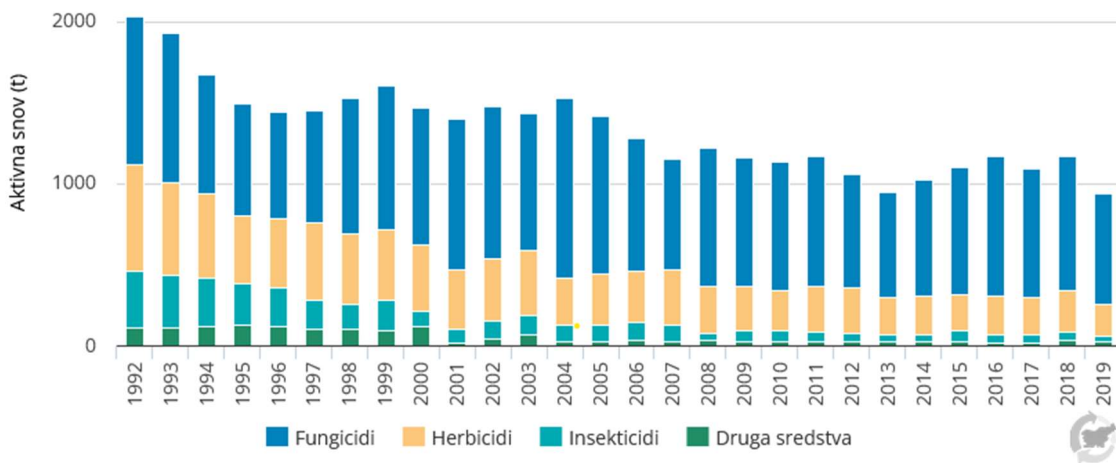
Slika 5: Prehajanje onesnaževal iz polja, travnika v površinske vode in podtalnico (Vir: Pečarič, 2023).

5.1 KEMIKALIJE, UPORABLJENE V KMETIJSTVU

Kemikalije, ki se uporabljajo v kmetijstvu, služijo za zatiranje škodljivcev, izboljšanje kakovosti pridelka, preprečevanja bolezni ipd. Najbolj razširjena je uporaba fitofarmaceutskih sredstev oziroma pesticidov, katerih namen je preprečevanje razvoja škodljivih organizmov na pridelku. Zelo pomembna pa so tudi naravna in mineralna gnojila, ki so zaradi svoje razširjenosti in pogoste uporabe na poljih, njivah in travnikih dober pokazatelj intenzivnosti kmetijske pridelave (Metelko, 2023, str. 2, 3).

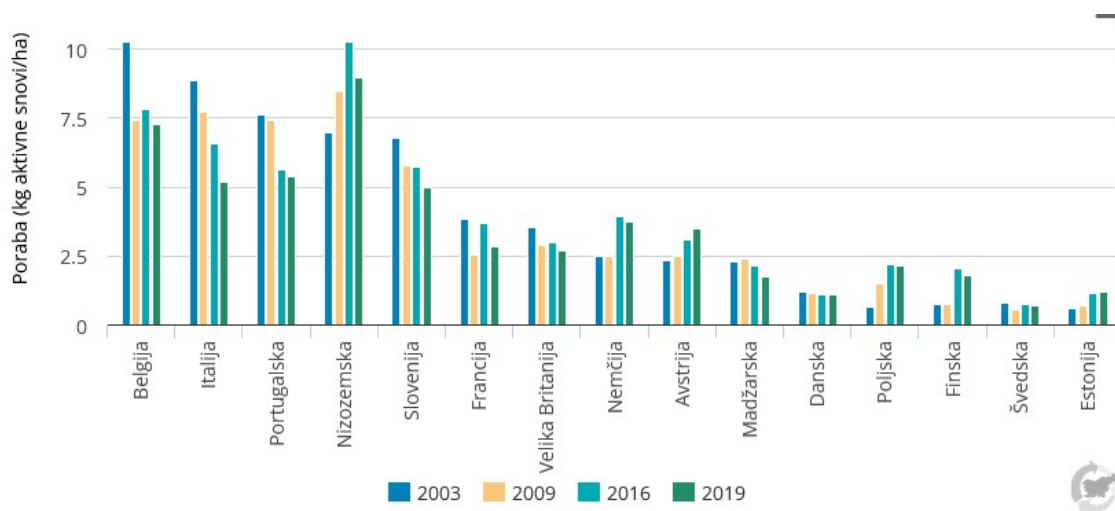
5.1.1 Pesticidi

Pesticidi preprečujejo razvoj škodljivih organizmov na pridelku oziroma na rastlinah in še vedno veljajo za enega ključnih elementov kmetijstva današnjega časa. Poznamo več skupin pesticidov ter kriterijev za delitev. Delimo jih glede na to, katere organizme odganjajo oziroma uničujejo (insekticidi, fungicidi, herbicidi) in glede na kemijsko sestavo (karbamati, organofosforni, organoklorini...). V vinogradništvu in sadjarstvu se večina uporablja fungicidi, v poljedelstvu prednjači uporaba herbicidov, katerih namen je zatiranje plevela in drugih neželenih rastlin. V letu 2017 je bilo uporabljenih v Sloveniji kar 77 ton herbicidov (Jecl, 2020, str. 17, 18).



Grafikon 3: Količine prodanih sredstev za varstvo rastlin v tonah aktivnih snovi od 1992 do 2019 (Vir: ARSO, 2023b).

Iz grafa 3 razberemo, da prodaja pesticidov upada, predvsem od leta 2004 pa vse do leta 2019. Najbolj upada uporaba insekticidov in herbicidov, najmanj sprememb pa imamo pri prodaji fungicidov.



Grafikon 4: Poraba fitofarmaceutskih sredstev na hektar obdelovalnih zemljišč v državah EU v letih 2003, 2009, 2016, 2019 (Vir: ARSO, 2023b).

Iz grafa 4 razberemo, da od leta 2003 do leta 2019 uporaba FFS v Sloveniji upada, v primerjavi z nekaterimi ostalimi članicami EU, ki so leta 2019 porabile več FFS kot leta 2003 (Poljska, Nizozemska, Avstrija, Estonija).

5.1.2 Gnojila

Pod pojmom gnojila oz. rastlinska hranila štejemo vse snovi, ki pognojene rastline zagotavljajo hrano. Naravna gnojila (hlevski gnoj in gnojevka) se uporabljajo že tisočletja, saj iztrebki živali vsebujejo snovi, ki jih rastline potrebujejo za rast in razvoj.

Primarna hranila so dušik (N), kalij (K), fosfor (F), ta hranila rastline nujno potrebujejo za preživetje. Na kmetijskih zemljiščih se največ uporablja dušik, ki velja za najpomembnejše primarno hranilo, fosfor in kalij pa se v gnojilih vežeta skupaj s kisikom (P_2O_5 in K_2O) (Jecl, 2020, str. 17, 18).

Večina polj in njiv se v konvencionalnem kmetijstvu vsako leto gnoji z dušikom, mnogokrat tudi nekajkrat na leto. Dušik se hitro izpira in posledično prehaja v podtalnico ter tekoče vode in jih tako onesnažuje. Kalij in fosfor lahko kmetje uporabijo le enkrat letno, saj z enkratnim vnosom zadovoljijo letno potrebo prsti po teh dveh elementih (Rojc Polanec in sod., 2014).

Med sekundarna hranila spadajo: kalcij (Ca), magnezij (Mg), žveplo (S), natrij (Na). Mikrohranila pa so: kobalt (Co), baker (Cu), bor (B), železo (Fe), cink (Zn), molibden (Mo), Mangan (Mn). Za rast in razvoj rastlin so potrebna tudi mikrohranila in sekundarna hranila, vendar v manjših količinah. Rastline zato lažje prenašajo njihovo pomankanje v primerjavi s primarnimi hranili.

Poznamo še dodatno delitev gnojil, in sicer (Rojc Polanec in sod., 2014):

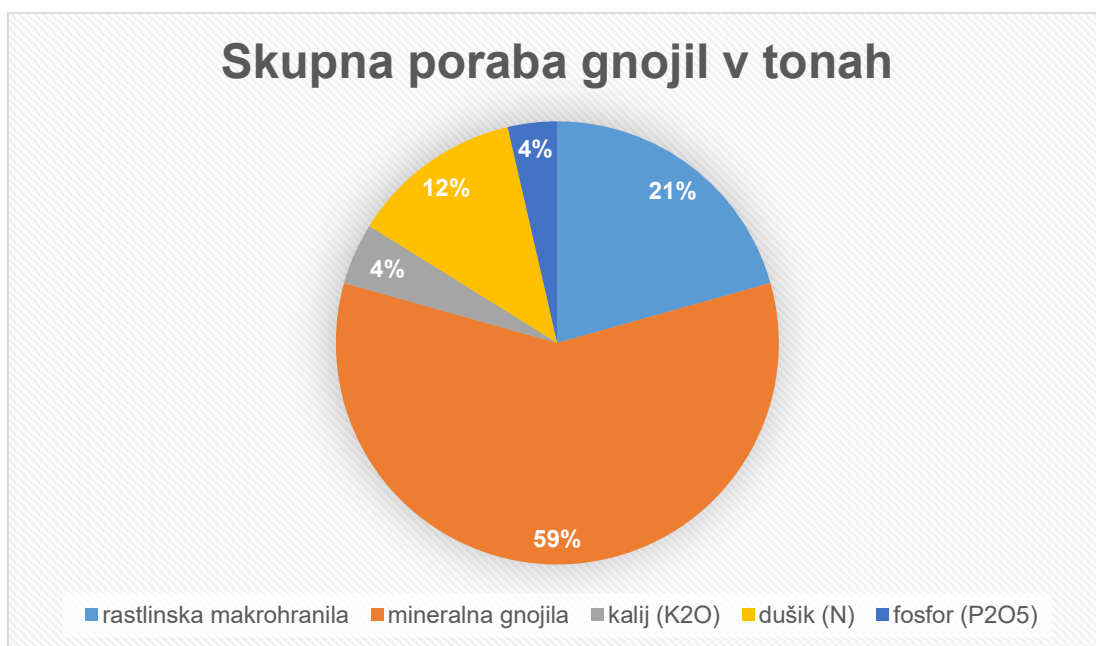
- Mineralna gnojila, ki so proizvedene v tovarnah, saj vsebujejo točno določene koncentracije določene hranilne snovi.
- Organska gnojila, ki so pridobljena po naravni poti, kot so hlevski gnoj, gnojnica, gnojevka, šota, kompost, fekalije, pepel, slama, podornine in ostali rastlinski odpadki ter živalski izločki. Organska gnojila, ki niso kontrolirana kot mineralna gnojila proizvedena v tovarnah, večkrat vsebujejo težke kovine.
- Organsko mineralna gnojila so pa gnojila, ki vsebujejo hranila pridobljena organsko in s kemičnimi postopki.

Tabela 2: Poraba mineralnih gnojil in rastlinskih hranil v kmetijstvu leta 2020 v Sloveniji (Vir: Statistični urad. Medmrežje: [Poraba mineralnih gnojil, Slovenija, 2020 \(stat.si\)](#)).

	Skupna poraba (t)	Poraba na hektar KZ v uporabi (kg/ha)
Rastlinska makrohranila	46 t	96 kg/ha
Mineralna gnojila	131 t	288 kg/ha
Kalij (K₂O)	10 t	21 kg/ha
Dušik (N)	28 t	58 kg/ha
Fosfor (P₂O₅)	8 t	17 kg/ha

¹Opombe: KZ – kmetijsko zemljišče

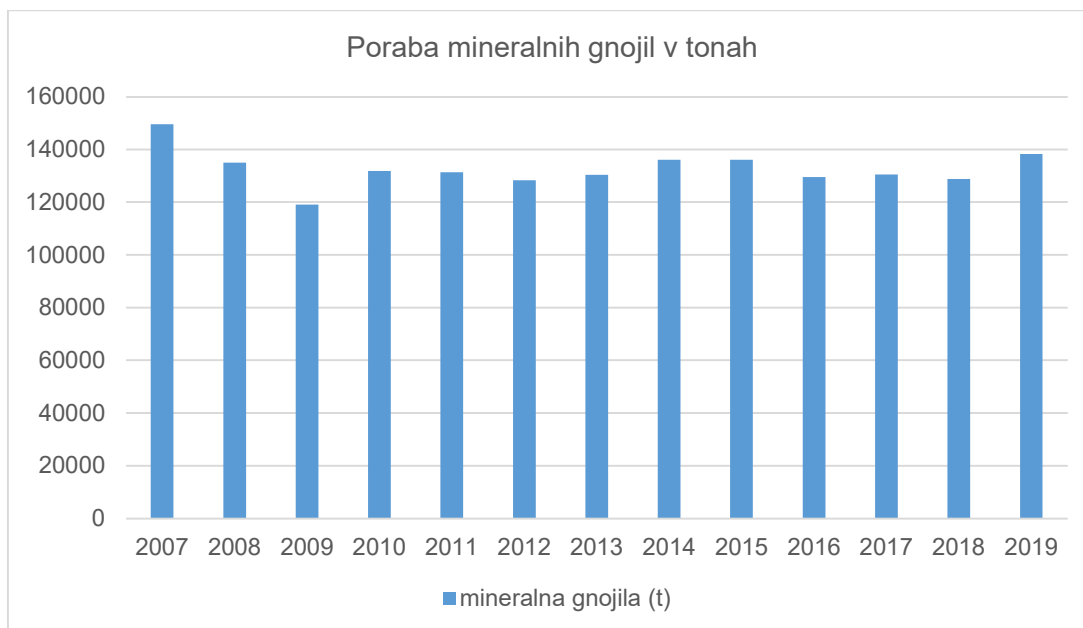
Za boljšo preglednost je na grafu 5 prikazana skupna količina porabe gnojil v Sloveniji leta 2020.



Grafikon 5: Skupna poraba rastlinskih hranil in mineralnih gnojil v kmetijstvu na območju Slovenije leta 2020 (Vir: Statistični urad. Medmrežje: [Poraba mineralnih gnojil, Slovenija, 2020 \(stat.si\)](#)).

V letu 2020 se je v kmetijski panogi uporabilo največ mineralnih gnojil 59 %, sledijo rastlinska hranila 21 %, dušik 12 %, ter kalij in fosfor, oba s 4 %.

Za mineralna gnojila, ki se jih v kmetijstvu porabi največ, sem prikazal količino porabljenih mineralnih gnojil v Sloveniji v obdobju od 2007 do 2019.



Grafikon 6: Poraba mineralnih gnojil v Sloveniji med letom 2007 in 2019 (Vir: Kazalci okolja. Medmrežje: <https://kazalci.arso.gov.si/sl/content/poraba-mineralnih-gnojil-4>).

Iz grafa 6 razberemo, da poraba mineralnih gnojil od leta 2007 do 2019 pada, vendar zelo počasi.

6 GAJŠEVSKO IN LEDAVSKO JEZERO

Jezeri se nahajata na severovzhodu Slovenije, kjer je precej razširjeno poljedelstvo. Umetna gnojila, pesticidi in ostali dodatki, ki se uporabljajo za bolj uspešno poljedelstvo, lahko onesnažujejo tla, površinske vode ter s pronicanjem skozi tla tudi podtalnico, ki je v Sloveniji glaven vir pitne vode (NLZOH, 2023). Ledavsko in Gajševsko jezero sta obkroženi s polji in v določenih delih leta tudi onesnaženi z določenimi onesnaževali (Dolinar in sod., 2020, str. 55).

6.1 GAJŠEVSKO JEZERO

Gajševsko jezero, ki se nahaja med krajema Gajševci in Grabami pri Ljutomeru v Občini Križevci na severovzhodu Slovenije, je umetno akumulacijsko jezero na reki Ščavnici. Jezero je nastalo leta 1973 z izgradnjo nasipa, katerega namen je bil zajeziti reko Ščavnico in s tem ustvariti rezervoar za izlivanje poplavnih voda. Jezero je po večini zamuljeno in plitvo s povprečno globino okoli 3 m. Znano je predvsem po ribolovu, saj velja za največji in najbogatejši ribolovni revir v okolici, upravlja pa ga Ribiška družina Ljutomer. Okolica oziroma brežine so očiščene zarasti, zato se na tem območju ni mogla razviti pestra rastlinska in živalska združba (medmrežje 5). Površina jezera znaša 0,77 km² in maksimalna globina 10 m (medmrežje 1).

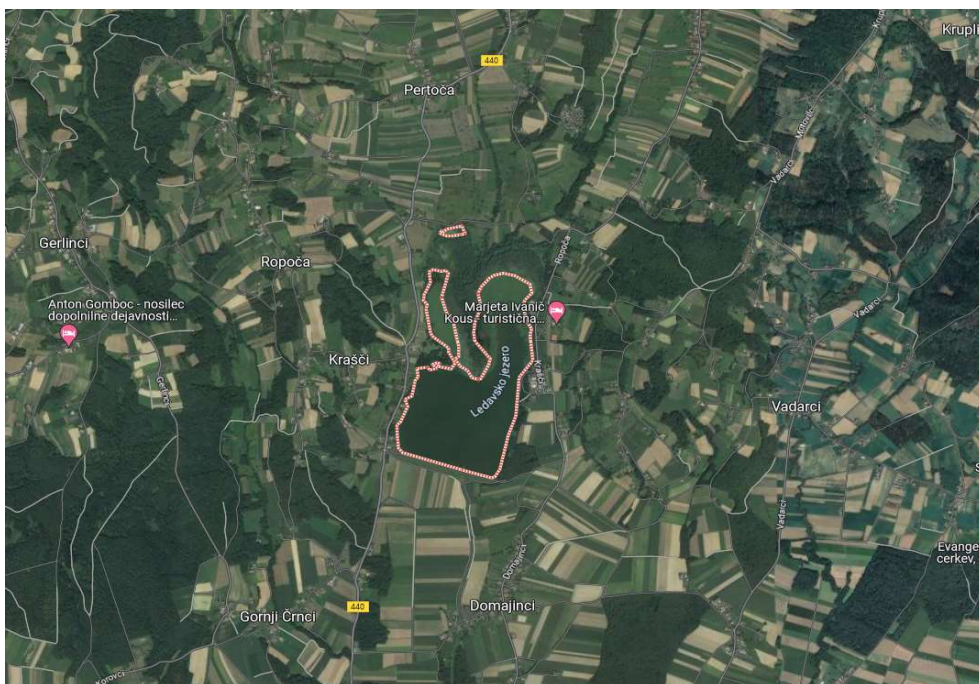


Slika 6: Gajševsko jezero, obkroženo s polji (Vir: Atlas okolja, 2023a).

Jezero se nahaja na območju holocenske peščeno-ilotatne podlage. Na tem območju so tla slabo zračna, čezmerno vlažna in hladna. Prevladuje kislila ilovatna prst, ki je močno vlažna. Ilovico uporabljajo v opekarnah za pridobivanje opeke, prav tako pa se na prodni naplavini izkopava gramoz (medmrežje 2).

6.2 LEDAVSKO JEZERO

Ledavsko jezero, poznano tudi pod imenom Kraško jezero, je umetno akumulacijsko jezero na reki Ledavi. Nahaja se ob naselju Krašci v jugovhodnem delu Goriškega. Ledavsko jezero je nastalo ob koncu 70-ih let. Služi kot vodni zadrževalnik, ki ublaži in zadržuje visoke vode Ledave ob močnejših neurjih in nalivih. Namen jezera je torej, da obvaruje nižje ležeče kraje pred poplavami. Severni del jezera, ki večino časa ni poplavljen, je močno zaraščen. Posledično so nastala mokrišča, obvodna in vodna življenjska okolja, v katerih živi veliko ogroženih in redkih rastlinskih ter živalskih vrst. Globina jezera sega do 6 m globoko, vendar se globina vode zmanjšuje zaradi nanosov Ledave, ki prinaša ogromno mulja iz okoliških polj. Površina jezera znaša 2,18 km² (medmrežje 3).



Slika 7: Ledavsko jezero, obkroženo s polji (Vir: Atlas okolja, 2023b).

7 ANALIZA STANJA GAJŠEVSKEGA IN LEDAVSKEGA JEZERA MED LETOM 2007 IN 2020

V Sloveniji se kemijsko stanje voda skozi leta izboljšuje. V letu 2021 je bilo 98,7 % površinskih vodnih teles v dobrem kemijskem stanju, kar je bolje kot v letu 2011, ko jih je bilo v dobrem kemijskem stanju 95 %. Le dve vodni telesi sta v slabem kemijskem stanju in to zaradi preseganja kovin (Kazalci okolja v Sloveniji, 2023).

Glede ekološkega stanja površinskih vodnih teles v Sloveniji pa je v dobro ali boljše ekološko stanje v letu 2021 spadalo 49 % površinskih vodnih teles, kar je slabše v primerjavi z letom 2011, ko je v to kategorijo spadalo 59 % površinskih vodnih teles. Poznamo dva glavna vzroka za zmerno ali slabše ekološko stanje površinskih voda in to sta hidromorfološka spremenjenost in splošna degradiranost, ki sta vrednoteni na podlagi stanja združb bentoških nevretenčarjev in rib (prav tam).

Raziskave, opravljene v letu 2013, so opozorile na problem obremenjevanja stoječih vodnih teles s sedimenti in hranili, ki predstavljajo problem tudi v Ledavskem in Gajševskem jezeru (Istenič in sod., 2014).

7.1 KEMIJSKO STANJE GAJŠEVSKEGA IN LEDAVSKEGA JEZERA MED LETI 2007 IN 2020

V spodnjih tabelah in grafih je analizirano kemijsko stanje Gajševskega in Ledavskega jezera v obdobju med letoma 2007 in 2020. Podrobneje sem analiziral štiri kemijske parametre in izračunal letno povprečje koncentracij v vodi. Parametri so naslednji:

- celotni organski ogljik – TOC (total organic carbon), z njim ugotavljamo koncentracijo organskih snovi v vodi. TOC torej predstavlja koncentracijo celotnega organskega ogljika, ki se nahaja v vodi in je vezan na raztopljene ali suspendirane snovi (medmrežje 8);
- raztopljen organski ogljik – DOC (dissolved organic carbon) predstavlja količino organsko vezanega ogljika v organskih spojinah v prefiltriranem vzorcu vode (medmrežje 7);
- amonij, ki se nahaja v površinskih vodnih telesih kot posledica komunalnega, industrijskega in kmetijskega onesnaževanja. Povprečne koncentracije v površinskih in podzemnih vodah so pod 0,2 mg/l (medmrežje 9);

- nitrati, ki se v naravi pojavijo kot posledica človekove dejavnosti, kot so uporaba naravnih in umetnih gnojil, v komunalnih odplakah, uporabljajo se tudi v industriji in v vodi so dobro topni (prav tam);
- fosfati, ki so hranilne snovi za rast rastlin, vendar v večjih koncentracijah onesnažujejo okolje. Fosfor se uporablja v kmetijstvu za gnojenje z NPK gnojili, slaba stran pa je, da se fosfor zelo hitro izpira iz vrhnje plasti prsti v podtalnico (Fosfat v vrtnih ribnikih, 2017).

Vzorčenja in meritve so se izvajale 4 krat na leto; v letih 2015, 2017 in 2019 pa se niso izvajale.

GAJŠEVSKO JEZERO

Tabela 3: Povprečne, minimalne in maksimalne letne vrednosti izbranih parametrov, merjenih v Gajševskem jezeru od leta 2007 do 2013 (Vir: <https://www.arso.gov.si/vode/podatki/> (3. 5. 2023)).

leto	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	MV***
(TOC)** mg C/l	6,7 (5,2; 8,5)*	5,9 (3,1; 7,7)	5,3 (4,1; 6,5)	5,5 (4,9; 6,5)	5,6 (3,6; 6,8)	8,1 (3,6; 14)	5,3 (3,6; 6,9)	/
amonij mg/l NH₄	0,11 (0,03; 0,18)	0,025 (0,01; 0,05)	0,21 (0,006; 0,23)	0,10 (0,006; 0,23)	0,044 (<0,01; 0,08)	0,051 (0,013; 0,1)	0,15 (0,026; 0,4)	0,50
nitrat mg/l NO₃	20,1 (1,8; 46,6)	3,82 (1,7; 6,6)	2,67 (0,9; 6,2)	3,1 (0,9; 6,2)	< 3,1 (<2,2; 4,9)	< 3,3 (<2,2; 5,4)	< 3,6 (<2,2; 7,5)	25
celotni fosfor nefilt. mg/l PO₄	0,682 (0,15; 1,04)	0,304 (0,12; 0,47)	0,373 (0,23; 0,61)	0,343 (0,18; 0,52)	0,304 (0,20; 0,19)	0,335 (0,19; 0,58)	0,398 (0,25; 0,61)	0,5
št. meritev	4	4	4	4	4	4	4	
ocena kem. stanja	/	/	dobro	dobro	dobro	dobro	dobro	

¹Opombe: *: v oklepaju sta zapisani minimalna in maksimalna vrednost; **: TOC – celotni organski ogljik; ***: MV: mejna vrednost (Uredba o stanju površinskih voda Ur. l. RS, št. 14/09, 98/10, 96/13, 24/16 in 44/22 – ZVO-2.)

Tabela 4: Povprečne, minimalne in maksimalne vrednosti kemijskih parametrov Gajševskega jezera od leta 2014 do 2020 (Vir: <https://www.arso.gov.si/vode/podatki/> (3. 5. 2023)).

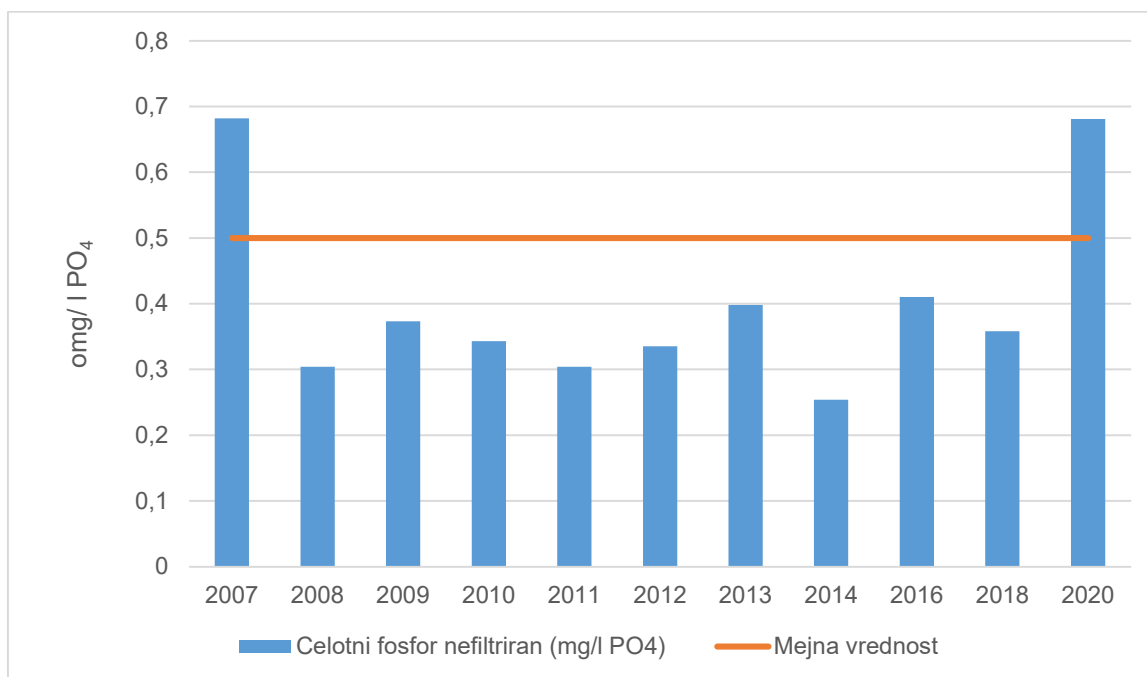
leto	2014	2016	2018	2020	MV***
(DOC)** mg C/l	6 (3,3; 10)*	6,1 (3,8; 7,6)	5,8 (2,4; 8,5)	6,8 (5,6; 8,1)	/
amonij mg/l NH₄	0,053 (0,014; 0,095)	0,186 (<0,01; 0,48)	0,06 (0,019; 0,129)	0,049 (0,019; 0,089)	0,50
nitrat mg/l NO₃	6,95 (<2,2; 15)	<3,55 (<2,2; 5,8)	0,71 (0,254; 0,418)	<0,921 (<0,025; 3,4)	25
celotni fosfor nefilt. mg/ l PO₄	0,254 (0,092; 0,357)	0,410 (0,055; 1,32)	0,358 (0,117; 2,43)	0,681 (0,375; 0,979)	0,5
št. meritev	4	4	4	4	
ocena kem. stanja	/	dobro	dobro	dobro	

¹Opombe: *: v oklepaju sta zapisani minimalna in maksimalna vrednost; **: DOC – raztopljen organski ogljik; ***: MV: mejna vrednost (Uredba o stanju površinskih voda Ur. l. RS, št. 14/09, 98/10, 96/13, 24/16 in 44/22 – ZVO-2.)

Kot vidimo iz tabele 5 in 6 so TOC (celotni organski ogljik) merili med leti 2007 in 2014, v obdobju od 2014 do 2020 pa se je spremljal DOC (raztopljen organski ogljik). Povprečna letna vrednost TOC v obdobju 7 let se bistveno ne spreminja. Najbolj izstopa leto 2012, ko je bila povprečna letna vrednost 8,1 mg C/l in se je zelo spreminjala (min.: 3,6 mg C/l in maks.: 14 mg C/l). Tudi povprečna vrednost DOC se med leti 2007 in 2020 ni spreminjala veliko.

Amonij v obdobju trinajstih let ni presegel mejne vrednosti, najvišja vrednost je bila izmerjena leta 2009, znašala je 0,21 mg/l NH₄, kar predstavlja slabo polovico mejne vrednosti 0,50 mg/l NH₄.

Najbolj so se spreminjale koncentracije nitratov. Najvišja letna povprečna vrednost je bila izračunana leta 2007, znašala je 20,1 mg/l NO₃. Maksimalna vrednost v tem letu je bila 46,6 mg/l NO₃, kar je skoraj 2-krat več kot je mejna vrednost (25 mg/l NO₃). Ostala leta se vrednosti gibljejo okrog 3 mg/l NO₃.



Grafikon 7: Celotni nefiltriran fosfor v Gajševskem jezeru med letom 2007 in 2020.

Med kemijskimi parametri, ki sem jih podrobneje analiziral, je povprečna letna vrednost celotnega nefiltriranega fosforja edina presegala mejno vrednost, in sicer dvakrat. Presegel jo je v letu 2007, ko je povprečna koncentracija znašala 0,682 mg/ l PO₄ (maksimalna vrednost: 1,04 mg/ l PO₄) in leta 2020, ko je letna povprečna vrednost bila 0,681 mg/ l PO₄ (maksimalna vrednost: 0,979 mg/ l PO₄).

V splošnem je bilo kemijsko stanje Gajševskega jezera v vseh letih, ko so se meritve izvajale, ocenjeno z oceno dobro, kar je najvišja možna ocena.

LEDAVSKO JEZERO

Vzorčenja in meritve so se izvajale 4-krat na leto, razen leta 2011 3-krat. V letih 2015, 2017 in 2019 se v Ledavskem jezeru niso izvajala vzorčenja.

Tabela 5: Povprečne, minimalne in maksimalne vrednosti kemijskih parametrov Ledavskega jezera od leta 2007 do 2014 (Vir: <https://www.arso.gov.si/vode/podatki/> (3. 5. 2023)).

leto	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	MV***
(TOC)** mg C/l	6,95 (4,4; 12)*	5,35 (5,1; 6,5)	4,27 (3,5; 5,3)	4,53 (3; 5,2)	4,46 (3,5; 5,2)	5,7 (4,7; 6,8)	4,52 (3,6; 5,7)	/
amonij mg/l NH₄	0,21 (0,07; 0,31)	0,11 (0,08; 0,13)	0,095 (0,03; 0,26)	0,026 (0,013; 0,04)	0,026 (0,01; 0,039)	0,055 (0,013; 0,16)	0,042 (<0,01; 0,12)	0,50
nitrat mg/l NO₃	12,47 (1,8; 27,3)	3,6 (1,7; 5,7)	4,07 (0,9; 8,8)	<3,3 (<0,9; 7,1)	<2,9 (<2,2; 4,4)	<2,7 (<2,2; 4,4)	<5,6 (<2,2; 11)	25
celotni fosfor nefilt. mg/l PO₄	0,414 (0,15; 0,71)	0,318 (0,24; 0,49)	0,421 (0,23; 0,706)	0,213 (0,125; 0,31)	0,195 (0,17; 0,251)	0,305 (0,19; 0,399)	0,377 (0,226; 0,46)	0,5
št. meritev	4	4	4	4	3	4	4	
ocena kem. stanja	/	/	dobro	dobro	dobro	dobro	dobro	

¹ Opombe: *: v oklepaju sta zapisani minimalna in maksimalna vrednost; **: TOC – celotni organski ogljik; ***: MV: mejna vrednost (Uredba o stanju površinskih voda Ur. l. RS, št. 14/09, 98/10, 96/13, 24/16 in 44/22 – ZVO-2.)

Tabela 6: Povprečne, minimalne in maksimalne vrednosti kemijskih parametrov Ledavskega jezera od leta 2014 do 2020 (Vir: <https://www.arso.gov.si/vode/podatki/> (3. 5. 2023)).

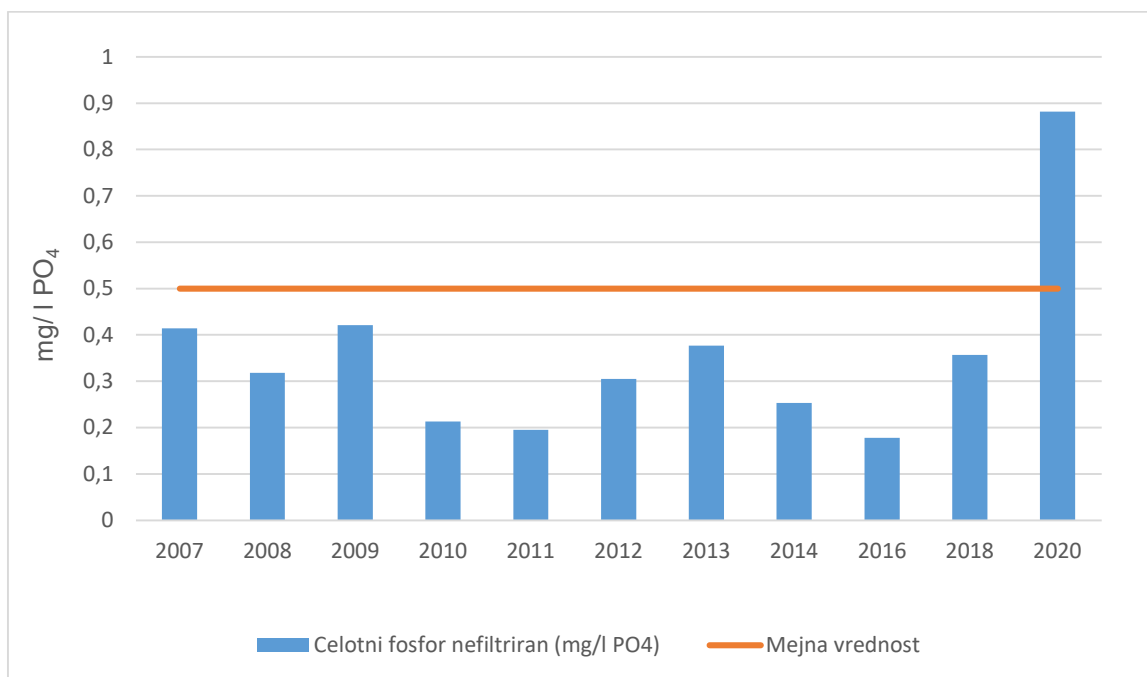
leto	2014	2016	2018	2020	MV***
(DOC)** mg C/l	5,5 (3,5; 8,1)*	5,2 (3,6; 6,2)	5,8 (4,3; 7,8)	7,0 (5,4; 10)	/
amonij mg/l NH₄	0,035 (0,012; 0,068)	0,035 (0,015; 0,059)	0,119 (0,018; 0,392)	0,174 (0,023; 0,461)	0,50
nitrat mg/l NO₃	<3,975 (<2,2; 7,1)	<4,075 (<2,2; 6,6)	<1,120 (<0,026; 2,44)	<2,467 (<0,025; 6,52)	25
celotni fosfor nefilt. mg/l PO₄	0,253 (0,187; 0,306)	0,178 (0,07; 0,275)	0,357 (0,242; 0,509)	0,882 (0,384; 1,58)	0,5
št. meritev	4	4	4	4	
ocena kem. stanja	/	dobro	dobro	dobro	

¹Opombe: *: v oklepaju sta zapisani minimalna in maksimalna vrednost; **: DOC – raztopljen organski ogljik; ***: MV: mejna vrednost (Uredba o stanju površinskih voda Ur. l. RS, št. 14/09, 98/10, 96/13, 24/16 in 44/22 – ZVO-2.)

Tudi v Ledavskem jezeru se je od leta 2007 do 2014 spremljal TOC. Najvišjo vrednost je dosegel v letu 2007, ko je maksimum znašal 12 mg C/l. Ostala leta se je vrednost gibala okrog 4,5 mg C/l. Od leta 2014 do 2020 se je spremljal DOC, ki je imel najvišjo povprečno vrednost v letu 2020, ko je znašal 7 mg C/l; ostala leta so bile povprečne vrednosti okrog 5,5 mg C/l.

Povprečne vrednosti amonija se bistveno ne spreminjajo, v obravnavnem obdobju niso bile nikdar presežene ali v bližini mejne vrednosti. Najvišja vrednost je bila izmerjena leta 2007, ko je znašala 0,21 mg/l NH₄, kar je več kot 2-krat manj kot je mejna vrednost (0,50 mg/l NH₄) in ni problematično. Leta 2018 in 2020 se minimalna in maksimalna vrednost opazno razlikujeta in sicer leta 2018 je minimalna vrednost znašala 0,018 mg/l NH₄, maksimalna pa 0,392 mg/l NH₄, kar predstavlja veliko nihanje vrednosti amonija na letni ravni.

Koncentracije nitratov po letih precej nihajo. Najvišja povprečna vrednost, ki je bila izmerjena leta 2007, je znašala 12,47 mg/l NO₃. Najnižja povprečna vrednost, ki je bila izmerjena leta 2018, je bila <1,12 mg/l NO₃ (mejna vrednost za nitrate v površinskih stoječih vodah je 25 mg/l NO₃).



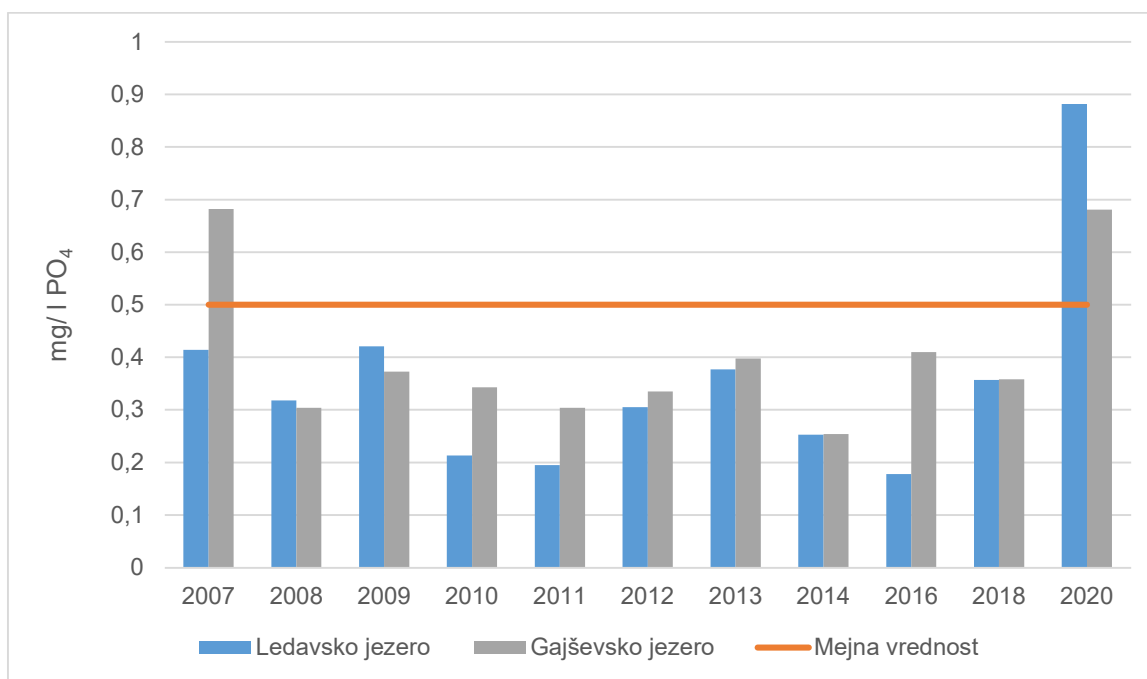
Grafikon 8: Spreminjanje koncentracije celotnega nefiltriranega fosforja v Ledavskem jezeru od leta 2007 do 2020.

Povprečne vrednosti celotnega nefiltriranega fosforja se v obravnavanem obdobju približujejo mejni vrednosti 0,5 mg/ l PO₄ in jo v letu 2020 tudi presežejo z vrednostjo 0,882 mg/ l PO₄. Menim, da je za porast vrednosti celotnega nefiltriranega fosforja v Ledavskem jezeru leta 2020 kriva suša, ki je bila v Sloveniji.

Kemijsko stanje Ledavskega jezera v obdobju od 2007 do 2020 leta je bilo ocenjeno z oceno dobro, kar je najvišja možna ocena.

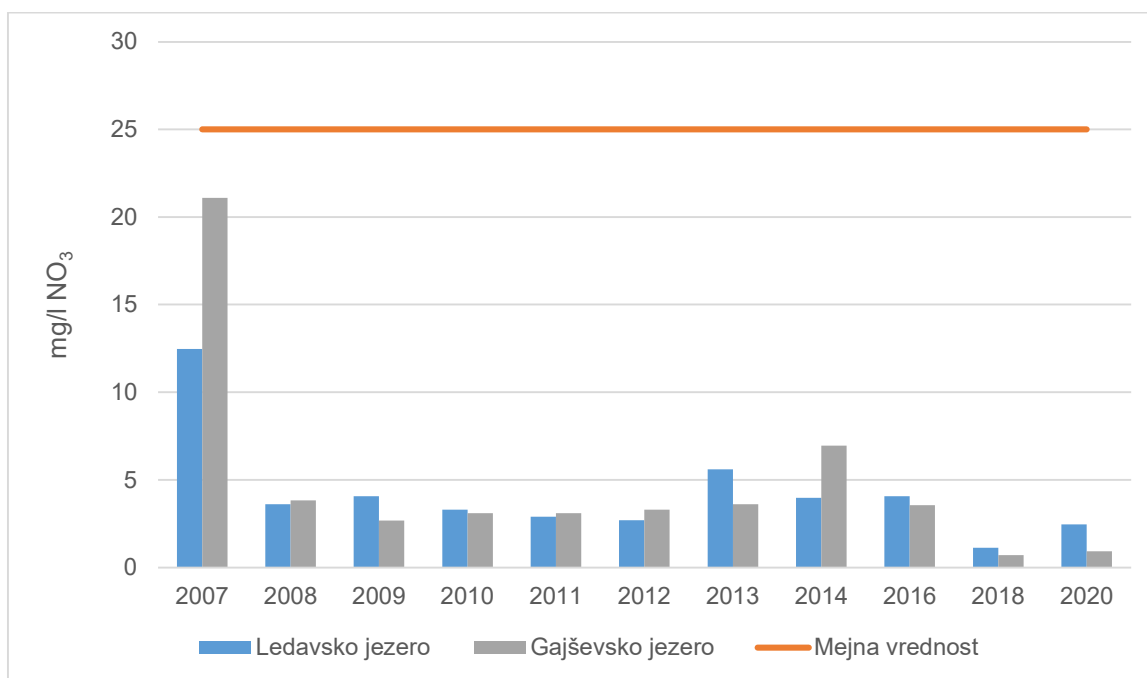
7.1.1 Primerjava kemijskih parametrov v Gajševskem in Ledavskem jezeru

V grafikonih 9, 10 in 11 sem primerjal povprečne koncentracije izbranih parametrov (celotni nefiltrirani fosfor, nitrati in amonij) za obe jezera v obravnavnem obdobju, ker so ti parametri pokazatelji vpliva kmetijske dejavnosti (hranila) na kakovost voda obeh jezer.



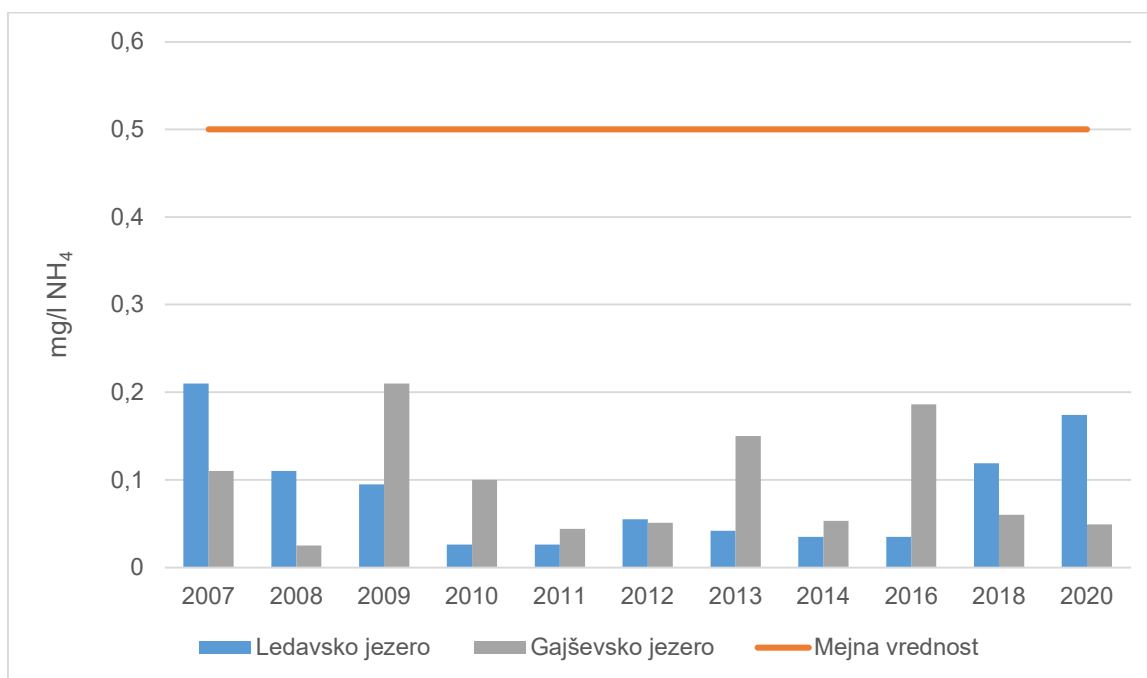
Grafikon 9: Primerjava vrednosti celotnega nefiltriranega fosforja med Gajševskim in Ledavskim jezerom v izbranem obdobju.

Ko primerjamo krivulji na grafu 9, vidimo, da sta primerljivi. Na obeh jezerih imamo relativno visoke koncentracije celotnega nefiltriranega fosforja v celotnem obdobju opazovanja. V Gajševskem jezeru je bila presežena mejna vrednost v letu 2007, v obeh jezerih pa v letu 2020. Povprečna koncentracija v Ledavskem jezeru je bila 0,882 mg/l PO₄, v Gajševskem pa 0,681 mg/l PO₄.



Grafikon 10: Primerjava vrednosti nitratov v Gajševskem in Ledavskem jezeru v izbranem obdobju.

Iz grafa 10 je razvidno, da je bila v obeh jezerih v letu 2007 izmerjena visoka vrednost nitratov, vendar koncentracije niso presegale mejne vrednosti. V letih od 2008 do 2014 so bile koncentracije nitratov obeh jezer primerljive, v letu 2014 imamo v Gajševskem jezeru majhen porast nitratov, vendar se z naslednjim letom spet znižajo in so primerljive z vrednostmi v Ledavskem jezeru. Vrednosti nitratov niso problematične, saj so bistveno nižje od mejnih vrednosti v obeh jezerih.



Grafikon 11: Primerjava koncentracij amonija v Gajševskem in Ledavskem jezeru.

Koncentracije amonija v obeh jezerih so nižje od mejnih vrednosti, vendar nekoliko bolj nihajo koncentracije v Gajševskem jezeru. Najvišja letna povprečna koncentracija amonija v Ledavskem jezeru je bila izmerjena leta 2007 (0,21 mg/l NH₄) in v Gajševskem jezeru leta 2009 (0,21 mg/l NH₄).

7.2 EKOLOŠKO STANJE LEDAVSKEGA IN GAJŠEVSKEGA JEZERA MED LETOMA 2007 IN 2020

Ekološko stanje jezera se ocenjuje le na daljše obdobje za potrebe načrta upravljanja voda. Oцени se na osnovi najslabše ocenjenega elementa, ki se podaja za daljše 3-6 letno obdobje. V posameznem letu je možna le ocena na osnovi parametrov analiziranih v tekočem letu (Rekar Remec, 2013b). Za jezera, ki ju obravnavamo, se ekološko stanje ni ocenjevalo na osnovi bioloških elementov kakovosti (Rekar Remec, 2012a). Ocenjeno je bilo na podlagi splošnih fizikalno kemijskih parametrov za jezera in posebnih onesnaževal (Rekar Remec, 2008c), saj se za zadrževalnike, ki so razvrščeni pod kategorijo močno preoblikovana telesa in se na njih ocenjuje ekološko stanje, uporabijo le ti parametri (Rekar Remec, 2013b).

Ekološko stanje vodnih teles površinskih vod razvrstimo med pet razredov kakovosti: zelo dobro, dobro, zmerno, slabo ali zelo slabo ekološko stanje. Ocenimo pa ga na podlagi najslabše ocenjenega elementa kakovosti, s katerim primerjamo in razvrstimo v enega izmed zgoraj naštetih petih razredov kakovosti (Stanje površinskih voda, 2023). Pri analizi ekološkega stanja izbranih jezer sem izpostavil dva parametra posebnih onesnaževal (terbutilazin, metolaklor), ki sta večkrat preseгла mejno vrednost in bila vzrok, da jezera ne dosegata dobrega ekološkega stanja.

Terbutilazin

Terbutilazin je herbicid, ki spada med triazinske herbicide, kamor poleg njega spadajo atrazin, metamitron, prometrin, simazin in metribuzin. To so sistematični talni herbicidi, ki delujejo v manjšem obsegu tudi preko listja. Na rastlino vplivajo tako, da zavirajo fotosintezo in delitev celic, v rastlino pa prehajajo v večini skozi korenine (Šibanc, 2009). Na razgradnjo v prsti vpliva temperatura, vlažnost, pH, aeracija in mikrobiološka aktivnost. Razgradnja v vodi pa je odvisna od količine prisotnega sedimenta in biološke aktivnosti. V površinskih vodah je razpolovna doba od 3 mesecev do več kot 1 leto (medmrežje 9).

Metolaklor

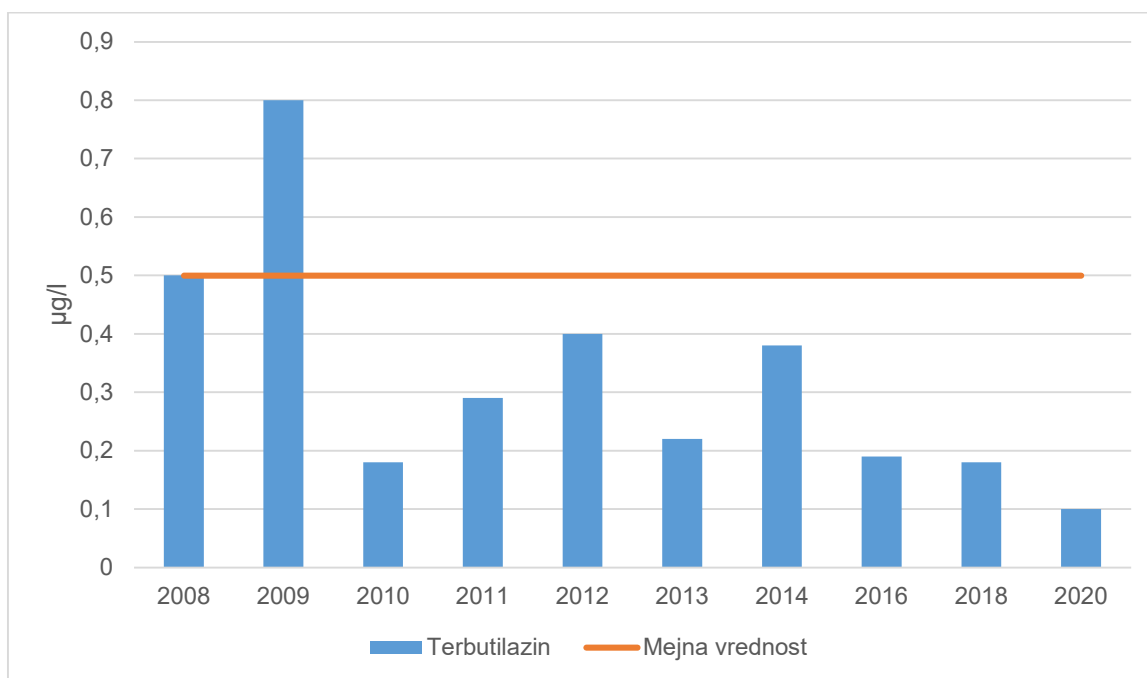
Metolaklor je herbicid, katerega namen je zatiranje plevelov v kmetijstvu in ob cestah. Razgradnja metolaklora v okolju je odvisna od pogojev (aktivnost mikroorganizmov, temperature, tipa zemlje, sončnega sevanja, prisotnost sedimentov v vodi itd.). V vodi se razgrajuje počasneje kot v zemlji. V vodi pri 20 °C je razpolovni čas od 97 do 200 dni. Pogosteje se nahaja v površinski vodi kot v podtalnici (medmrežje 9).

GAJŠEVSKO JEZERO

Tabela 7: Ekološko stanje Gajševskega jezera v obdobju od 2007 do 2020 (Vir: [Stanje voda \(gov.si\)](#) (22. 5. 2023)).

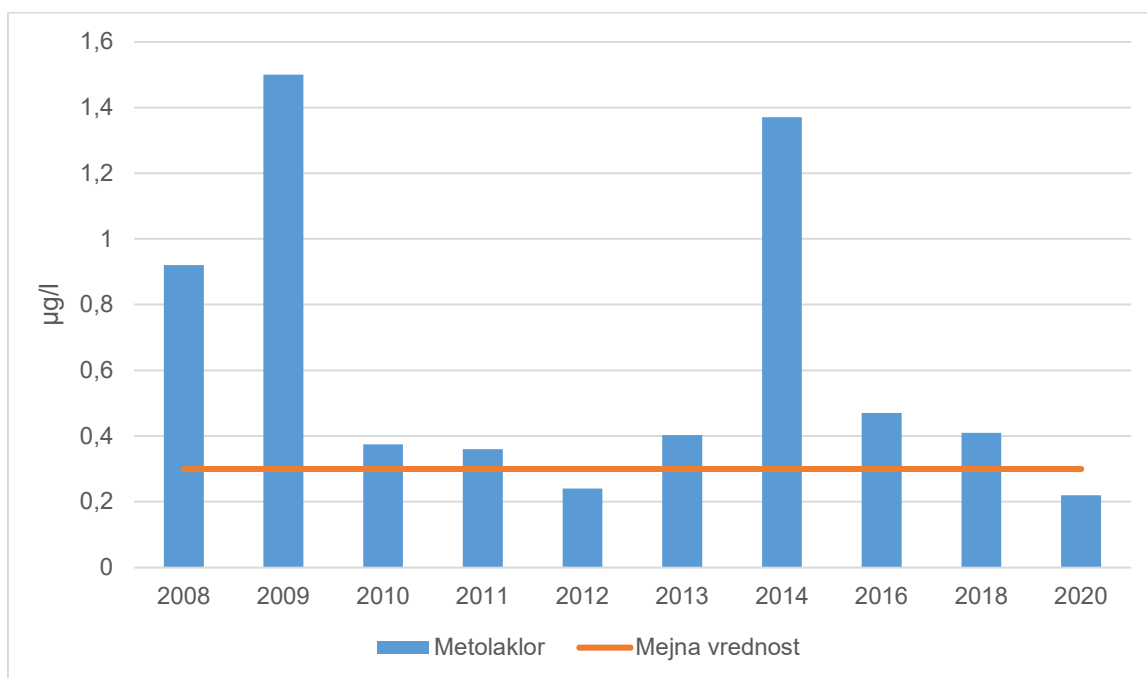
Leto	Ekološko stanje	Posebna onesnaževala in mejne vrednosti	
		Terbutilazin 0,5 µg/l	Metolaklor 0,3 µg/l
2007	Ni podatka	/	/
2008	Ne dosega dobrega stanja	0,5	0,92
2009	Ne dosega dobrega stanja	0,8	1,5
2010	Ne dosega dobrega stanja	0,18	0,375
2011	Ne dosega dobrega stanja	0,29	0,36
2012	/	0,4	0,24
2013	Ne dosega dobrega stanja	0,22	0,403
2014	Zmerno ali slabše	0,38	1,37
2016	Zmerno	0,19	0,47
2018	Zmerno	0,18	0,41
2019	/	/	/
2020	Zmerno	0,10	0,22

V tabeli 9 manjkajo določeni podatki zato, ker se vsako leto ne izvajajo vse meritve in vzorčenja ter se ne ocenjuje ekološkega stanja. V letih, ko so meritve potekale so bile izvedene 4-krat letno.



Grafikon 12: Koncentracije terbutilazina v Gajševskem jezeru v izbranem obdobju.

Graf 12 prikazuje nihanje terbutilazina v Gajševskem jezeru. Terbutilazin je v obravnavnem obdobju 2-krat prekoračil mejno vrednost, in sicer leta 2008, ko je bila vsebnost enaka mejni vrednosti 0,5 µg/l in leta 2009, ko jo je presegel z 0,8 µg/l. Po letu 2009 imamo velik padec izmerjenih koncentracij terbutilazina, ki sicer v letih 2012 in 2014 še nekoliko naraste, vendar nikdar ne prekorači mejne vrednosti. Iz grafa je razvidno, da se kakovost vode z vidika terbutilazina izboljšuje, saj koncentracija le tega vidno pada.



Grafikon 13: Koncentracije metolaklora v Gajševskem jezeru v izbranem obdobju.

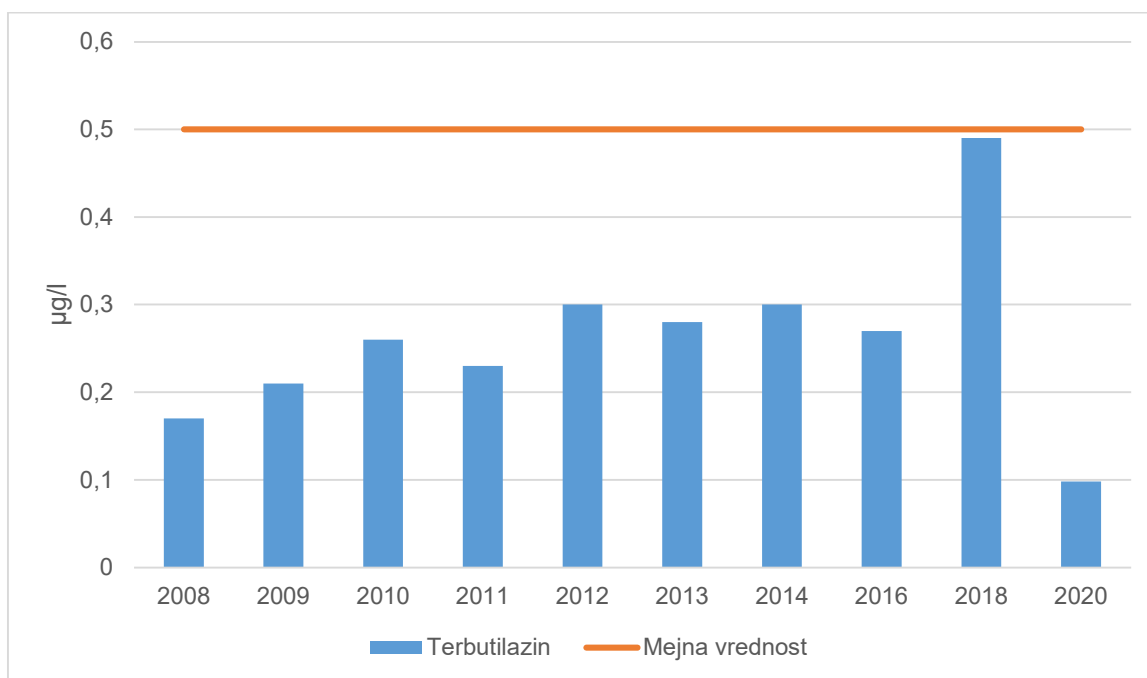
Metolaklor predstavlja velik problem v Gajševskem jezeru, saj so vrednosti skoraj vsako leto prekoračene. Leta 2009 in 2014 je bila povprečna izmerjena vrednost za več kot 4-krat večja od mejne vrednosti (2009: 1,5 µg/l; 2014; 1,37 µg/l). Od leta 2016 do 2020 opazimo padanje koncentracij, v letu 2020 pa je vrednost manjša od mejne, ki znaša 0,3 µg/l.

LEDAVSKO JEZERO

Tabela 8: Ekološko stanje Ledavskega jezera v obdobju od 2007 do 2020 (Vir: [Stanje voda \(gov.si\)](#) (22. 5. 2023)).

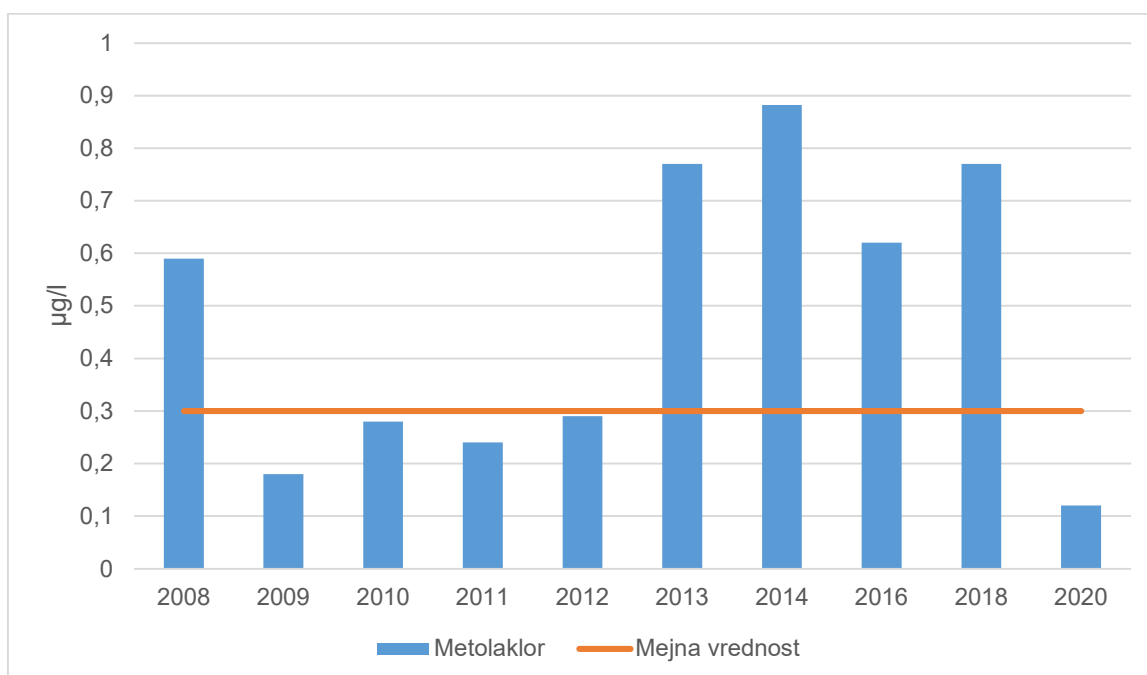
Leto	Ekološko stanje	Posebna onesnaževala in mejne vrednosti	
		Terbutilazin 0,5 µg/l	Metolaklor 0,3 µg/l
2007	Ni podatka	/	/
2008	Ne dosega dobrega stanja	0,17	0,59
2009	Dobro	0,21	0,18
2010	Ne dosega dobrega stanja	0,26	0,28
2011	Ne dosega dobrega stanja	0,23	0,24
2012	/	0,3	0,29
2013	Ne dosega dobrega stanja	0,28	0,770
2014	Zmerno ali slabše	0,3	0,882
2016	Zmerno	0,27	0,62
2018	Zmerno	0,49	0,77
2019	/	/	/
2020	Zmerno	0,098	0,12

V tabeli 10 manjkajo določeni podatki zato, ker se vsako leto ne izvajajo vse meritve in vzorčenja ter se ne ocenjuje ekološkega stanja. V letih, ko so meritve potekale so bile izvedene 4-krat letno.



Grafikon 14: Koncentracije terbutilazina v Ledavskem jezeru v izbranem obdobju.

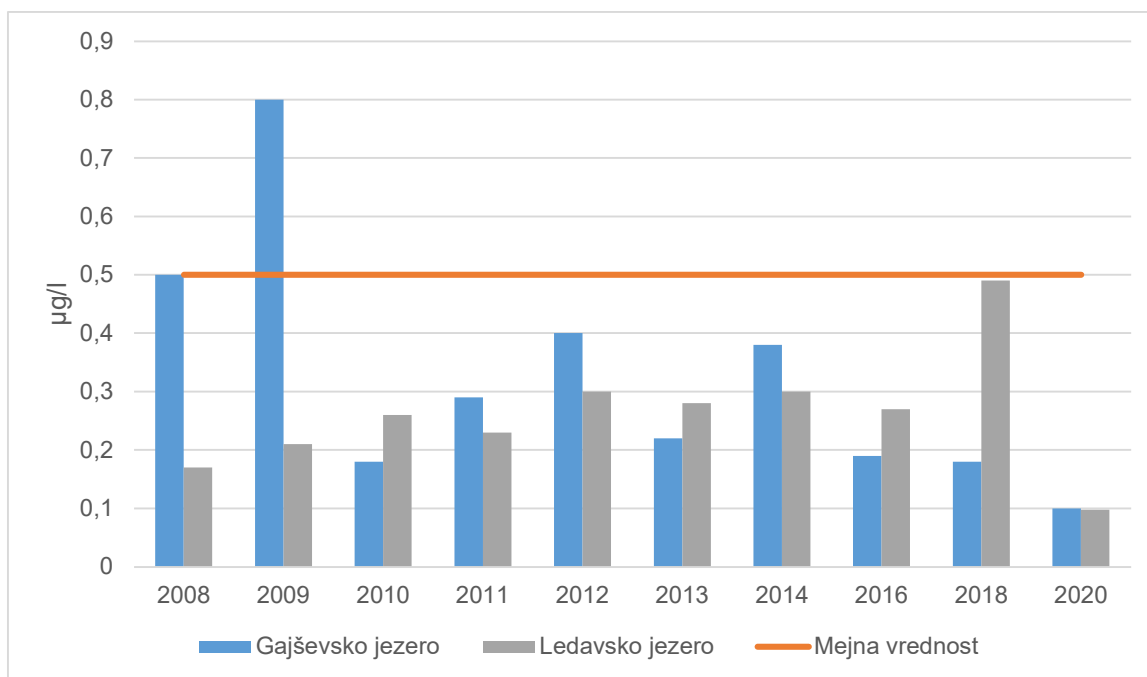
V Ledavskem jezeru terbutilazin ni problematičen, opazimo pa naraščanje koncentracij do leta 2018, ko je bila dosežena najvišja vrednost 0,5 µg/l, ki je tudi mejna vrednost. Po letu 2018 imamo velik upad koncentracij, v letu 2020 je bila vsebnost le 0,098 µg/l.



Grafikon 15: Koncentracije metolaklora v Ledavskem jezeru v izbranem obdobju.

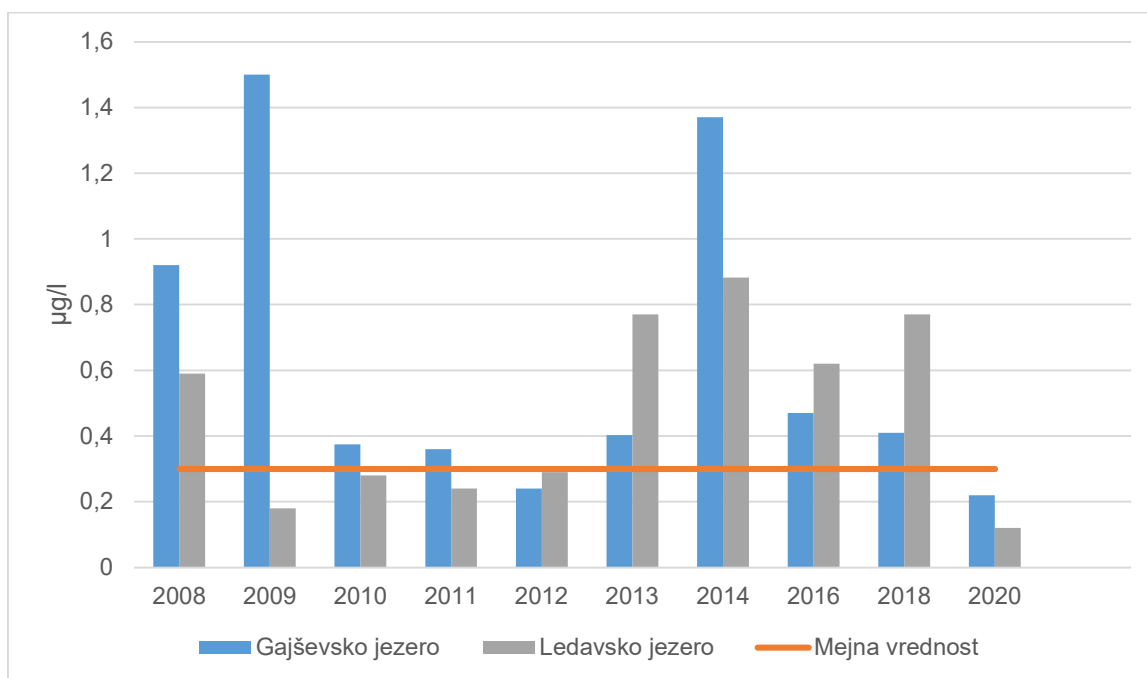
Tudi v Ledavskem jezeru predstavlja glavni problem metolaklor, ki je prekorščil mejno vrednost v sedmih letih. Najvišjo vrednost je dosegel leta 2014 z 0,882 $\mu\text{g/l}$, najnižjo vrednost pa leta 2020 z 0,12 $\mu\text{g/l}$. Največ ga je bilo prisotnega v obdobju od 2012 do velikega padca leta 2020. Najnižja je bila koncentracija metolaklorja v obdobju od 2009 do 2012, ko je bila pod mejno vrednostjo 0,3 $\mu\text{g/l}$.

7.2.1 Primerjava ekološkega stanja Gajševskega in Ledavskega jezera v obdobju 2007 in 2020



Grafikon 16: Primerjava vrednosti terbutilazina v Gajševskem in Ledavskem jezeru v izbranem obdobju.

Ko primerjamo koncentracije terbutilazina v obeh jezerih, opazimo podobnosti v obdobju od leta 2010 do 2016 ter leta 2020, ko sta obe jezera imeli vsebnost okrog 0,1 $\mu\text{g/l}$. Vrednosti terbutilazina v Gajševskem jezeru so v začetku našega analiziranega obdobja presegale mejno vrednost v primerjavi z Ledavskim, ko so vrednosti bile najnižje. Od leta 2010 so vrednosti v obeh jezerih pod mejnimi vrednostmi. Leta 2018 so vrednosti v Ledavskem jezeru narastle v primerjavi z Gajševskim, ki so bile najnižje.



Grafikon 17: Primerjava vrednosti metolaklora v Gajševskem in Ledavskem jezeru v izbranem obdobju.

Metolachlor je glavni razlog, da tako Ledavsko kot Gajševsko jezero ne dosega dobrega ekološkega stanja. Kot vidimo iz grafikona 17, je v obeh jezerih v večini let presežena povprečna koncentracija metolaklora. V letih 2010 in 2012 so bile koncentracije metolaklora približno enake. Sledi naraščanje koncentracij v obdobju od leta 2013 do 2018, ko sta obe jezera dosegali visoke vrednosti metolaklora. V letu 2020 pa povprečna koncentracija v obeh jezerih pade pod mejno vrednost.

Končne ocene ekološkega stanja obeh jezer so zelo podobne. Obe jezera sta dosegali enake ocene, in sicer: zmerno, kar pomeni, da jezera ne dosegata dobrega ekološkega stanja. Takšne ocene sta prejeli zaradi povišanih vrednosti posebnih onesnaževal, kot sta terbutilazin in metolachlor. Izjema je bilo Ledavsko jezero v letu 2009, ko je doseglo dobro stanje.

8 SKLEP

V diplomskem delu sem preverjal tri hipoteze.

Hipoteza 1: Stanje voda v Gajševskem in Ledavskem jezeru se v obravnavanem obdobju izboljšuje zaradi strožje zakonodaje glede uporabe gnojil in pesticidov. Glede na analizo kemijskih in bioloških parametrov v Ledavskem in Gajševskem jezeru se s to trditvijo deloma strinjam. Glede na koncentracije izbranih parametrov sicer ni videti bistvenih sprememb v obdobju med 2007 in 2018, vendar koncentracije nekaterih parametrov (nitrati, terbutilazin, metolaklor) v zadnjih dveh letih (2018, 2020) upadajo in menim, da bodo v prihodnje še padale. To hipotezo lahko deloma potrdim.

Hipoteza 2: Poljedelstvo v bližini jezer bistveno vpliva na kakovost voda. V obeh jezerih so bile izmerjene visoke koncentracije herbicida terbutilazina in metolaklora ter povišane koncentracije fosforja, kar potrjuje, da kmetijstvo vpliva na kakovost voda. V prispevnem območju namreč ni večjih industrijskih obratov, poselitev je redka, kmetijstvo pa predstavlja glavno gospodarsko panogo. Hipotezo lahko potrdim.

Hipoteza 3: Ledavsko jezero ima boljše ekološko stanje kot Gajševsko jezero. Glede na koncentracije posebnih onesnaževal, ki sem jih izpostavil v diplomski nalogi, je ekološko stanje Ledavskega jezera boljše kot stanje Gajševskega jezera, vendar sta obe jezera bile ocenjeni z enakimi ocenami ekološkega stanja, zmerno in ne dosežata dobrega stanja. Hipotezo lahko delno potrdim.

9 POVZETEK

Cilj diplomske naloge je bil analizirati kemijsko in ekološko stanje Ledavskega in Gajševskega jezera na podlagi javno dostopnih podatkov na spletnem portalu Agencije Republike Slovenije za okolje in podatkov, ki so mi jih posredovali na NLZOH, za izbrano obdobje od leta 2007 do leta 2020.

V sklopu analize kemijskega stanja izbranih jezer sem izpostavil naslednje parametre: TOC (celotni organski ogljik) in DOC (raztopljeni organski ogljik), amonij, nitrate in celotni nefiltriran fosfor ter opisal oceno kemijskega stanja za posamezno leto. Te parametre sem izbral, ker odražajo obremenjenost voda. Nekateri pa so problematični zaradi preseganja mejnih vrednosti. Ko sem primerjal koncentracije fosforja in nitratov v obeh jezerih, sem ugotovil, da se precej ujemajo. V obeh jezerih sem opazil naraščanje nitratov v letih 2007 in 2008. V naslednjih letih pa so bile koncentracije nizke. V analiziranem obdobju (2007–2020) mejna vrednost za nitrate v površinskih vodah ni bila presežena. Tudi koncentracije amonija niso presegale mejne vrednosti v nobenem jezeru, v Gajševskem jezeru pa so se koncentracije amonija med leti spreminjale, za razliko od Ledavskega jezera, v katerem so bile povprečne letne vrednosti amonija bolj konstantne. Izpostavim lahko povprečne koncentracije nefiltriranega fosforja, ki so se v obeh jezerih v posameznih letih približevale mejni vrednosti. V letih 2007 (Gajševsko jezero) in 2020 (obe jezera) pa je bila presežena tudi mejna vrednost. Kemijsko stanje Ledavskega in Gajševskega jezera, v analiziranem obdobju, je bilo vedno ocenjeno z najvišjo možno oceno, dobro kemijsko stanje.

Obe jezera imata precej slabše ekološko stanje. Velik problem predstavljajo posebna onesnaževala. V sklopu analize ekološkega stanja jezer sem izpostavil posebna onesnaževala, in sicer herbicida terbutilazin in metolaklor ter predstavil končno oceno ekološkega stanja za jezera. Ob primerjavi koncentracij nisem zaznal časovne usklajenosti med jezeroma. Vsebnost terbutilazina se je v Gajševskem jezeru med leti precej razlikovala, leta 2008 in 2009 je tudi presegala mejno vrednost. Po letu 2009 so se koncentracije terbutilazina zmanjšale. Za razliko od Ledavskega jezera, kjer je vsebnost terbutilazina v obdobju od 2008 do 2017 nizka in je šele leta 2018 dosegla mejno vrednost. V obeh jezerih pa zaznavam velik padec koncentracij terbutilazina v letu 2020. Večji problem v obeh jezerih predstavlja metolaklor, katerega koncentracije večino let presegajo mejno vrednost. Tudi tokrat niso bile letne koncentracije metolaklora v obeh jezerih primerljive. V obdobju od 2008 do 2010 so bile koncentracije metolaklora v Gajševskem jezeru najvišje. Istočasno pa so bile v Ledavskem jezeru skoraj najnižje. V Gajševskem jezeru je bila koncentracija metolaklora pod mejno vrednostjo samo leta 2012 in 2020. V Ledavskem jezeru pa so koncentracije

metolaklora bile pod mejno vrednostjo v obdobju od 2009 do 2012. V obeh jezerih pa so leta 2020 izmerjene koncentracije tega parametra nižje od mejne vrednosti. Splošni oceni ekološkega stanja obeh jezer sta enaki, obe jezera večino časa dosejata oceno zmerno in ne dosejata dobrega stanja.

Določene podobnosti kemijskega in ekološkega stanja med jezeroma lahko pripišemo legi, saj obe ležita v istem prispevnem območju (Murska kotlina), kjer kmetijska dejavnost prispeva k obremenjevanju obeh jezer, hkrati pa so tudi drugi vplivi zelo podobni. Obe jezera sta zadrževalnika rek, obe se srečujeta s problemom zamuljevanja in ležita na tleh z enako geološko zgradbo.

Zaključim lahko, da v Gajševskem in Ledavskem jezeru v obravnavnem obdobju (2007–2020), nisem zaznal večjih problemov s kemijskim stanjem, saj dosejata dobro kemijsko stanje. Izjema je le obremenjenost s fosforjem. Problematično pa je ekološko stanje obeh jezer, kjer koncentracije posebnih onesnaževal, natančneje herbicidov metolaklor in terbutilazin, prekoračujejo mejne vrednosti, kar kaže na onesnaženost obeh jezer. Menim pa, da lahko v naslednjih letih pričakujemo tudi izboljšanje ekološkega stanja obeh jezer, saj od leta 2018 naprej padajo tudi vrednosti posebnih onesnaževal.

10 SUMMARY

The aim of the thesis was to analyse the chemical and ecological status of the Ledavsko and Gajševsko lakes based on publicly available data on the web portal of the Slovenian Environment Agency and data provided by the National Environment Protection Agency for the selected period from 2007 to 2020.

As part of the chemical status analysis of selected lakes, we highlighted the following parameters: TOC (total organic carbon) and DOC (dissolved organic carbon), ammonium, nitrates and total unfiltered phosphorus and described the chemical status assessment for each year. We have selected these parameters because they can reflect pollution; some are problematic due to exceeding the limit values. When we compared the concentrations of phosphorus and nitrates in both lakes, we found that they matched significantly. In both lakes we observed an increase in nitrates in 2007 and 2008, and in subsequent years concentrations were low. During the period analysed (2007-2020), the limit value for nitrates in surface waters was not exceeded. Even concentrations of ammonia did not exceed the limit values in any lake, and in Gajševsko lake, concentrations of ammonia varied over the years, unlike Ledavsko lake, where average annual ammonia levels were more constant. Average concentrations of unfiltered phosphorus, which have approached the limit values in both lakes in each region, can be highlighted. In 2007 (Gajševsko lake) and 2020 (both lakes) the limit was also exceeded. The chemical status of Ledavsko lake and Gajševsko lake during the period analysed was always rated with the highest possible assessment, good chemical status.

Both lakes have a much worse ecological condition. Specific pollutants pose a major problem. As part of the analysis of the ecological status of the lakes, we highlighted specific pollutants namely the herbicide terbutylazine and metholachlor and presented a final assessment of the ecological status for lakes. When we compared the concentrations, we did not detect a time difference between the lakes. The terbutylazine content varied considerably between the years in Gajševsko lake, and in 2008 and 2009 it also exceeded the limit value. Since 2009, concentrations of terbutylazine have decreased, unlike Ledavsko lake, where the terbutylazine content is low between 2008 and 2017 and has only reached the limit value in 2018. In both lakes, however, we are detecting a large drop in terbutylazine concentrations in 2020. A major problem in both lakes is metholachlor, whose concentrations exceed the limit for most years. Again, we did not find similarities between the two lakes, in the period 2008 to 2010 metholachlor concentrations in Gajševsko lake were the highest; at the same time, they were almost the lowest in Ledavsko lake. In Gajševsko lake, metholachlor concentrations were below the limit value only in 2012 and 2020; in Ledavsko lake, metholachlor concentrations

were below the limit value between 2009 and 2012. In both lakes, however, the measured concentrations of this parameter are below the limit value in 2020. The overall ecological status assessment of both lakes is the same, both lakes most of the time achieve a moderate assessment and do not achieve good status.

Certain similarities of the chemical and ecological status between the two lakes can be attributed to the location, as they are both located in the same catchment area (Murska basin), where agricultural activity contributes to the burden of the two lakes, while other impacts are very similar. Both lakes are river reservoirs, both face the siltation problems and both are located on soils with the same geological structure.

It can be concluded that in Gajševsko lake and Ledavsko lake during the period considered (2007-2020), we did not detect major problems with the chemical status, as they achieve good chemical status. The only exception is the phosphorus load. The ecological status of both lakes, where concentrations of specific pollutants, specifically herbicides metholachlor and terbutylazine, exceed the limit values, indicating pollution of both lakes. However, I believe that in the coming years we can also expect an improvement in the ecological status of both lakes, as from 2018 the levels of specific pollutants are also falling.

11 VIRI IN LITERATURA

Arso kazalci okolja. Kemijsko in ekološko stanje površinskih voda. Medmrežje: <https://kazalci.arso.gov.si/sl/content/kemijsko-ekolosko-stanje-povrsinskih-voda-1> (3. 5. 2023a).

Arso kazalci okolja. Poraba sredstev za varstvo rastlin. Medmrežje: <https://kazalci.arso.gov.si/sl/content/poraba-sredstev-za-varstvo-rastlin-5> (31. 8. 2023b).

Cvitanič in sod., (2010): Vode v Sloveniji. Medmrežje: <https://www.arso.gov.si/vode/poro%C4%8Dila%20in%20publikacije/vode%20v%20sloveniji.pdf> (13. 4. 2023).

Čehić, (2007): Pogled na vode v Sloveniji. Medmrežje: https://www.stat.si/doc/pub/pogled_na_vode_v_sloveniji.pdf (29. 3. 2023).

Dolinar in sod., (2020): Ekološko stanje površinskih voda v Sloveniji. Medmrežje: [Ekolosko-stanje-voda-v-Sloveniji-letno-porocilo-2020_koncno.pdf \(gov.si\)](https://www.arso.gov.si/vode/poro%C4%8Dila%20in%20publikacije/ekolosko-stanje-voda-v-sloveniji-letno-porocilo-2020_koncno.pdf) (13. 4. 2023).

Fosfat v vrtnih ribnikih. Medmrežje: [Fosfat v vrtnih ribnikih - ZGD](https://www.arso.gov.si/vode/poro%C4%8Dila%20in%20publikacije/fosfat-v-vrtnih-ribnikih-zgd) (3. 5. 2023).

Istenič in sod., (2014): Celovit pogled na umeščanje ekoremediacij v kmetijsko krajino. Naklo, Biotehniški center, str. 3.

Jecl, (2020): Vpliv kmetijskega onesnaževanja na kakovost tekočih površinskih voda v Spodnji Savinjski dolini. Medmrežje: <https://repozitorij.uni-lj.si/Dokument.php?id=136266&lang=slv> (13. 4. 2023).

Juvan in sod., (1994): Možni vplivi kmetijstva na kakovost in količino vodnih virov. Medmrežje: <https://mvd20.com/LETO1994/R13.pdf> (28. 3. 2023).

Kobold in sod., (2021): Program hidrološkega monitoringa površinskih voda. Medmrežje: [Program hidrološkega monitoringa površinskih voda od 2021.pdf \(gov.si\)](https://www.arso.gov.si/vode/poro%C4%8Dila%20in%20publikacije/program-hidrološkega-monitoringa-povrsinskih-voda-od-2021.pdf) (11. 5. 2023).

Medmrežje 1: <https://www.druzinski-izleti.si/regije/pomurska/gajsevsko-jezero-ljutomer.html> (13. 4. 2023).

Medmrežje 2: <https://www.obcina-krizevci.si/osnovni-podatki/geografske-in-geoloske-znacilnosti/> (13. 4. 2023).

Medmrežje 3: <https://www.park-goricko.org/go/959> (28. 3. 2023).

Medmrežje 4: <https://www.radio-odeon.com/zvitica/s-cim-so-onesnazene-povrsinske-vode-v-sloveniji/> (18. 5. 2023).

Medmrežje 5: <https://www.nakoncuvasi.si/znam?url=Gaj%C5%A1evsko+jezero&id=97> (18. 5. 2023).

Medmrežje 6: http://www.hydro.si/vode/jezera/programi/Program_%20jezera_2010.pdf (18. 5. 2023).

Medmrežje 7: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwi7IPfU3v-AAxVpRfEDHWViBI4QFnoECA0QAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.ntf.uni-lj.si%2Figt%2Fwp-content%2Fuploads%2Fsites%2F8%2F2015%2F08%2F4_Onesnazenost-odpadnih-voda.pdf&usg=AOvVaw29MwZFU-2EtLYb7yIDsNO_&opi=89978449 (20. 5. 2023).

Medmrežje 8 : [Opis indikatorskih elementov, ki jih najdemo v pitni vodi - Kraški vodovod Sežana d.o.o. \(kraski-vodovod.si\)](#) (3. 5. 2023a).

Medmrežje 9: [Opis kemijskih elementov, ki jih najdemo v pitni vodi - Kraški vodovod Sežana d.o.o. \(kraski-vodovod.si\)](#) (3. 5. 2023b).

Medmrežje 10: <https://www.primavoda.si/vse-o-vodi/kateri-so-glavni-onesnazevalci-vode> (26. 8. 2023)

Department of transportation, (2023): Environmental modeling and testing. Medmrežje: <https://www.dot.state.mn.us/environment/modeling/index.html> (13. 4. 2023).

Metelko, (2023): Kemikalije so pomemben dejavnik tveganja za zdravje delavcev v kmetijstvu. Medmrežje: http://www.osha.mddsz.gov.si/resources/files/pdf/kampanje/clanek_Kemikalije_v_kmetijstvu_dr_Metelko.pdf (13. 4. 2023).

Pravilnik o monitoringu stanja površinskih voda. Ur. I. RS, št. 10/09, 81/11, 73/16 in 44/22 – ZVO-2.

Površinske vode. NLZOH. Medmrežje: <https://www.nlzoh.si/storitve/vode/povrsinske-vode/> (29. 3. 2023).

Pečarič, (2020): Voda – utrjevanje. Medmrežje: <https://h5p.splet.arnes.si/2020/12/16/voda-utrjevanje-pecaric/> (3. 5. 2023).

Rekar Remec, (2012a): Ocena stanja jezer v Sloveniji 2012. Ljubljana, Ministrstvo za kmetijstvo in okolje.

Rekar Remec, (2013b): Ocena stanja jezer v Sloveniji v letu 2013. Ljubljana, Ministrstvo za kmetijstvo in okolje.

Rekar Remec, (2008c): Kakovost jezer v letu 2008. Ljubljana. Agencija Republike Slovenije za okolje.

Rojc Polanec in sod., (2014). Osnove prehrane rastlin in gnojenja. Nova Gorica: KGZS – Kmetijsko gozdarski zavod Nova Gorica. Medmrežje: http://projects.ung.si/agriknows/img/KGZS_osnove_prehrane_rastlin_in_gnojenja-1.pdf (13. 4. 2023).

Stanje površinskih voda. Medmrežje: [Stanje površinskih voda | GOV.SI](http://gov.si/medmreze/Stanje_povrsinskih_voda) (13. 4. 2023).

Šibanc, (2009): Razgradnja herbicida terbutilazina v dveh teksturno različnih tleh Apaške doline. Medmrežje: http://www.digitalna-knjiznica.bf.uni-lj.si/dn_sibanc_natasa.pdf (23. 5. 2023).

Tehovnik Dobnikar in sod., (2011): Program monitoringa stanja voda za obdobje 2010 – 2015. Medmrežje: <http://www.arso.gov.si/vode/poro%c4%8dila%20in%20publikacije/Program%202010%20-%202015.pdf> (11. 5. 2023).

Uredba o stanju površinskih voda. Ur. I. RS, št. 14/09, 98/10, 96/13, 24/16 in 44/22 – ZVO-2.