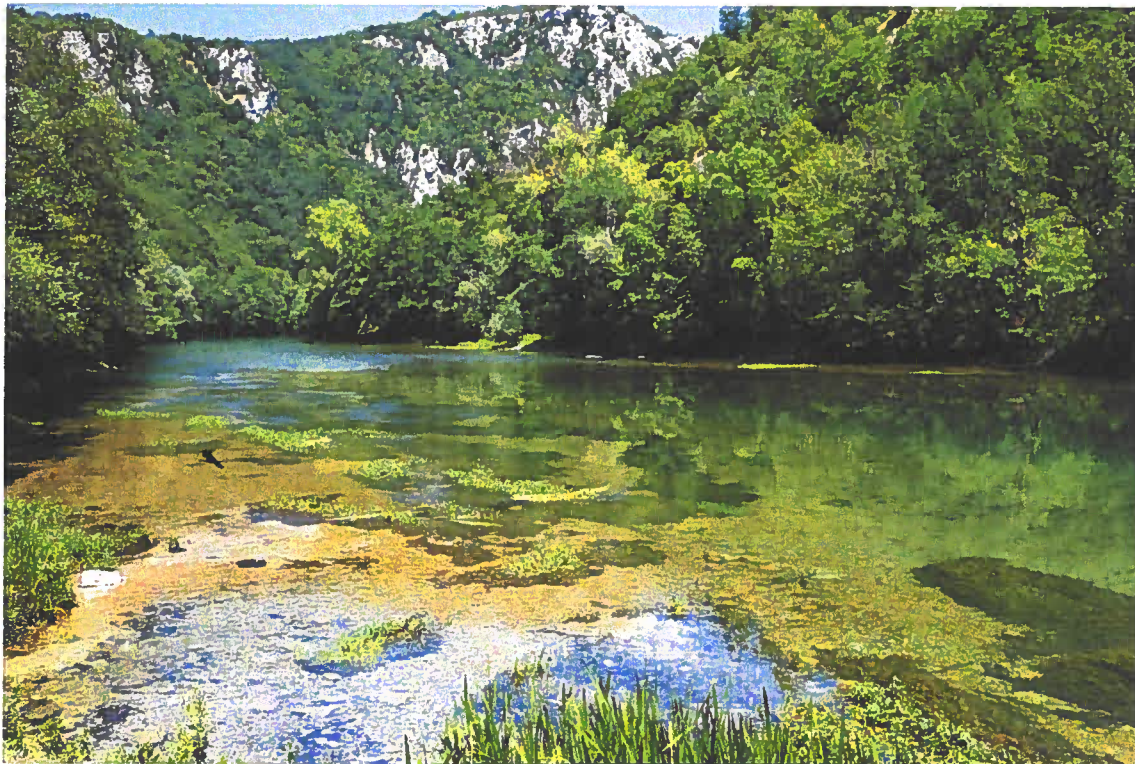


SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET
Horvatovac 102a, Zagreb



Izrada kriterija za određivanje stupnjeva trofije stajaćica i tekućica



Voditelj projekta:
Izv. prof. dr. sc. Marko Miliša

Dekan Prirodoslovno-matematičkog fakulteta:
Prof. dr. sc. Mirko Planinić



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET
Horvatovac 102a, Zagreb



Izrada kriterija za određivanje stupnjeva trofije stajaćica i tekućica

Voditelj projekta:

Izv. prof. dr. sc. Marko Miliša

Suradnici:

Izv. prof. dr. sc. Marija Gligora Udovič
Doc. dr. sc. Petar Žutinić

SADRŽAJ

1	TEKUĆICE.....	1
1.1	Uvod.....	1
1.2	Metodološki pristup	3
1.3	Rezultati.....	3
1.3.1	Panonska ekoregija.....	3
1.3.2	Dinaridska ekoregija	17
1.4	Zaključak	25
1.5	Ocjene stanja i tipska specifičnost.....	30
2	STAJAĆICE	34
2.1	Uvod.....	34
2.1.1	Prirodna jezera u Hrvatskoj	34
2.2	Metode	40
2.2.1	Pokazatelji eutrofikacije u jezerima.....	42
2.2.2	Granice parametara eutrofikacije	43
2.3	Rezultati.....	46
2.3.1	Pokazatelji pritiska u jezerima	46
2.3.2	Pokazatelji ekološkog stanja dubokih jezera i status trofije.....	61
2.3.3	Pokazatelji ekološkog stanja jezera i status trofije u prirodnom plitkom krškom jezeru	68
2.3.4	Pokazatelji ekološkog stanja i status trofije za znatno promijenjena i umjetna vodna tijela	74
3	LITERATURA	76

POPIS SLIKA

Slika 1.1. Mala Huba – postaja koja je eutroficirana i kanalizirana.....	2
Slika 1.2. Dubračina (Crikvenica) – kanalizirana postaja koja nije eutroficirana.....	2
Slika 1.3. Odnos između koncentracije ciljnih hranjivih tvari: a) ukupnog fosfora, b) ukupnog dušika i indeksa korištenja zemljišta (LUI) na svim postajama.....	5
Slika 1.4. Odnos između koncentracije ciljnih hranjivih tvari: a) ortofosfata i b) nitrata u vodi i indeksa korištenja zemljišta (LUI) na svim postajama.....	6
Slika 1.5. Odnos između koncentracije ciljnih hranjivih tvari: a) ukupnog fosfora, b) ukupnog dušika i trofičkog indeksa dijatomeja (TID_{HR}) na svim postajama.....	7
Slika 1.6. Odnos između koncentracije ciljnih hranjivih tvari: a) ortofosfata i b) nitrata u vodi i trofičkog indeksa dijatomeja (TID_{HR}) na svim postajama.....	8
Slika 1.7. Raspodjela podataka za TP (mg/l) - koncentraciju ukupnog fosfora	9
Slika 1.8. Raspodjela podataka za: a) TN (mg/l) - koncentraciju ukupnog dušika; b) PO_4^{3-} (mg/l) - koncentraciju ortofosfata.....	10
Slika 1.9. Raspodjela podataka za NO_3^- (mg/l) - koncentraciju nitrata.....	11
Slika 1.10. Granice trofičkih razreda sukladno tablici 1, primijenjene na temeljni skup podataka za: TP (mg P/l) - koncentracija ukupnog fosfora.....	13
Slika 1.11. Granice trofičkih razreda sukladno tablici 1, primijenjene na temeljni skup podataka za: TN (mg N/l) - koncentraciju ukupnog dušika.....	14
Slika 1.12. Granice trofičkih razreda sukladno tablici 1, primijenjene na temeljni skup podataka za: PO_4^{3-} (mg P/l) - koncentracija ortofosfata.....	15
Slika 1.13. Granice trofičkih razreda sukladno tablici 1, primijenjene na temeljni skup podataka za: NO_3^- (mg N/l) - koncentraciju nitrata.....	16
Slika 1.14. Odnos između koncentracije ukupnog fosfora i trofičkog indeksa dijatomeja (TID_{HR}) na svim postajama Dinaridske ekoregije.....	17
Slika 1.15. Odnos između koncentracije a) ukupnog dušika, i b) ortofosfata i trofičkog indeksa dijatomeja (TID_{HR}) na svim postajama Dinaridske ekoregije.....	18
Slika 1.16. Odnos između koncentracije d) nitrata u vodi i trofičkog indeksa dijatomeja (TID_{HR}) na svim postajama Dinaridske ekoregije.....	19
Slika 1.17. Raspodjela podataka za: a) TP (mg P/l) - koncentraciju ukupnog fosfora; b) TN (mg N/l) - koncentraciju ukupnog dušika u postajama Dinaridske ekoregije.....	20
Slika 1.18. Raspodjela podataka za: a) PO_4^{3-} (mg P/l) - koncentracije ortofosfata; b) NO_3^- (mg N/l) - koncentraciju nitrata u postajama Dinaridske ekoregije.....	21
Slika 1.19. raspored OEK podataka u skupini podataka Dinaridske ekoregije.....	22

Slika 1.20. raspodjela podataka za a) koncentraciju ukupnog fosfora i b) koncentraciju ukupnog dušika s uključenim svim postajama u Hrvatskoj.	23
Slika 1.21. Raspodjela podataka za a) koncentraciju ortofosfata i b) koncentraciju nitrata s uključenim svim postajama u Hrvatskoj.	24
Slika 1.22. Raspodjela podataka u predloženom sustavu granica koncentracija hranjivih soli u Panonskoj ekoregiji u skupini podataka za koje je obavljena analiza.	26
Slika 1.23. Raspodjela podataka u predloženom sustavu granica koncentracija hranjivih soli u Panonskoj ekoregiji bez ekstrema.	27
Slika 1.24. Raspodjela podataka u predloženom sustavu granica količine hranjivih soli u Dinaridskoj ekoregiji u skupini podataka za koje je obavljena analiza (bez ekstrema).	28
Slika 1.25. Godišnja kolebanja pokazatelja za određivanje trofije na postaji Sava, Petruševac.	29
Slika 1.26. Kolebanja srednjih godišnjih vrijednosti pokazatelja za određivanje trofije na postaji Sava, Petruševac.	30
Slika 2.1. Jezera Kozjak i Prošće (a) i (b)	35
Slika 2.2. Jezera Crniševo (a) i Očuša (b).....	37
Slika 2.3. Vransko jezero kod Biograda postaje Prosika (a) i Motel (b).....	38
Slika 2.4. Visovačko jezero (a) i Vransko jezero na Cresu (b)	39
Slika 2.5. Korelacija ukupne biomase fitoplanktona i koncentracije klorofila a, u jezeru Kozjak i Vranskom jezeru na Cresu u 2014., 2016, i 2017. godini.	44
Slika 2.6. Odnos koncentracije ukupnog fosfora i ukupnog dušika u jezeru Kozjak tijekom 2014., 2016. i 2017. godine.....	47
Slika 2.7. Odnos koncentracije ukupnog fosfora i ukupnog dušika u jezeru Prošće tijekom 2014., 2016. i 2017. godine.....	48
Slika 2.8. Odnos koncentracije ukupnog fosfora i ukupnog dušika u Vranskom jezeru na Cresu tijekom 2014., 2016. i 2017. godine.....	50
Slika 2.9. Odnos koncentracije ukupnog fosfora i ukupnog dušika u jezeru Crniševo tijekom 2014., 2016. i 2017. godine.	51
Slika 2.10. Odnos koncentracije ukupnog fosfora i ukupnog dušika u jezeru Očuša tijekom 2014., 2016. i 2017. godine.	53
Slika 2.11. Odnos koncentracije ukupnog fosfora i ukupnog dušika u Visovačkom jezeru tijekom 2014., 2016. i 2017. godine.	54
Slika 2.12. Odnos omjera ekološke kakvoće prema fitoplanktonu kao biološkom pokazatelju i koncentracije ukupnog fosfora u jezeru Kozjak tijekom 2014., 2016. i 2017. godine.	55
Slika 2.13. Odnos omjera ekološke kakvoće prema fitoplanktonu kao biološkom pokazatelju i koncentracije ukupnog dušika u jezeru Kozjak tijekom 2014., 2016. i 2017. godine.	55

Slika 2.14. Odnos omjera ekološke kakvoće prema fitoplanktonu kao biološkom pokazatelju i koncentracije ukupnog fosfora u jezeru Prošće tijekom 2014., 2016. i 2017. godine.	56
Slika 2.15. Odnos omjera ekološke kakvoće prema fitoplanktonu kao biološkom pokazatelju i koncentracije ukupnog dušika u jezeru Prošće tijekom 2014., 2016. i 2017. godine.	56
Slika 2.16. Odnos omjera ekološke kakvoće prema fitoplanktonu kao biološkom pokazatelju i koncentracije ukupnog fosfora u Vranskom jezeru na Cresu tijekom 2014., 2016. i 2017. godine	57
Slika 2.17. Odnos omjera ekološke kakvoće prema fitoplanktonu kao biološkom pokazatelju i koncentracije ukupnog dušika u Vranskom jezeru na Cresu tijekom 2014., 2016. i 2017. godine	57
Slika 2.18. Odnos omjera ekološke kakvoće prema fitoplanktonu kao biološkom pokazatelju i koncentracije ukupnog fosfora u jezeru Crniševo tijekom 2014., 2016. i 2017. godine.....	58
Slika 2.19. Odnos omjera ekološke kakvoće prema fitoplanktonu kao biološkom pokazatelju i koncentracije ukupnog dušika u jezeru Crniševo tijekom 2014., 2016. i 2017. godine.....	58
Slika 2.20. Odnos omjera ekološke kakvoće prema fitoplanktonu kao biološkom pokazatelju i koncentracije ukupnog fosfora u jezeru Očuša tijekom 2014., 2016. i 2017. godine.....	59
Slika 2.21. Odnos omjera ekološke kakvoće prema fitoplanktonu kao biološkom pokazatelju i koncentracije ukupnog dušika u jezeru Očuša tijekom 2014., 2016. i 2017. godine.....	59
Slika 2.22. Odnos omjera ekološke kakvoće prema fitoplanktonu kao biološkom pokazatelju i koncentracije ukupnog fosfora u Visovačkom jezeru tijekom 2014., 2016. i 2017. godine.	60
Slika 2.23. Odnos omjera ekološke kakvoće prema fitoplanktonu kao biološkom pokazatelju i koncentracije ukupnog dušika u Visovačkom jezeru tijekom 2014., 2016. i 2017. godine.	60
Slika 2.24. Odnos koncentracije ukupnog fosfora i ukupnog dušika u Vranskom jezeru tijekom 2014., 2016. i 2017. godine.	69
Slika 2.25. Odnos ekološke stanja i koncentracije ukupnog fosfora u Vranskom jezeru u tijekom 2014., 2016. i 2017. godine.	70

POPIS TABLICA

Tablica 1.1. Pearsonovi koeficijenti korelacije između razmatranih pokazatelja hranjivih tvari, indeksa korištenja zemljišta, trofičkog indeksa dijatomeja (TID_{HR}) i omjera ekološke kakvoće (EQR).	3
Tablica 1.2. Predložene granice količina hranjivih tvari između: Oligotrofnih i oligotrofno-mezotrofnih voda (O-O/M), oligotrofno-mezotrofnih i mezotrofnih voda (O/M-M), mezotrofnih i mezotrofno-eutrofnih voda (M-M/E) i mezotrofno-eutrofnih i eutrofnih voda (M/E-E).	11
Tablica 1.3. Analiza primjene navedenih granica za koncentracije ukupnog fosfora, ukupnog dušika, ortofosfata i nitrata na referentne postaje u kontinentalnoj Hrvatskoj sukladno srednjoj vrijednosti zimskih mjeseci (Z) u: a) godini uzorkovanja bioloških pokazatelja (bentoskih dijatomeja) i b) u razdoblju od 2015. do 2017. godine.	11
Tablica 1.4. Predložene granice količina hranjivih tvari između: Oligotrofnih i oligotrofno-mezotrofnih voda (O-O/M), oligotrofno-mezotrofnih i mezotrofnih voda (O/M-M), mezotrofnih i mezotrofno-eutrofnih voda (M-M/E) i mezotrofno-eutrofnih i eutrofnih voda (M/E-E).	25
Tablica 1.5. Tipiski određeni odnosi stupnja trofije i stanja vodotoka.	31
Tablica 2.1. Popis čimbenika procesa eutrofikacije karakterističnih za sva slatkovodna vodna tijela.	40
Tablica 2.2. Popis općih i specifičnih čimbenika utjecaja eutrofikacije u jezerima.	40
Tablica 2.3. Pokazatelji pri procjeni eutrofikacije krških jezera u Hrvatskoj (modificirano prema Ibisich i sur. 2016, ETC/ICM Technical Report – 2/2016.)	42
Tablica 2.4. Statistička analiza podataka pokazatelja stanja i utjecaja eutrofikacije u jezeru Kozjak i Vranskom jezeru na Cresu u 2014., 2016., i 2017. godini.	43
Tablica 2.5. Krška jezera u Hrvatskoj prema tipu i prirodnom trofičkom statusu jezera	44
Tablica 2.6. Predložene granice pokazatelja eutrofikacije za duboka krška jezera u Hrvatskoj	45
Tablica 2.7. Predložene granice pokazatelja eutrofikacije za plitko krško jezero u Hrvatskoj (Vransko jezero kod Biograda)	45
Tablica 2.8. Minimum, maksimum, srednja vrijednosti i medijan OEK-a, ukupnog dušika i ukupnog fosfora u jezeru Kozjak od travnja do rujna 2014., 2016. i 2017. godine.	46
Tablica 2.9. Minimum, maksimum, srednja vrijednosti i medijan OEK-a, ukupnog dušika i ukupnog fosfora u jezeru Prošće od travnja do rujna 2014., 2016. i 2017. godine.	47
Tablica 2.10. Minimum, maksimum, srednja vrijednosti i medijan OEK-a, ukupnog dušika i ukupnog fosfora u Vranskom jezeru na Cresu od travnja do rujna 2014., 2016. i 2017. godine.	49

Tablica 2.11. Minimum, maksimum, srednja vrijednosti i medijan OEK-a, ukupnog dušika i ukupnog fosfora u jezeru Crniševo od travnja do rujna 2014., 2016. i 2017. godine.....	50
Tablica 2.12. Minimum, maksimum, srednja vrijednosti i medijan OEK-a, ukupnog dušika i ukupnog fosfora u jezeru Očuša od travnja do rujna 2014., 2016. i 2017. godine.....	52
Tablica 2.13. Minimum, maksimum, srednja vrijednosti i medijan OEK-a, ukupnog dušika i ukupnog fosfora u Visovačkom jezeru od travnja do rujna 2014., 2016. i 2017. godine.....	53
Tablica 2.14. Usporedba ekološkog stanja dubokih krških tipova jezera u Hrvatskoj sa trofičkim statusom	61
Tablica 2.15. Raspon vrijednosti OEK-a, ukupne biomase fitoplanktona, koncentracije klorofila a i Secchi dubine u jezeru Kozjak i Prošće 2014., 2016. i 2017. godini u razdoblju od travnja do rujna.....	62
Tablica 2.16. Raspon vrijednosti OEK-a, ukupne biomase fitoplanktona, koncentracije klorofila a i Secchi dubine u Vranskom jezeru na Cresu 2014., 2016. i 2017. godine u razdoblju od travnja do rujna.	63
Tablica 2.17. Raspon vrijednosti OEK-a, ukupne biomase fitoplanktona, koncentracije klorofila a i Secchi dubine u jezeru Crniševo i Očuša u 2014., 2016. i 2017. godini u razdoblju od travnja do rujna.....	64
Tablica 2.18. Raspon vrijednosti OEK-a, ukupne biomase fitoplanktona, koncentracije klorofila a i Secchi dubine u Visovačkom jezeru u 2014., 2016. i 2017. godini u razdoblju od travnja do rujna.....	65
Tablica 2.19. Zbirna tablica procjene trofičkog statusa na osnovi pokazatelja pritiska i pokazatelja utjecaja eutrofikacije u dubokim krškim jezerima u HR u 2014., 2016. i 2017. godini.	65
Tablica 2.20. Zbirna procjena trofičkog statusa jezera u 2014., 2016. i 2017. godini prema oba pokazatelja pritiska.....	66
Tablica 2.21. Odnos između ODV klasa, trofičkog status u 2017. godini i rezultata ocjene statusa u budućnosti te mjera prema direktivama u dubokim krškim jezerima u Hrvatskoj. ...	67
Tablica 2.22. Minimum, maksimum, srednja vrijednosti i medijan ukupnog dušika i ukupnog fosfora u Vranskom jezeru od travnja do rujna 2014., 2016. i 2017. godine.....	68
Tablica 2.23. Usporedba ekološkog stanja Vranskog jezera sa trofičkim statusom.....	71
Tablica 2.24. Raspon vrijednosti OEK-a, ukupne biomase fitoplanktona, koncentracije klorofila a i Secchi dubine u Vranskom jezeru u 2014., 2016. i 2017. godini u razdoblju od travnja do rujna.....	71
Tablica 2.25. Zbirna procjena trofičkog statusa Vranskog jezera u 2014., 2016. i 2017. godini prema oba pokazatelja pritiska.	72
Tablica 2.26. Zbirna procjena trofičkog statusa jezera u 2014., 2016. i 2017. godini prema oba pokazatelja pritiska.....	72

Tablica 2.27. Odnos između ODV klasa, trenutnog statusa trofije i rezultata ocjene statusa u budućnosti te mjera prema direktivama u plitkom jezeru- Vranskom jezeru kod Biograda.....	73
Tablica 2.28. Predložene granice parametara eutrofikacije akumulacije Pakra i Jarun.....	74
Tablica 2.29. Predložene granice parametara eutrofikacije u akumulaciji Butoniga.....	74
Tablica 2.30. Predložene granice parametara eutrofikacije u akumulaciji Dubrava.....	75

1 TEKUĆICE

1.1 Uvod

Pod pojmom eutrofikacije podrazumijeva se povećanje primarne proizvodnje organske tvari u vodi u odnosu na uobičajenu razinu uslijed stalnog vanjskog unosa hranjivih tvari (prvenstveno soli dušika i fosfora). Prema Zakonu o vodama (Narodne novine 66/19) eutrofikacija je obogaćivanje vode hranjivim tvarima, spojevima dušika i/ili fosfora, koji uzrokuju ubrzani rast algi i viših oblika biljnih vrsta, te dovodi do neželjenog poremećaja ravnoteže organizama u vodi i promjene stanja voda (Chislock i sur. 2013).

Do povišenja stupnja trofije dolazi najčešće djelovanjem čovjeka zbog ispuštanja hranjivih tvari otpadnim vodama, ispiranja poljoprivrednih površina na kojima se koriste umjetna gnojiva, deforestacije slivnih područja i dr. S druge strane povišeni stupanj trofije može biti i prirodan, ovisno o geološkoj podlozi, hidrološkim uvjetima i slično (Ibañez i Penuelas 2019).

Glavni uzrok povišenja trofije u tekućicama je unos ispiranjem s poljoprivrednih površina te ulijevanjem komunalnih voda u vodotoke. Glavni je, pak biološki učinak povišenog stupnja trofije, povećana primarna proizvodnja, i to prvenstveno bentoskih alga, uslijed povišenja količine hranjivih soli koje su inače ograničavajući čimbenik za njihov razvoj. U okolnostima izražene eutrofikacije narušava se kaskadno cijeli ekosustav tekućice (Kelly i sur. 1998).

Tekućice izuzetno slabih protoka (slika 1.1) su podložne povećanju trofije dok su ostale tekućice uglavnom slabije podložne. To je posebno izraženo u malim tekućicama koje, s obzirom na mali volumen vode, a proporcionalno velikom slivnom području, u koritu nakupljaju izrazito visoke količine hranjivih soli (dušika i fosfora). Uslijed slabih protoka, izražene insolacije i povišenja temperature vodotoci postaju eutroficirani (slika 1.1).

Postoji povećan rizik od eutrofikacije stoga u zaravnjenom reljefu. S druge strane, uzvodni tok može pozitivno utjecati na stupanj trofije. Uzvodni dijelovi vodnog tijela, dakle mogu katkad imati presudni utjecaj na razvoj primarnih producenata i sukladno stupanj trofije na nizvodnim postajama (slika 1.2).



Slika 1.1. Mala Huba – postaja koja je eutroficirana i kanalizirana.



Slika 1.2. Dubračina (Crikvenica) – kanalizirana postaja koja nije eutroficirana.

Prirodno povišenje trofije očekivano je za stajačice i zapravo je dio prirodnog procesa razvoja te se stoga može smatrati pozitivnim za ekosustav, jer može dovesti do povećanja bioloških resursa i to tijekom dugog razdoblja dok su negativne pojave rijetke. Antropogeni utjecaj može narušiti ekološku ravnotežu uz vrlo štetne posljedice i to u kratkim razdobljima (Newman i sur. 2005).

1.2 Metodološki pristup

S obzirom da se u Hrvatskoj jasno razlikuju dvije biogeografske cjeline (Panonska ekoregija i Dinarska ekoregija), valja skupine podataka o hranjivim tvarima i njihovom učinku na sastav zajednica primarnih producenata promatrati odvojeno.

U svrhu usporedivosti postupka, općenito su na obje skupine podataka principijelno primijenjeni sukladni postupci izračuna. S obzirom da stupanj trofije nije tipski specifičan (vezan za pojedini tip vodotoka) već je primarno kemijsko svojstvo vode primijenili smo u ovim postupcima izračune koji su obuhvatili sveukupni skup podataka zasebno za svaku geografsku cjelinu. Primarni je cilj bio utvrditi odnos korištenja zemljišta u slivu prema količini pojedinih hranjivih tvari. Time se potvrđuje da određeni kemijski pokazatelj jasno ovisi o ljudskom djelovanju, što posljedično daje temelj ostvarivanju utvrđivanja kriterija za određivanje bitne granice i to između oligotrofnih i oligo-mezotrofnih voda.

U razmatranja su sukladno uvodnom obrazloženju i prethodnim metodološkim principima uključeni pokazatelji: koncentracija ukupnog fosfora, koncentracija ukupnog dušika, koncentracija ortofosfata i koncentracija nitrata u vodi.

Kao usporedivi biološki pokazatelj uzet je u obzir omjer ekološke kakvoće (OEK) vezan uz biološki element kakvoće – fitobentos odnosno trofički indeks dijatomeja (TID_{HR}), dok je kao okolišni čimbenik u obzir uzet indeks korištenja zemljišta (LUI; eng. *Land use index*).

1.3 Rezultati

1.3.1 Panonska ekoregija

1.3.1.1 Utvrđivanje međuodnosa hranjivih tvari i okolišnih i bioloških pokazatelja

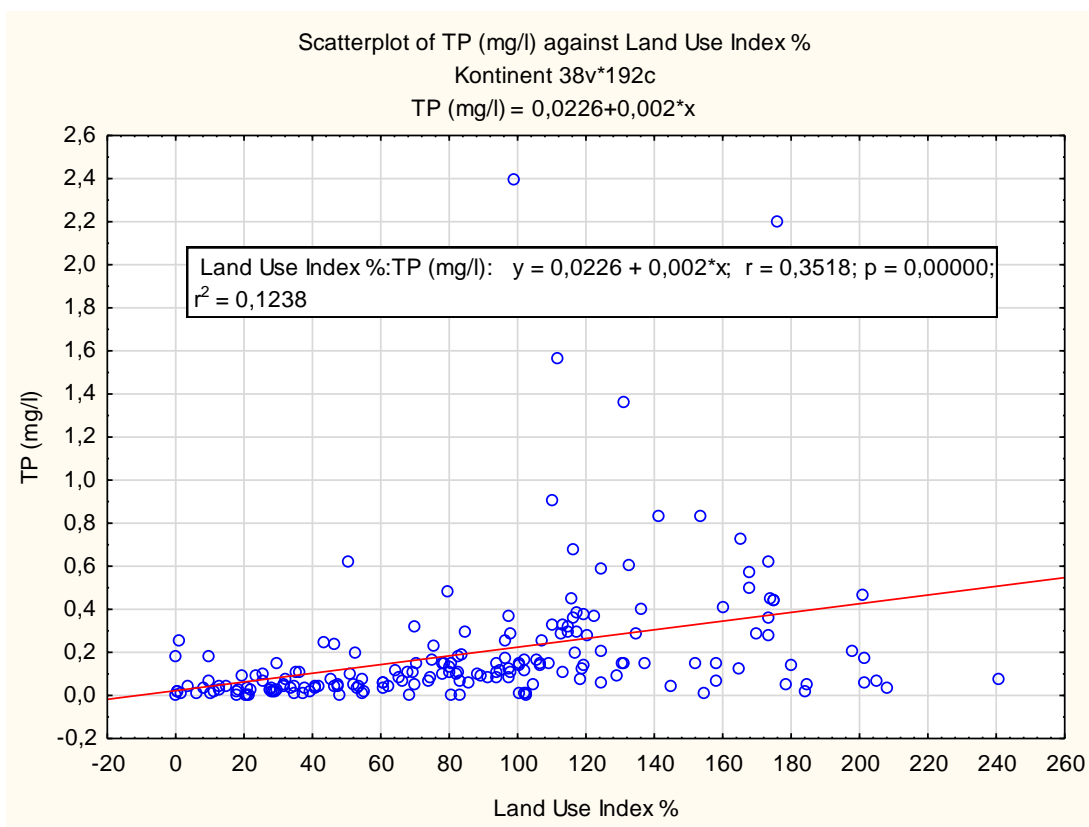
S obzirom na četiri razmatrana pokazatelja (TP (mgP/l) - koncentracija ukupnog fosfora, TN (mgN/l) - koncentracija ukupnog dušika, PO_4^{3-} (mgP/l) - koncentracija ortofosfata i NO_3^- (mgN/l) - koncentracija nitrata), sukladno linearnom koeficijentu korelacije, utvrdili smo statistički značajnu linearnu povezanost svih pokazatelja s indeksom korištenja zemljišta (Tablica 1.1).

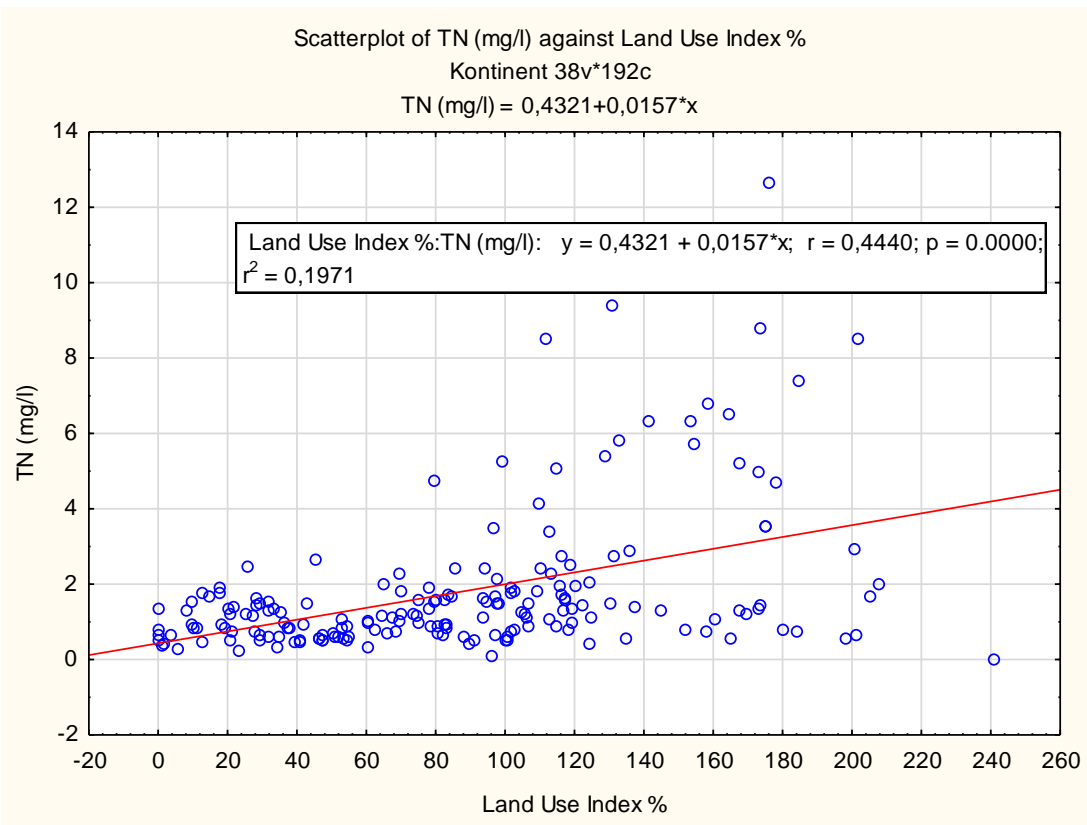
Tablica 1.1. Pearsonovi koeficijenti korelacije između razmatranih pokazatelja hranjivih tvari, indeksa korištenja zemljišta, trofičkog indeksa dijatomeja (TID_{HR}) i omjera ekološke kakvoće (EQR). Crveno su obojane statistički značajne vrijednosti na razini $p < 0.05$; $N=189$.

	LUI	TID_{HR}	EQR
TP (mg/l)	,3519	,3273	-,3246
	p=,000	p=,000	p=,000
TN (mg/l)	,4440	,2658	-,2108
	p=,000	p=,000	p=,004

	LUI	TID _{HR}	EQR
PO ₄ ³⁻ (mg/l)	,2883	,2606	-,2381
	p=,000	p=,000	p=,001
NO ₃ ⁻ (mg/l)	,3937	,0900	-,0587
	p=,000	p=,218	p=,422

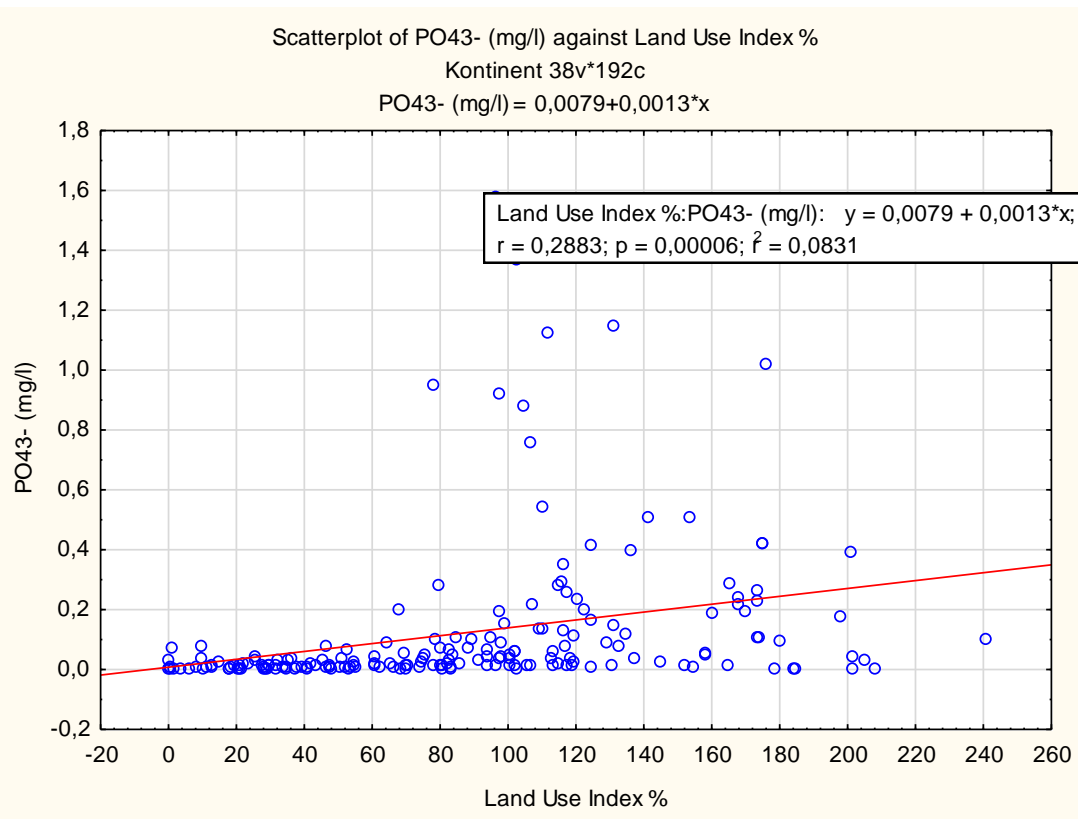
Na slikama 1.3. - 1.6. prikazani su međuodnosi indeksa korištenja zemljišta (LUI) kao prediktora (nezavisne varijable) promatranih pokazatelja te dodatno i promatranih pokazatelja kao prediktora reakcije biološkog elementa – trofičkog indeksa dijatomeja TID_{HR}. Rezultati ukazuju da postoji statistički značajna veza ($p < 0.05$).



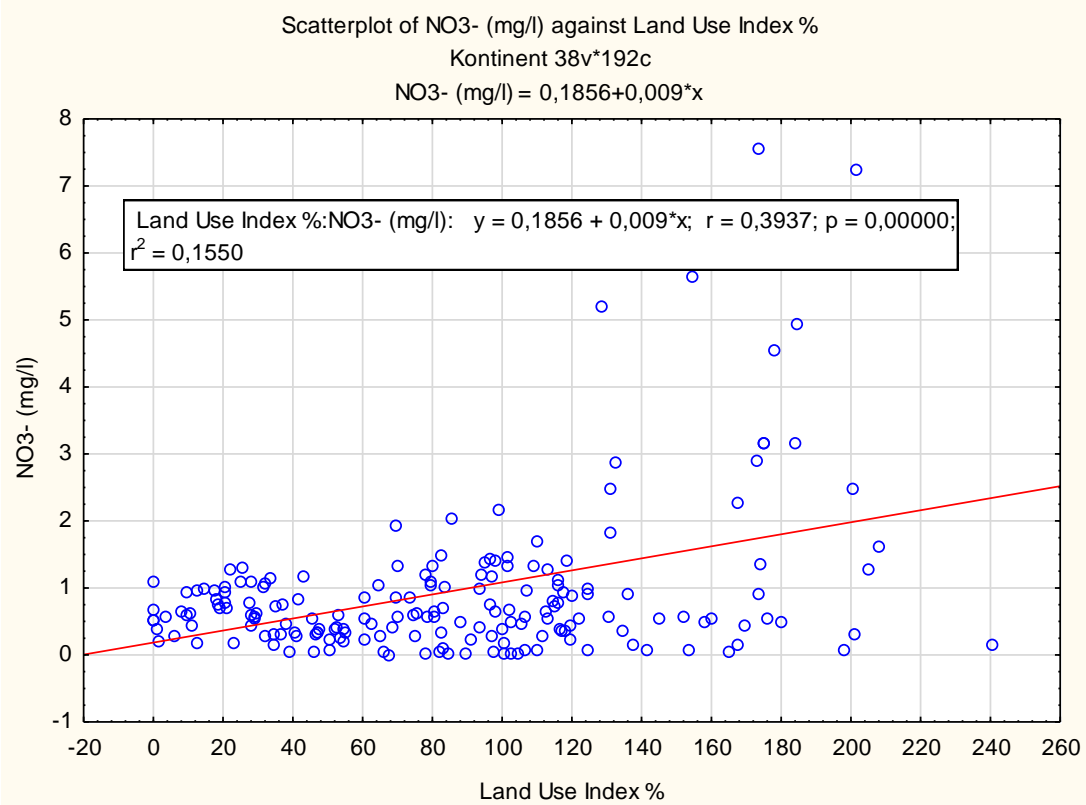


b)

Slika 1.3. Odnos između koncentracije ciljnih hranjivih tvari: a) ukupnog fosfora, b) ukupnog dušika i indeksa korištenja zemljišta (LUI) na svim postajama.

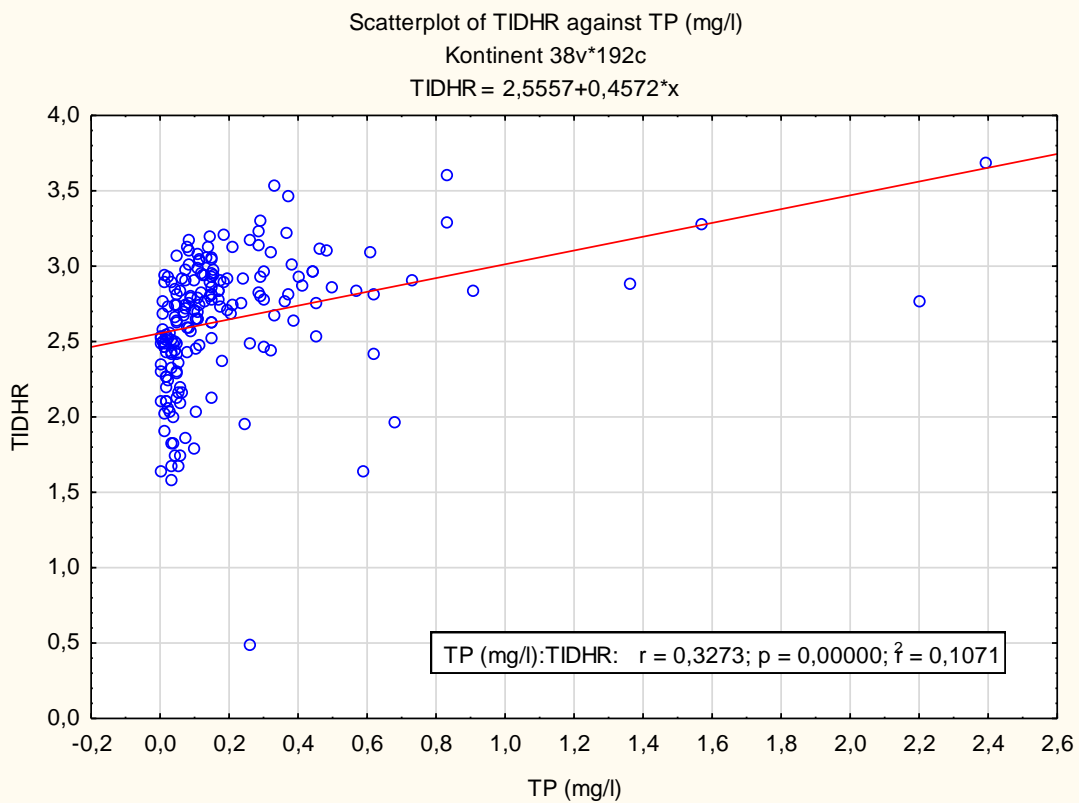


a)

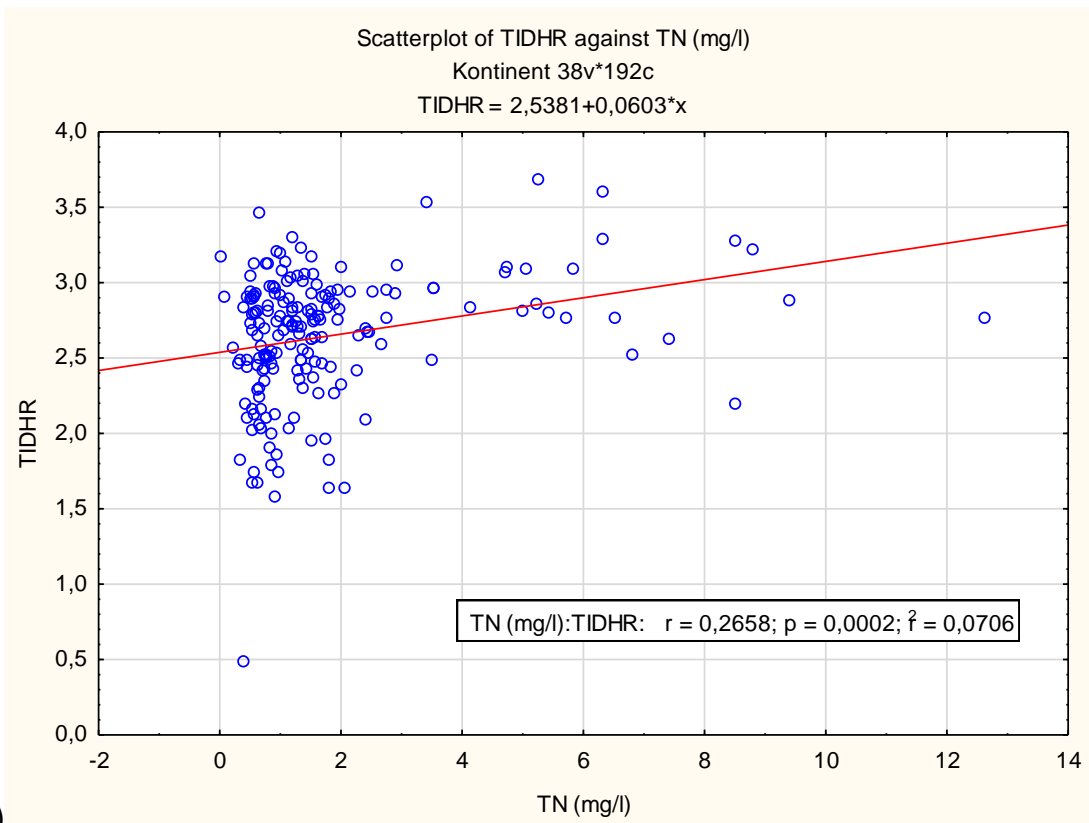


b)

Slika 1.4. Odnos između koncentracije ciljnih hranjivih tvari: a) ortofosfata i b) nitrata u vodi i indeksa korištenja zemljišta (LUI) na svim postajama.

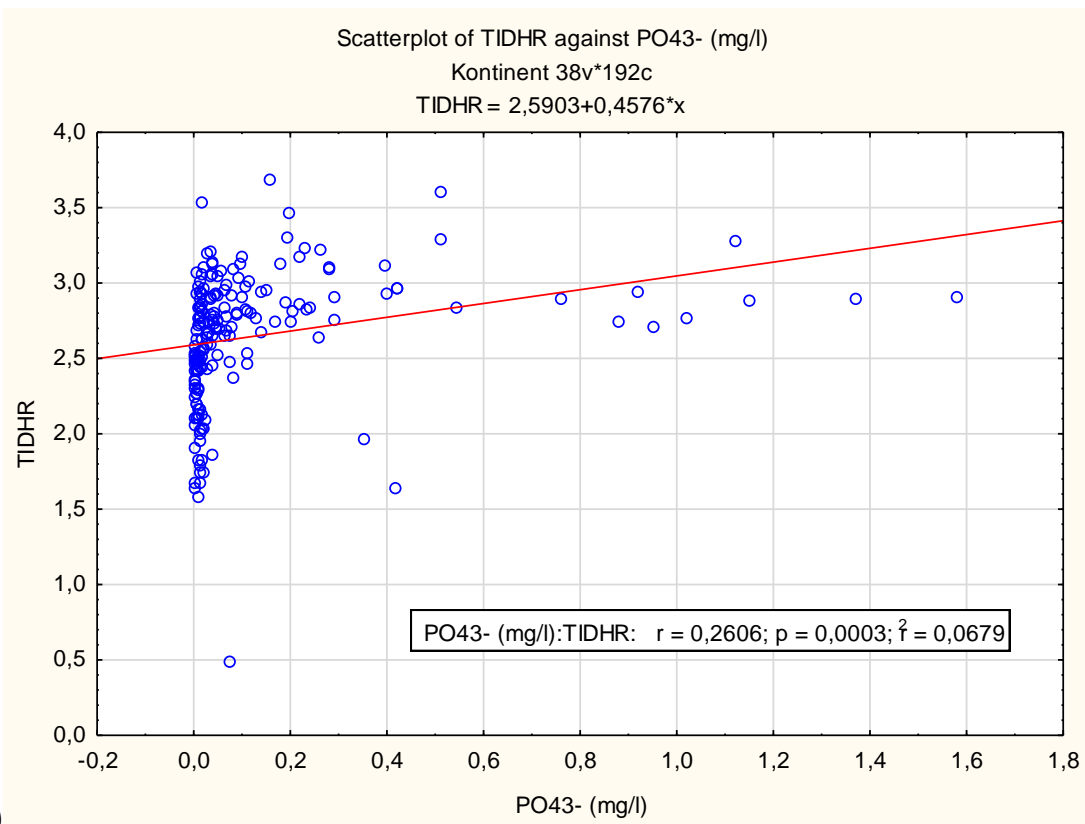


a)

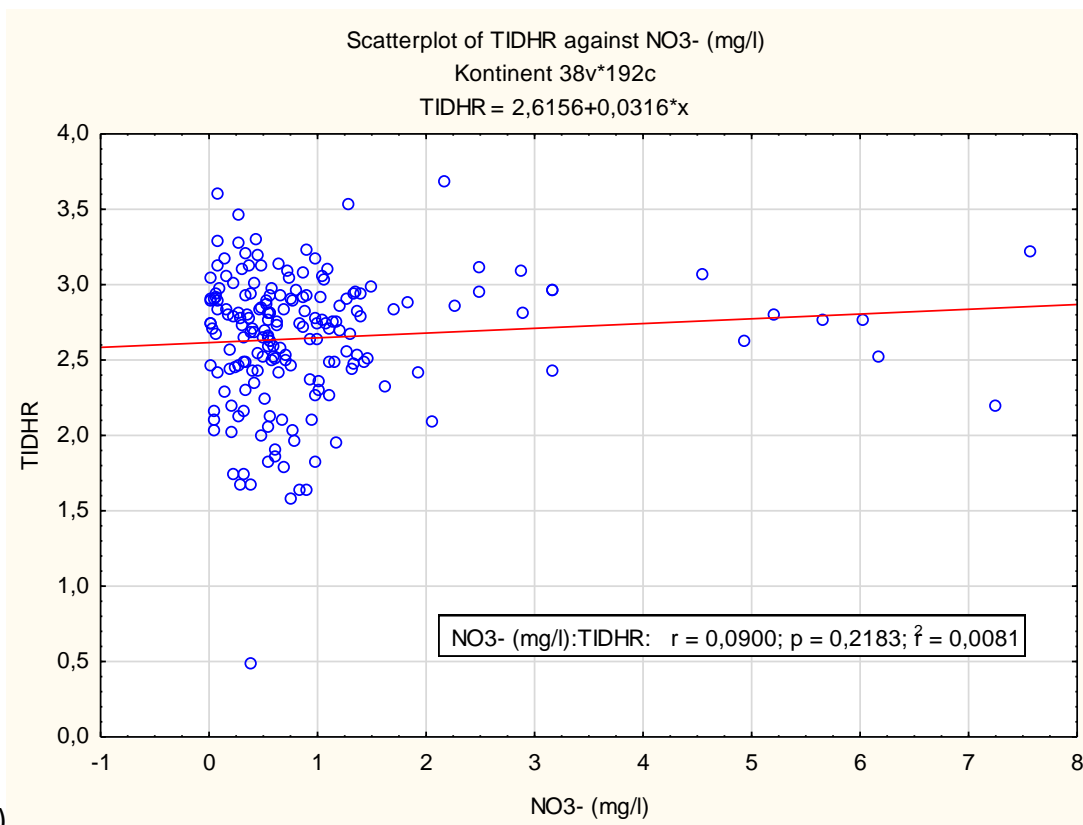


b)

Slika 1.5. Odnos između koncentracije ciljnih hranjivih tvari: a) ukupnog fosfora, b) ukupnog dušika i trofičkog indeksa dijatomeja (TID_{HR}) na svim postajama.



a)



b)

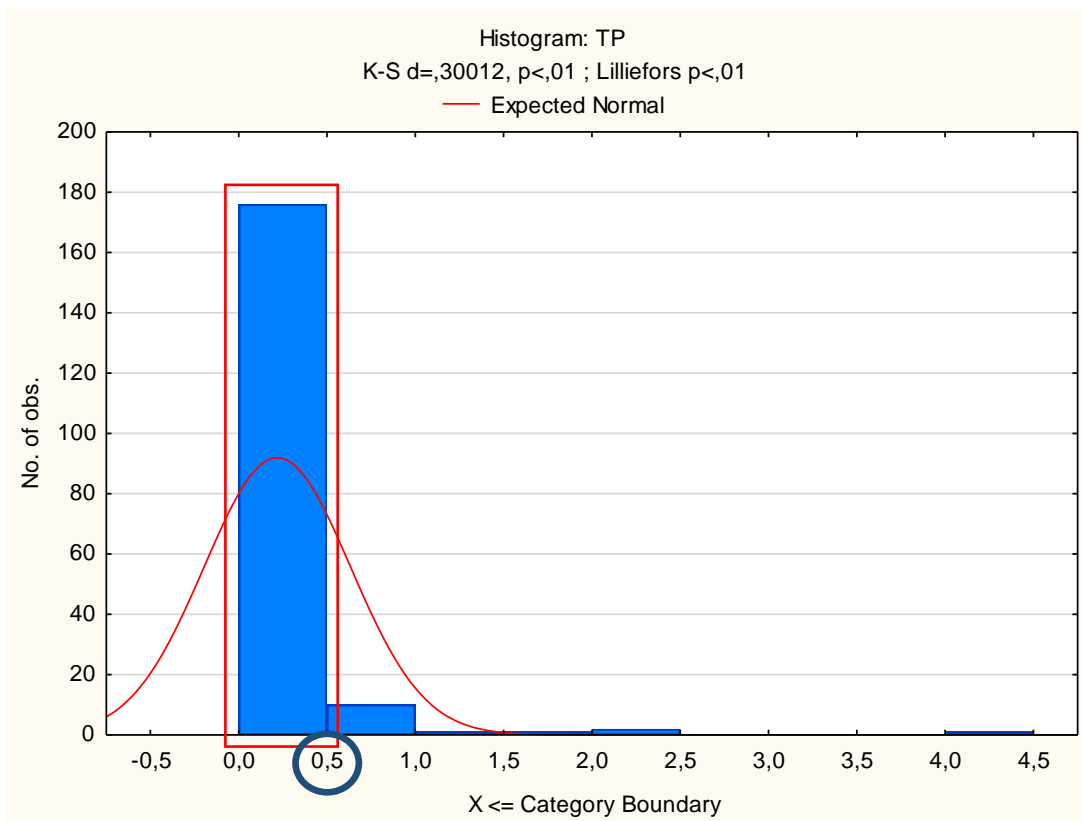
Slika 1.6. Odnos između koncentracije ciljnih hranjivih tvari: a) ortofosfata i b) nitrata u vodi i trofičkog indeksa dijatomeja (TID_{HR}) na svim postajama.

1.3.1.2 Određivanje granica trofičkih razreda

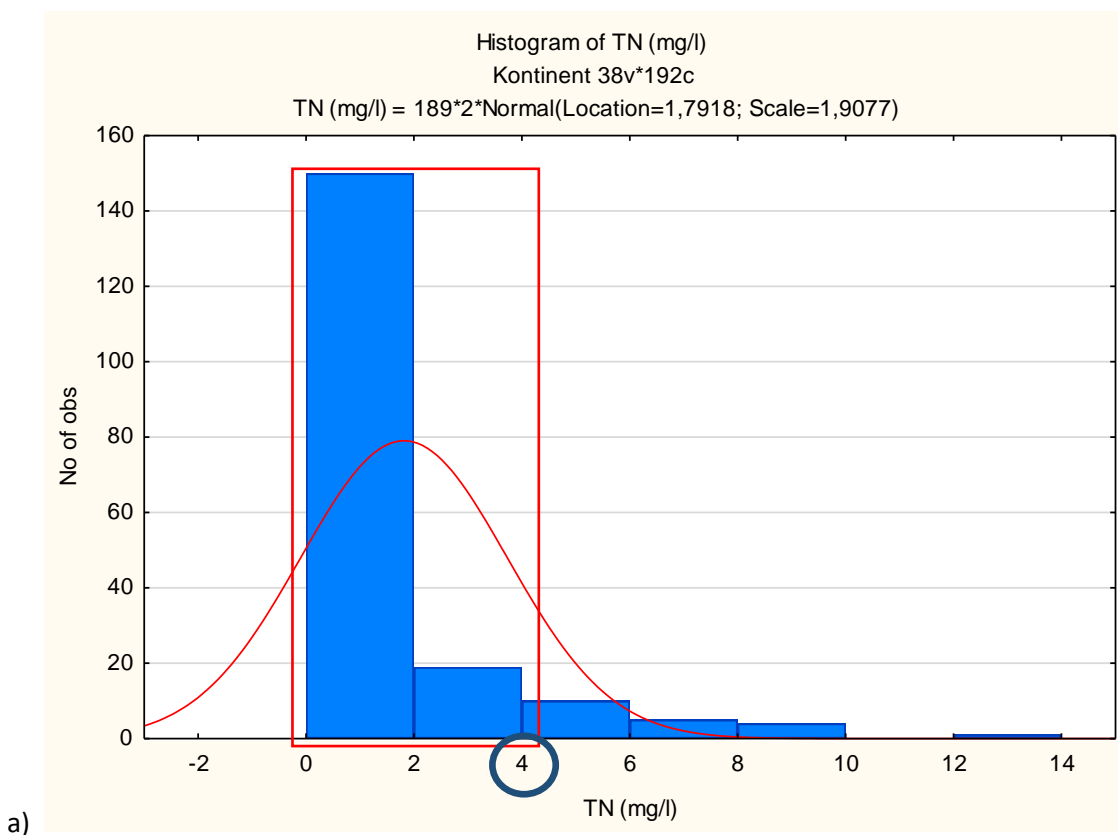
Referentne vrijednosti i krajnje vrijednosti

Za utvrđivanje odnosa između koncentracije hranjivih tvari i zajednice primarnih producenata u obzir su uzeti podaci sa 191 postaje (prilog 1). Kao postaje koje se smatraju pod najslabijim utjecajem u obzir smo uzeli postaje koje su imale indeks korištenja zemljišta niži od 10.

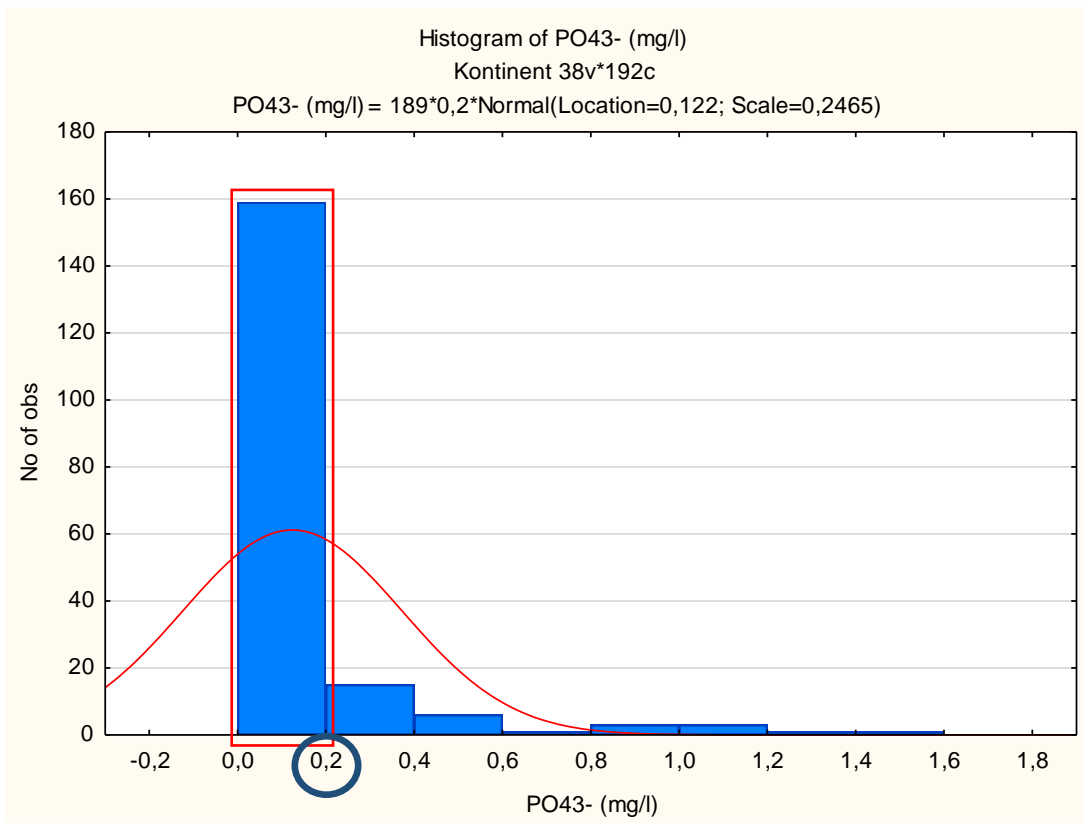
Sukladno prethodno iznesenoj i potvrđenoj tezi da korištenje zemljišta u slivu jasno i značajno utječe na opterećenje hranjivim tvarima pristupili smo određivanju prve granice: oligotrofno - oligo-mezotrofno određivši medijan (50. percentil) vrijednosti promatranih pokazatelja (TP (mg/l) – koncentracija ukupnog fosfora, TN (mg/l) - koncentracija ukupnog dušika, PO₄³⁻ (mg/l) - koncentracija ortofosfata i NO₃⁻ (mg/l) - koncentracija nitrata) iz postaja čija su slivna područja prema LUI imale vrijednosti do 10. Preostale granice utvrdili smo ekvidistalno raspoređujući vrijednosti do najgore vrijednosti promatranih pokazatelja podataka koji su obuhvaćali najmanje 90. percentila ukupne raspodijele (Slike 1.7. do 1.9.).



Slika 1.7. Raspodjela podataka za TP (mg/l) - koncentraciju ukupnog fosfora; Crvenim pravokutnikom obilježen je skup podataka koji iznosi 90. percentil svih podataka u obradi – sukladno tome najgora vrijednost pojedinog pokazatelja (isključujući ekstremne vrijednosti) je odabrana (zaokruženo).

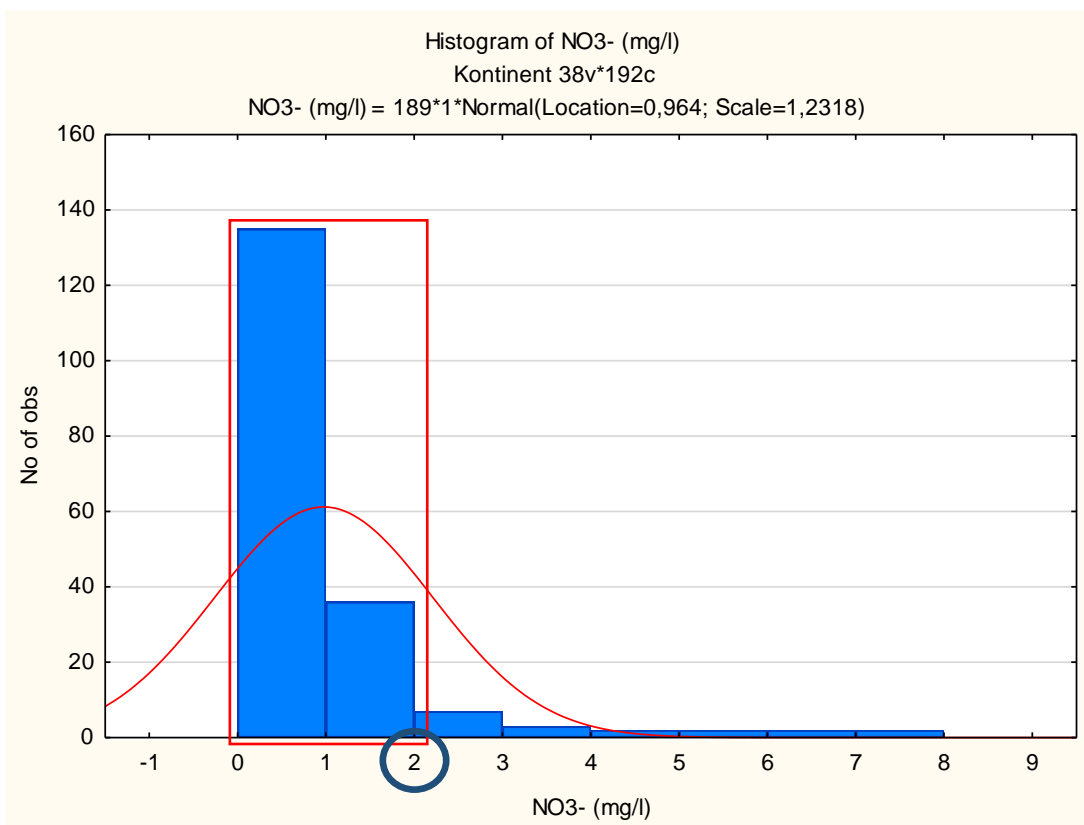


a)



b)

Slika 1.8. Raspodjela podataka za: a) TN (mg/l) - koncentraciju ukupnog dušika; b) PO_4^{3-} (mg/l) - koncentraciju ortofosfata; Crvenim pravokutnikom obilježen je skup podataka koji iznosi 90. percentil svih podataka u obradi – sukladno tome najgora vrijednost pojedinog pokazatelja (isključujući ekstremne vrijednosti) je odabrana (zaokruženo).



c)

Slika 1.9. Raspodjela podataka za NO_3^- (mg/l) - koncentraciju nitrata; Crvenim pravokutnikom obilježen je skup podataka koji iznosi 90. percentil svih podataka u obradi – sukladno tome najgora vrijednost pojedinog pokazatelja (isključujući ekstremne vrijednosti) je odabrana (zaokruženo).

Prijedlog klasifikacije stanja trofije

Tablica 1.2. Predložene granice količina hranjivih tvari između: Oligotrofnih i oligotrofno-mezotrofnih voda (O-O/M), oligotrofno-mezotrofnih i mezotrofnih voda (O/M-M), mezotrofnih i mezotrofno-eutrofnih voda (M-M/E) i mezotrofno-eutrofnih i eutrofnih voda (M/E-E). Navedene su i najviše (najlošije) vrijednosti skupa podataka. Vrijednosti su srednje godišnje.

	TP (mg P/l)	TN (mg N/l)	PO_4^{3-} (mg P/l)	NO_3^- (mg N/l)
O	< 0,025	< 0,8	< 0,01	< 0,6
O/M	0,025-0,15	0,8-1,6	0,01-0,1	0,6-0,95
M	>0,15-0,25	>1,6-2,4	>0,1-0,2	>0,95-1,3
M/E	>0,25-0,4	>2,4-3,2	>0,2-0,3	>1,3-1,65
E	> 0,4	> 3,2	> 0,3	> 1,65
Najviše vrijednosti	0,5	4	0,4	2

Sukladno predloženim granicama usporedili smo trofičke ocjene s ekološkim stanjem prema koncentraciji ukupnog fosfora i koncentraciji ukupnog dušika (Uredba o standardu kakvoće voda NN 96/19) te s utvrđenim ekološkim stanjem prema omjeru ekološke kakvoće OEK (TID_{HR}) (Prilog 1).

Također su, sukladno preporukama Nitrata direktive, analizirane srednje vrijednosti zimskih mjeseci s referentnih postaja (Tablica 1.3) te predložene granice primijenjene na cijeli skup podataka (slike 1.10.-1.13.).

Tablica 1.3. Analiza primjene navedenih granica za koncentracije ukupnog fosfora, ukupnog dušika, ortofosfata i nitrata na referentne postaje u kontinentalnoj Hrvatskoj sukladno srednjoj vrijednosti zimskih mjeseci (Z) u: a) godini uzorkovanja bioloških pokazatelja (bentoskih dijatomeja) i b) u razdoblju od 2015. do 2017. godine.

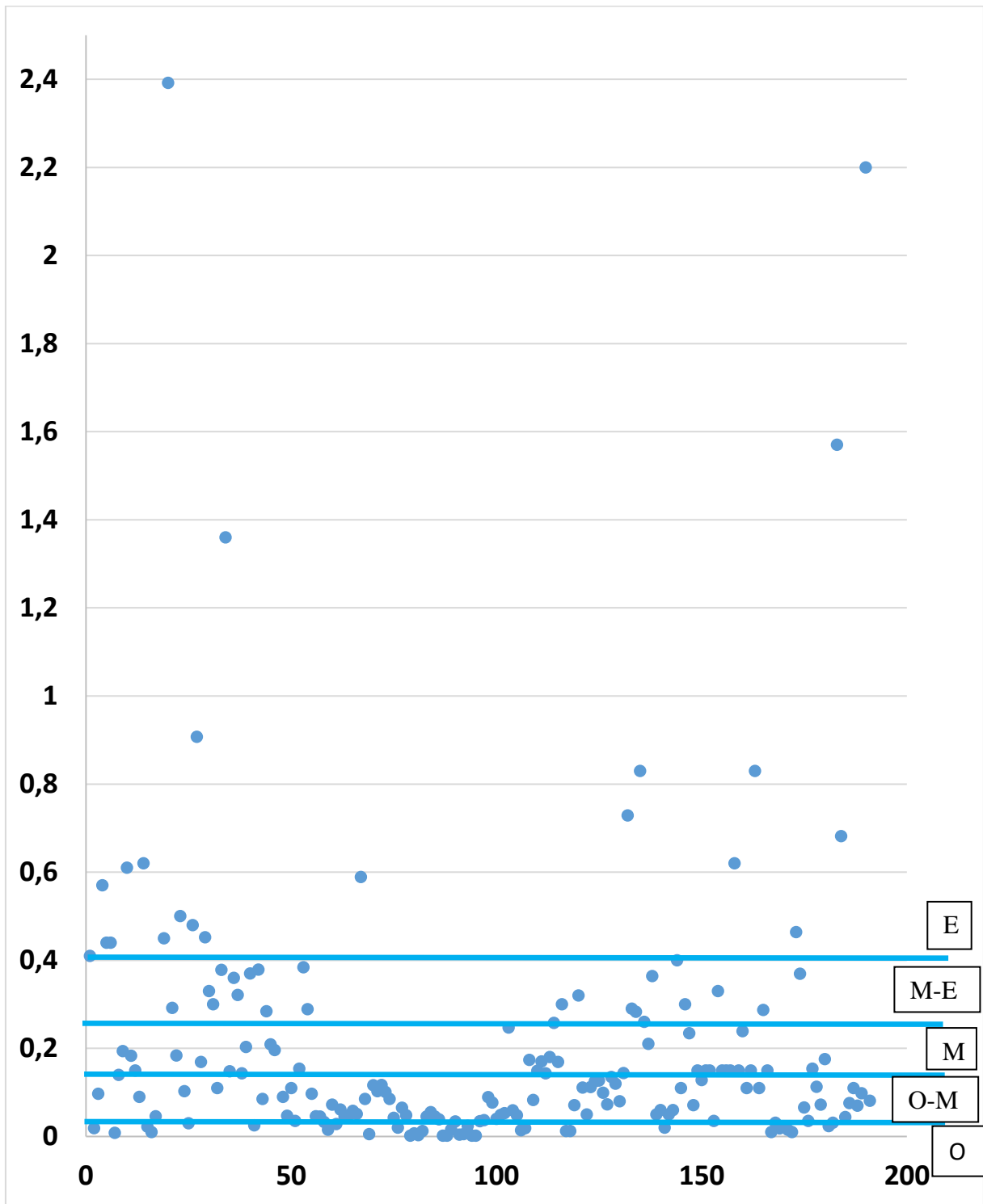
a)

ŠIFRA	MJERNA POSTAJA	Z TP (mg/l)	Z TN (mg/l)	Z PO_4^{3-} (mg/l)	Z NO_3^- (mg/l)
13235	Velika rijeka. Kutjevo (Rikino vrelo)	0,047	0,827	0,012	0,358
14004	Una. izvorište Donja Suvaja	0,003	0,595	0,003	0,330
15589	Zelina. Biškupec Zelinski	0,034	2,690	0,018	0,770
16050	Petrinjčica. gornji tok. Miočinovići	0,041	0,336	0,005	0,182
16453	Mrežnica-Juzbašić	0,025	0,800	0,005	0,725
16662	Dretulja. izvorište Plaški	0,019	1,090	0,009	0,804

16850	Crna Rijeka. prije utoka u Maticu	0,012	0,768	0,003	0,670
17014	Bistra. Krainje. Kraljev Vrh	0,180	1,530	0,080	0,930
17403	Reka. Lobor	0,077	1,000	0,019	0,737
30009	Kupa. nakon utoka Čabranke (Gašparci)	0,017	1,013	0,006	0,805
30026	V. Belica. prije utoka u Kupu	0,022	0,958	0,002	0,715

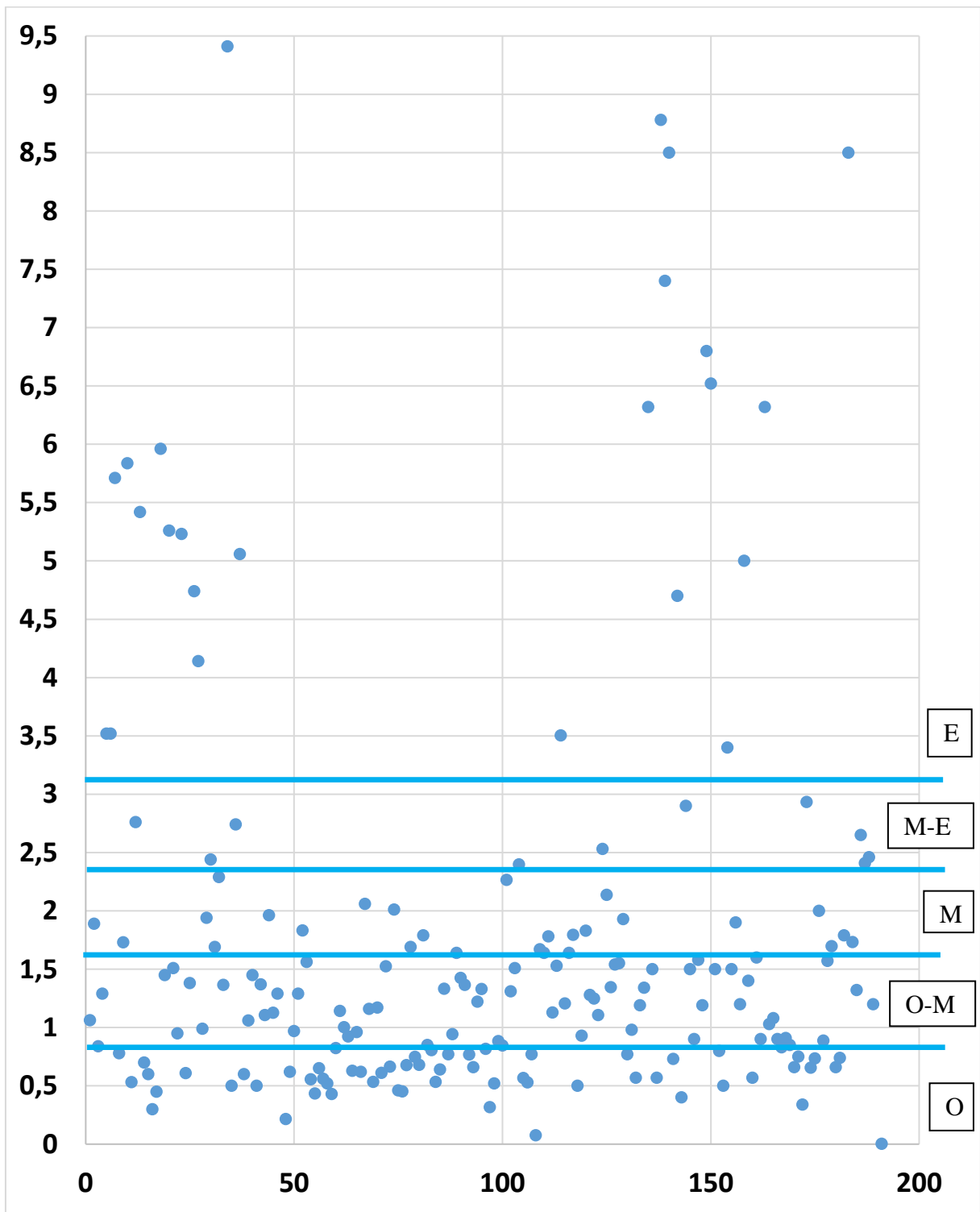
b)

ŠIFRA	MJERNA POSTAJA	Z TP (mg/l)	Z TN (mg/l)	Z PO ₄ ³⁻ (mg/l)	Z NO ₃ ⁻ (mg/l)
13235	Velika rijeka. Kutjevo (Rikino vrelo)	0,131	1,032	0,088	0,572
14004	Una. izvorište Donja Suvaja	0,010	0,581	0,004	0,348
15589	Zelina. Biškupec Zelinski	0,034	2,690	0,018	0,770
16050	Petrinjčica. gornji tok. Miočinovići	0,032	0,581	0,006	0,385
16453	Mrežnica-Juzbašić	0,020	0,936	0,005	0,761
16662	Dretulja. izvorište Plaški	0,015	1,299	0,007	1,018
16850	Crna Rijeka. prije utoka u Maticu	0,018	0,802	0,004	0,691
17014	Bistra. Krainje. Kraljev Vrh	0,019	1,220	0,008	0,977
17403	Reka. Lobor	0,065	0,905	0,021	0,655
30009	Kupa. nakon utoka Čabranke (Gašparci)	0,021	0,927	0,004	0,768
30026	V. Belica. prije utoka u Kupu	0,015	0,941	0,002	0,769



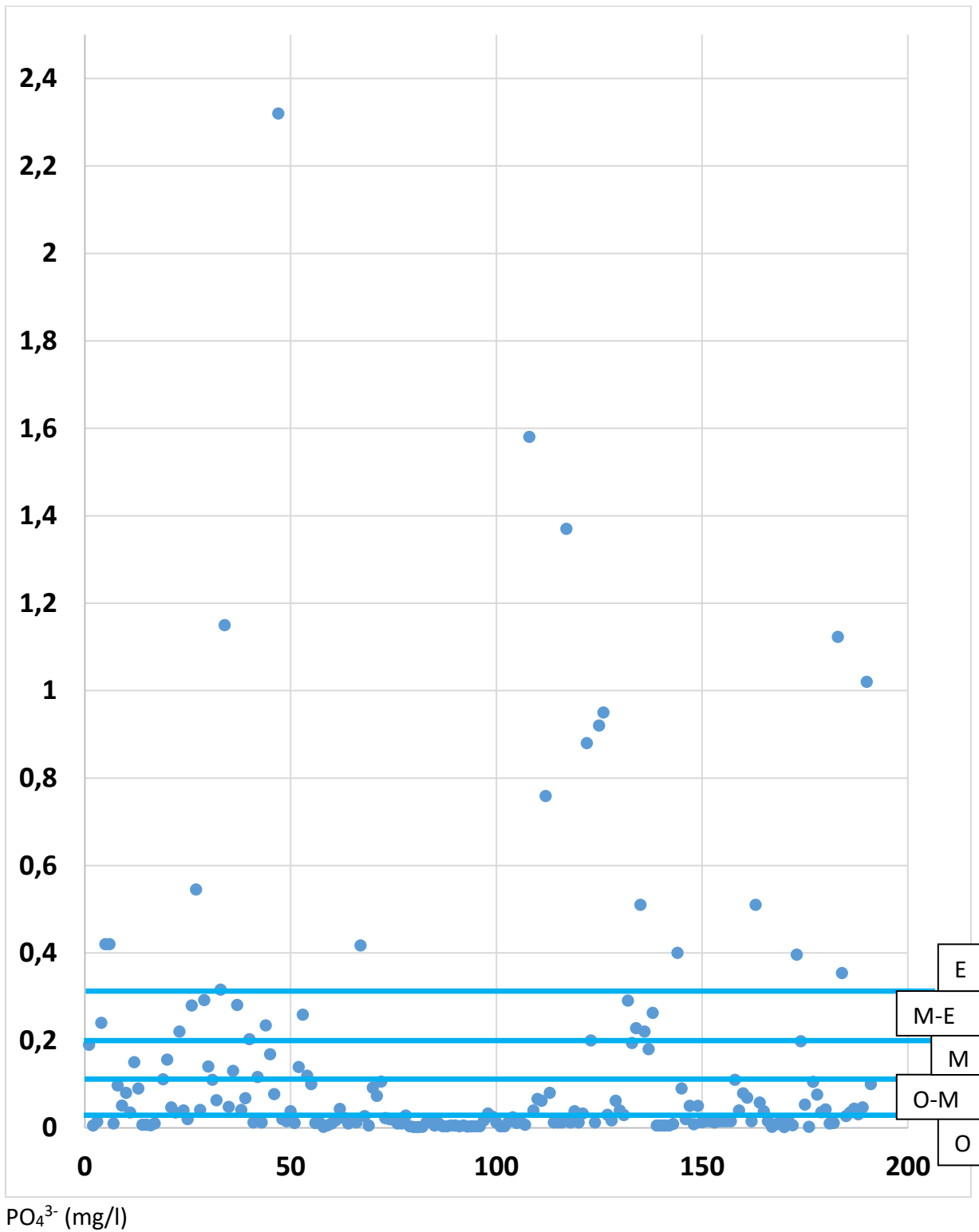
TP (mg/l)

Slika 1.10. Granice trofičkih razreda sukladno tablici 1, primijenjene na temeljni skup podataka za: TP (mg P/l) - koncentracija ukupnog fosfora.

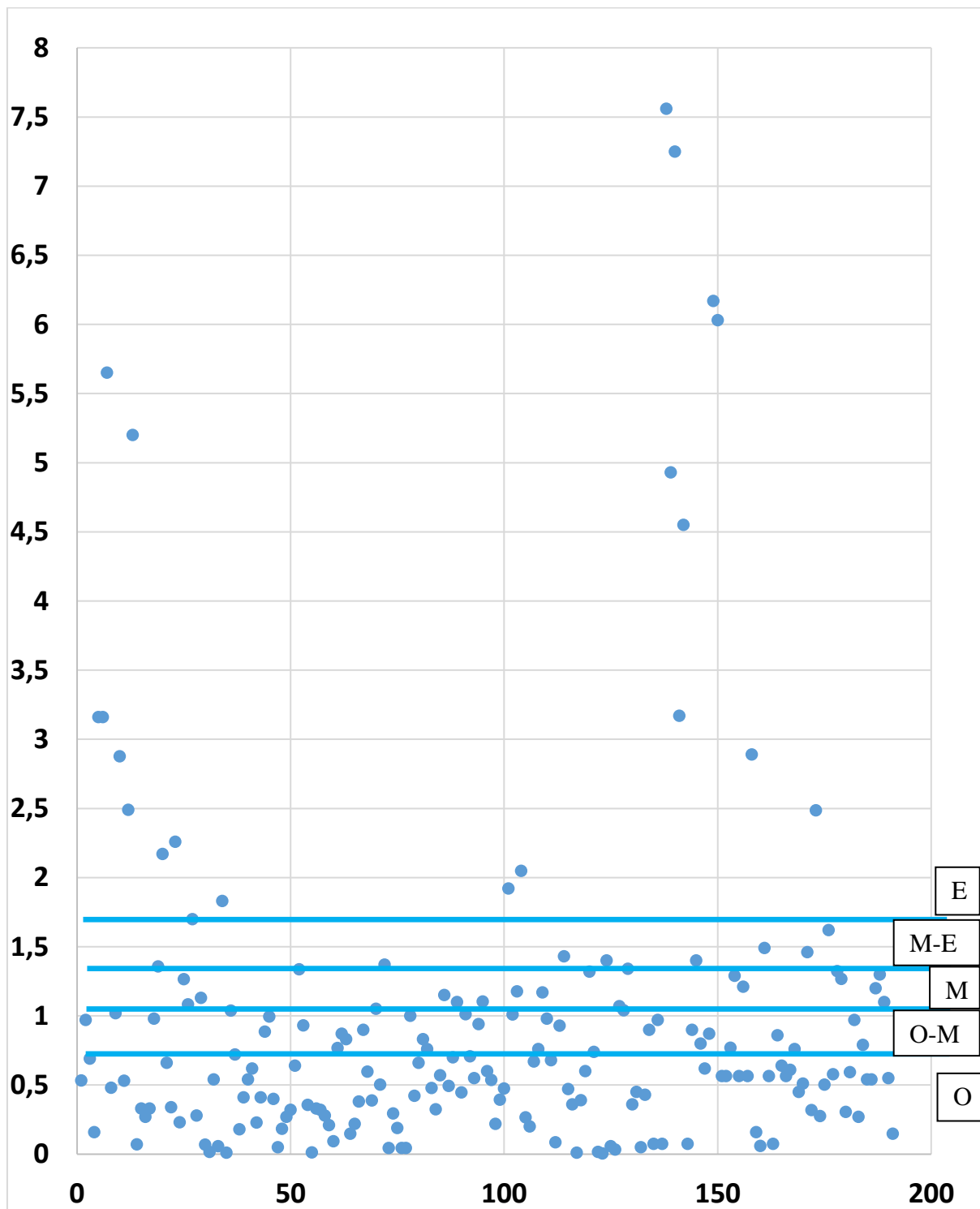


TN (mg/l)

Slika 1.11. Granice trofičkih razreda sukladno tablici 1, primijenjene na temeljni skup podataka za: TN (mg N/l) - koncentraciju ukupnog dušika.



Slika 1.12. Granice trofičkih razreda sukladno tablici 1, primijenjene na temeljni skup podataka za: PO_4^{3-} (mg P/l) - koncentracija ortofosfata.



NO_3^- (mg/l)

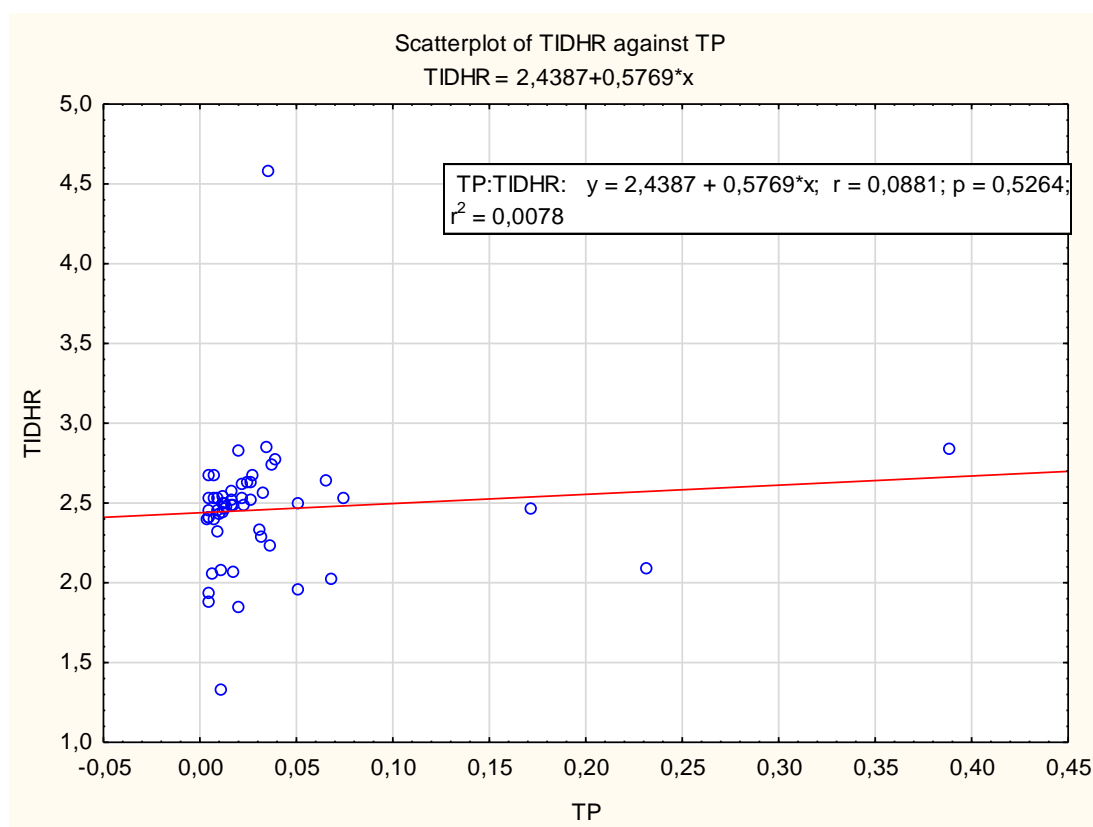
Slika 1.13. Granice trofičkih razreda sukladno tablici 1, primijenjene na temeljni skup podataka za: NO_3^- (mg N/l) - koncentraciju nitrata.

1.3.2 Dinaridska ekoregija

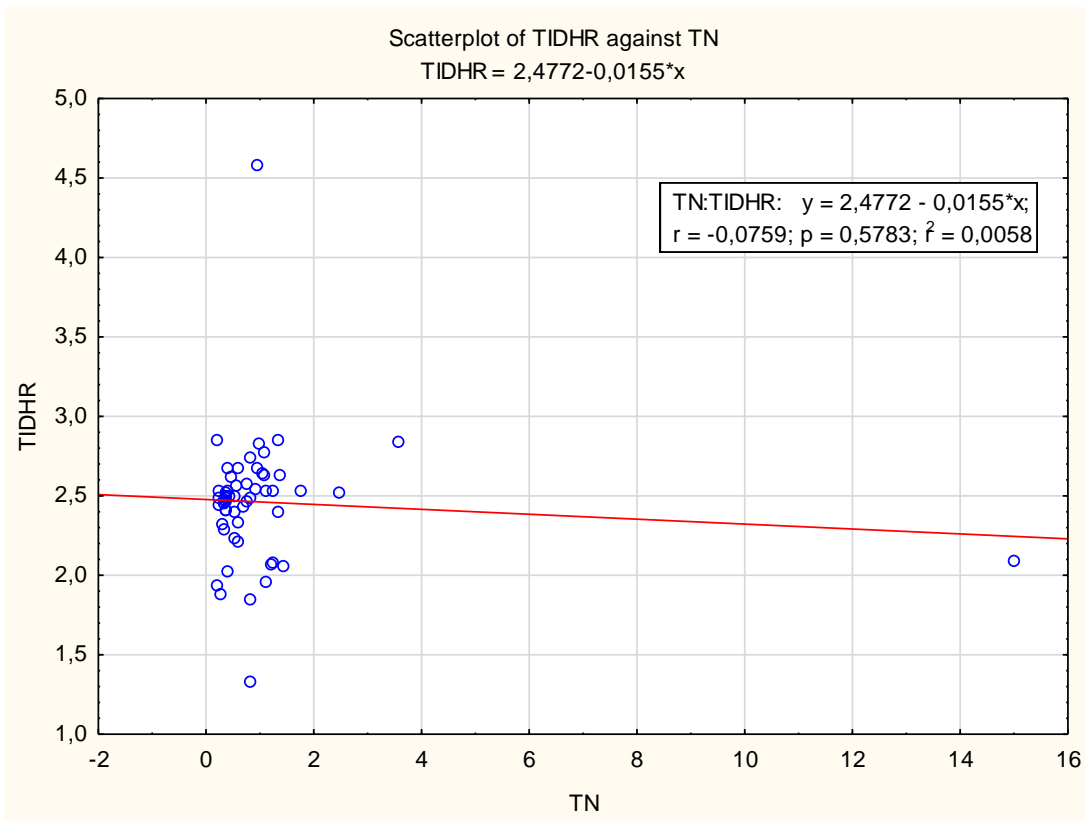
1.3.2.1 Utvrđivanje međuodnosa hranjivih tvari i okolišnih i bioloških pokazatelja

S obzirom na klimazonalnu razliku spram panonske ekoregije, kao i razliku u geološkoj podlozi, u Dinaridskoj ekoregiji Hrvatske, raspored podataka bio je očekivano drukčiji (slike 1.14 do 1.16). U prikazanoj raspodjeli podataka uočljivo je da su koncentracije ukupnog fosfora i ortofosfata značajno niže u skupu podataka iz postaja dinaridske Hrvatske nego one iz panonske Hrvatske (uzimajući u obzir i ukupne skupine podataka i skupine podataka referentnih postaja).

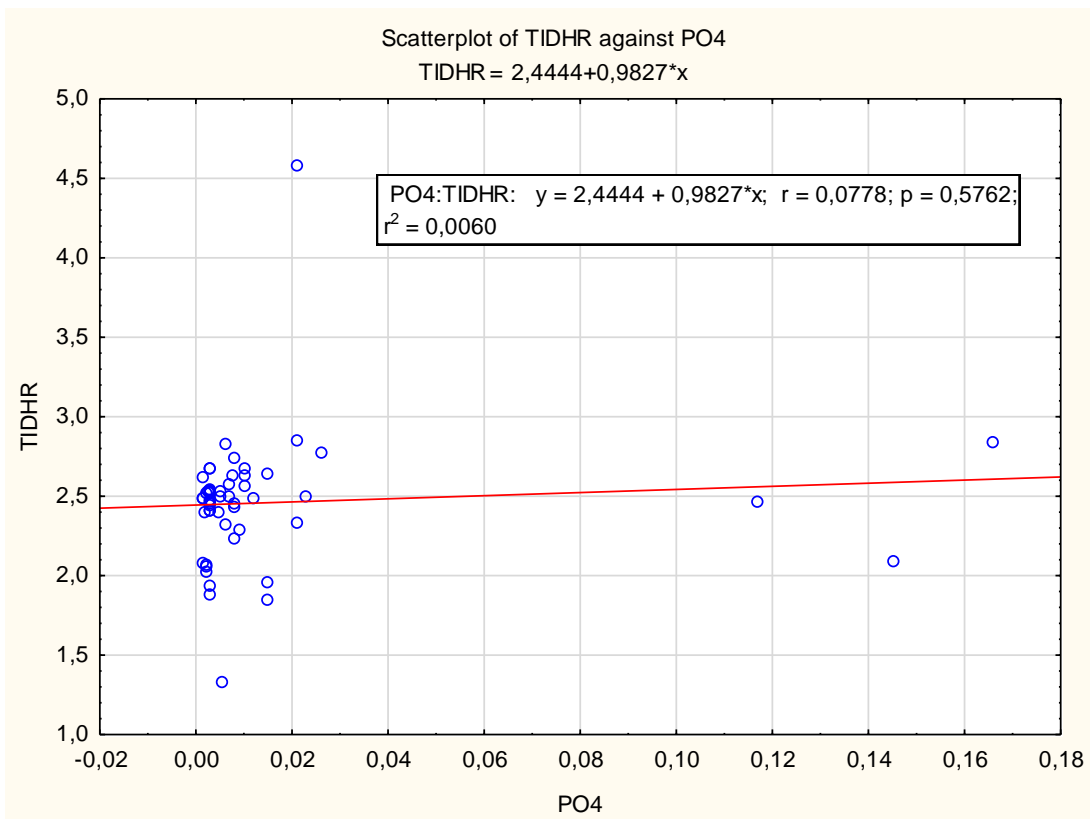
Važno je istaknuti da u Dinaridskoj ekoregiji ne postoje postaje koje imaju ocjenu ekološkog stanja nižu od dobre i sukladno odabran biološki pokazatelj usporedivosti (trofički indeks dijatomeja). Stoga u Dinaridskoj ekoregiji nedostaje gradijent za razvijanje sustava ocjenjivanja i prema razini trofije (slike 1.17. i 1.18).



Slika 1.14. Odnos između koncentracije ukupnog fosfora i trofičkog indeksa dijatomeja (TID_{HR}) na svim postajama Dinaridske ekoregije.

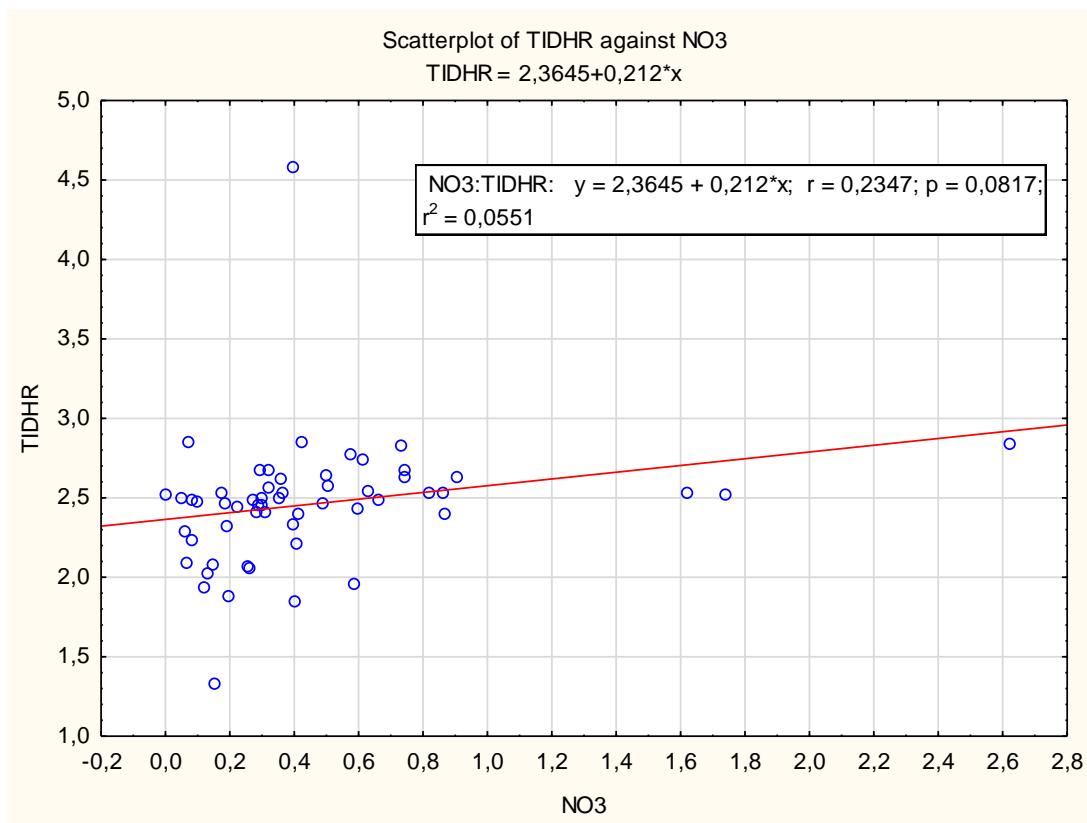


a)



b)

Slika 1.15. Odnos između koncentracije a) ukupnog dušika, i b) ortofosfata i trofičkog indeksa dijatomeja (TID_{HR}) na svim postajama Dinaridske ekoregije.

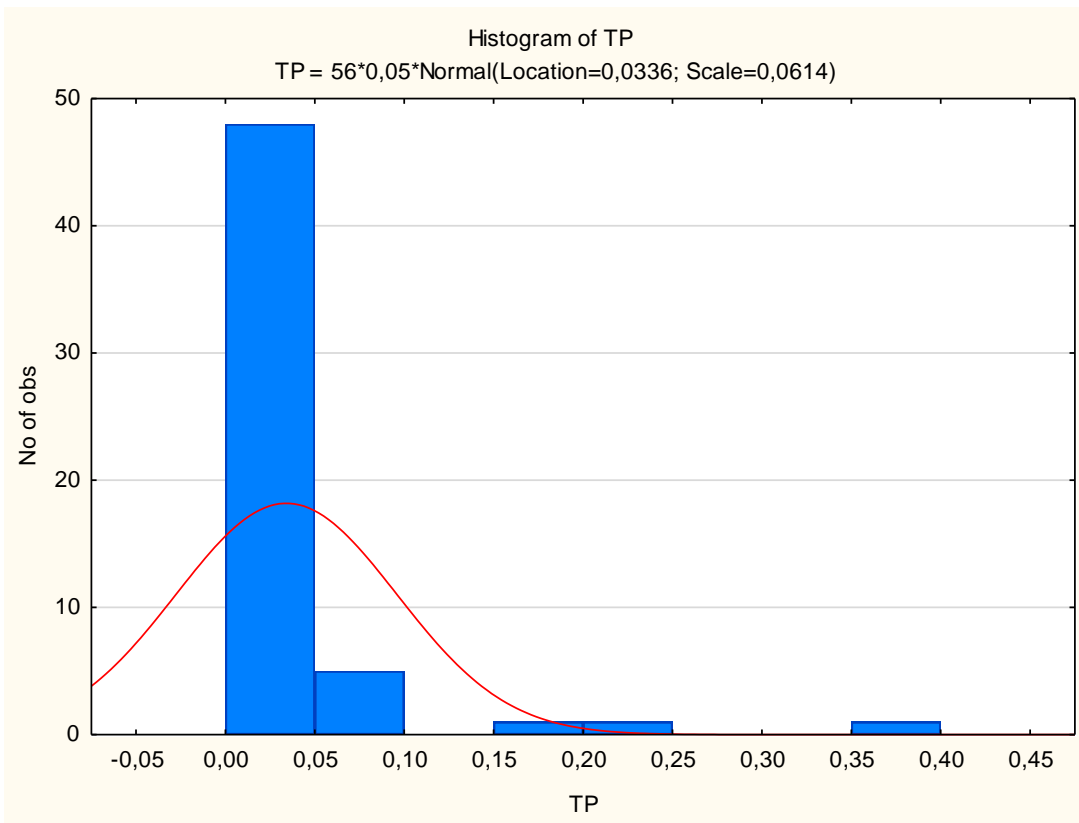


Slika 1.16. Odnos između koncentracije d) nitrata u vodi i trofičkog indeksa dijatomeja (TID_{HR}) na svim postajama Dinaridske ekoregije.

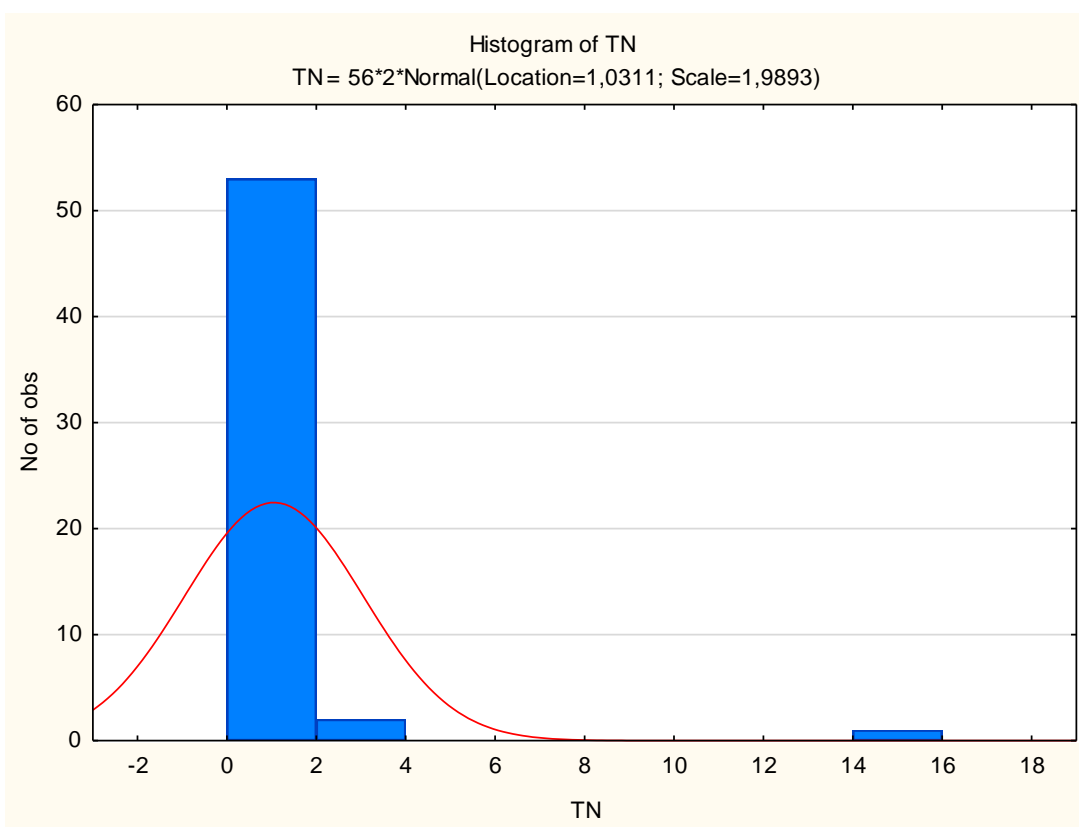
1.3.2.2 Određivanje granica trofičkih razreda

Referentne vrijednosti i krajnje vrijednosti

Osim nedostatka gradijenta (nepostojanja trofički visokih mjerenja hranjivih tvari) tekućice jadranskog sliva (Dinaridske ekoregije) imaju i znatno niže koncentracije ortofosfata u odnosu na tekućice kontinentalnog dijela Hrvatske. Količine ukupnog dušika su usporedive među regijama.

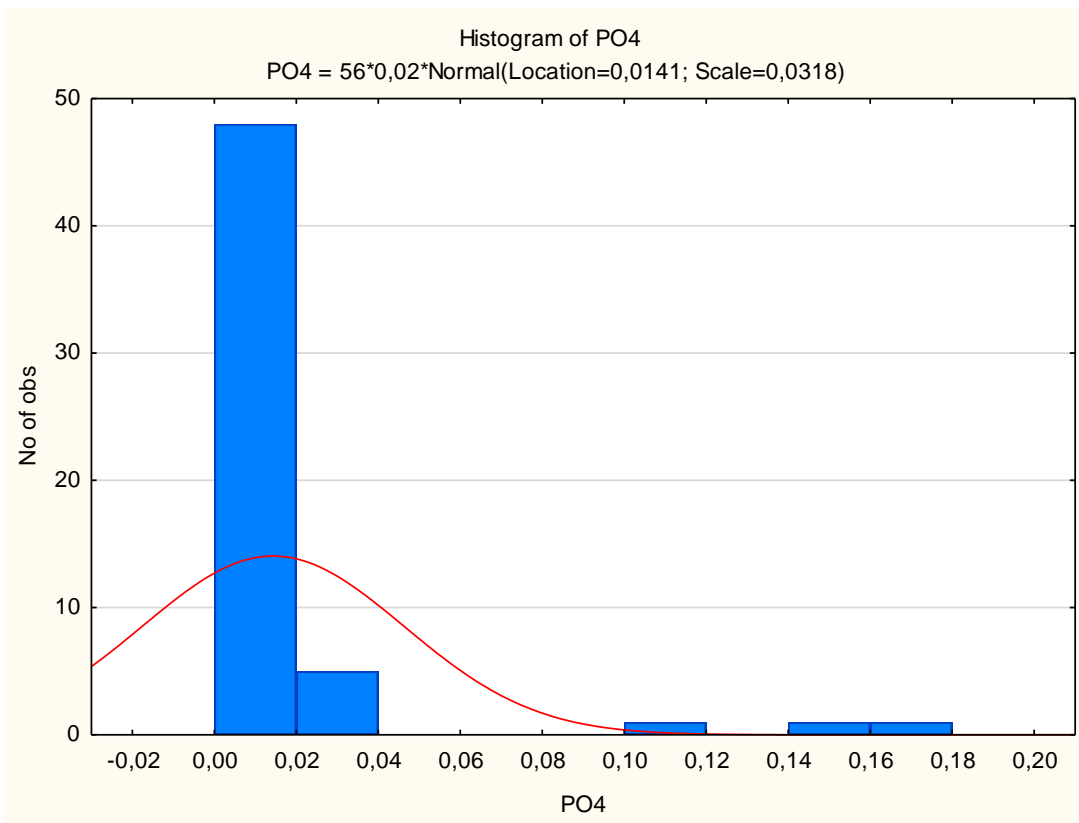


a)

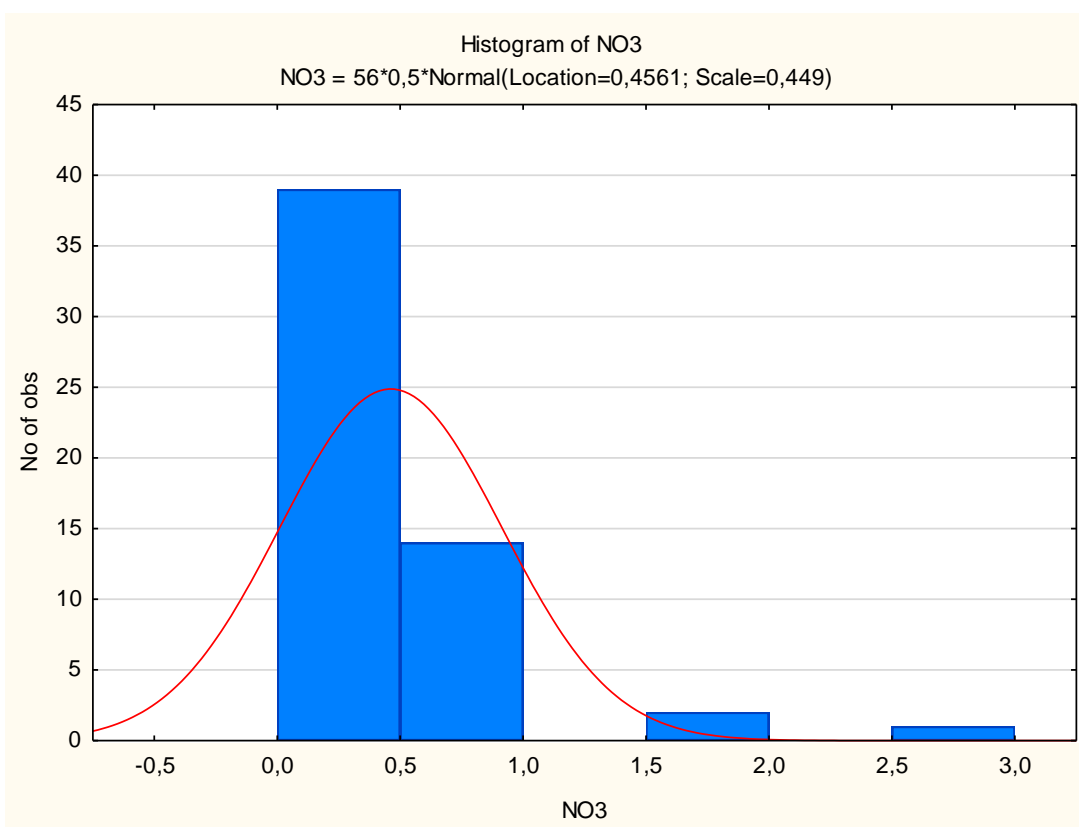


b)

Slika 1.17. Raspodjela podataka za: a) TP (mg P/l) - koncentraciju ukupnog fosfora; b) TN (mg N/l) - koncentraciju ukupnog dušika u postajama Dinaridske ekoregije.



a)

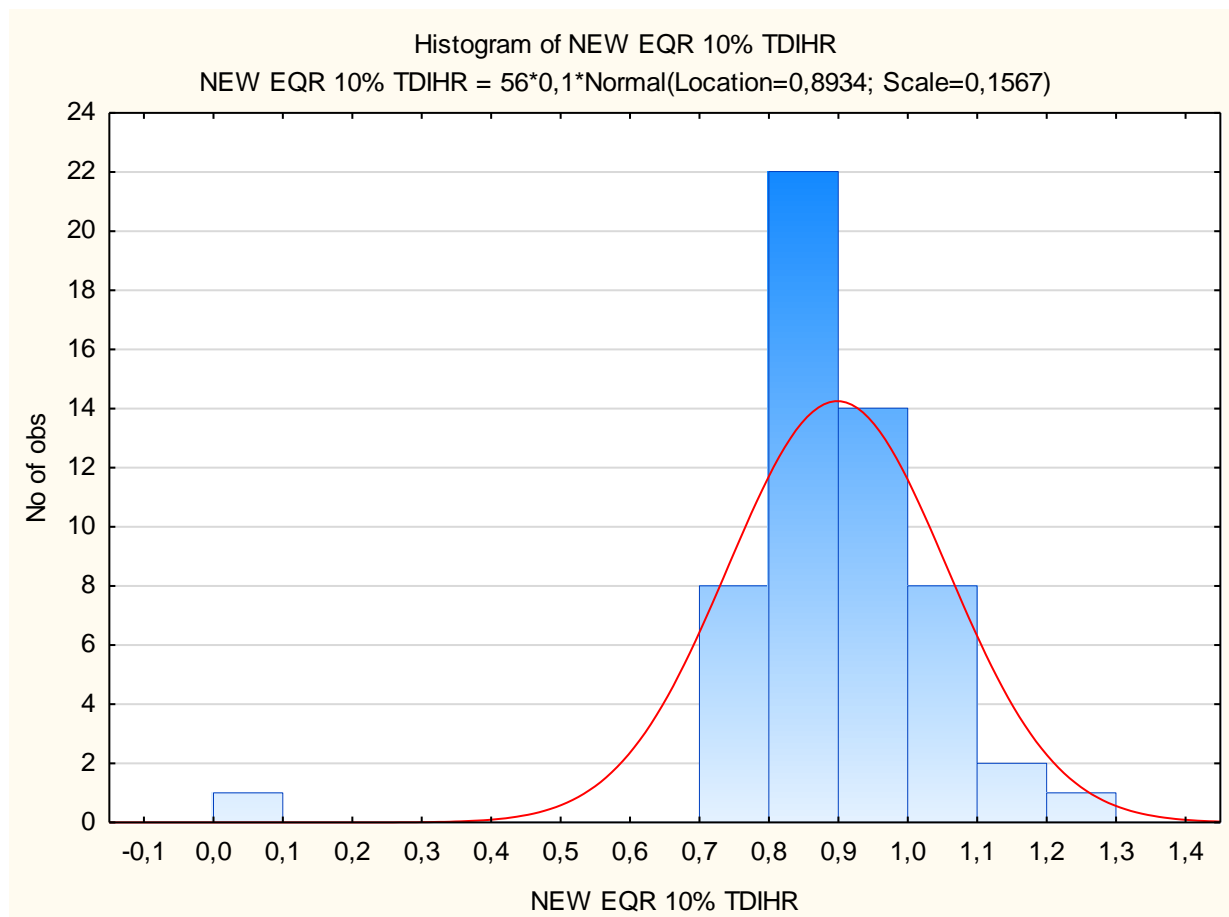


b)

Slika 1.18. Raspodjela podataka za: a) PO_4^{3-} (mg P/l) - koncentracije ortofosfata; b) NO_3^- (mg N/l) - koncentraciju nitrata u postajama Dinaridske ekoregije.

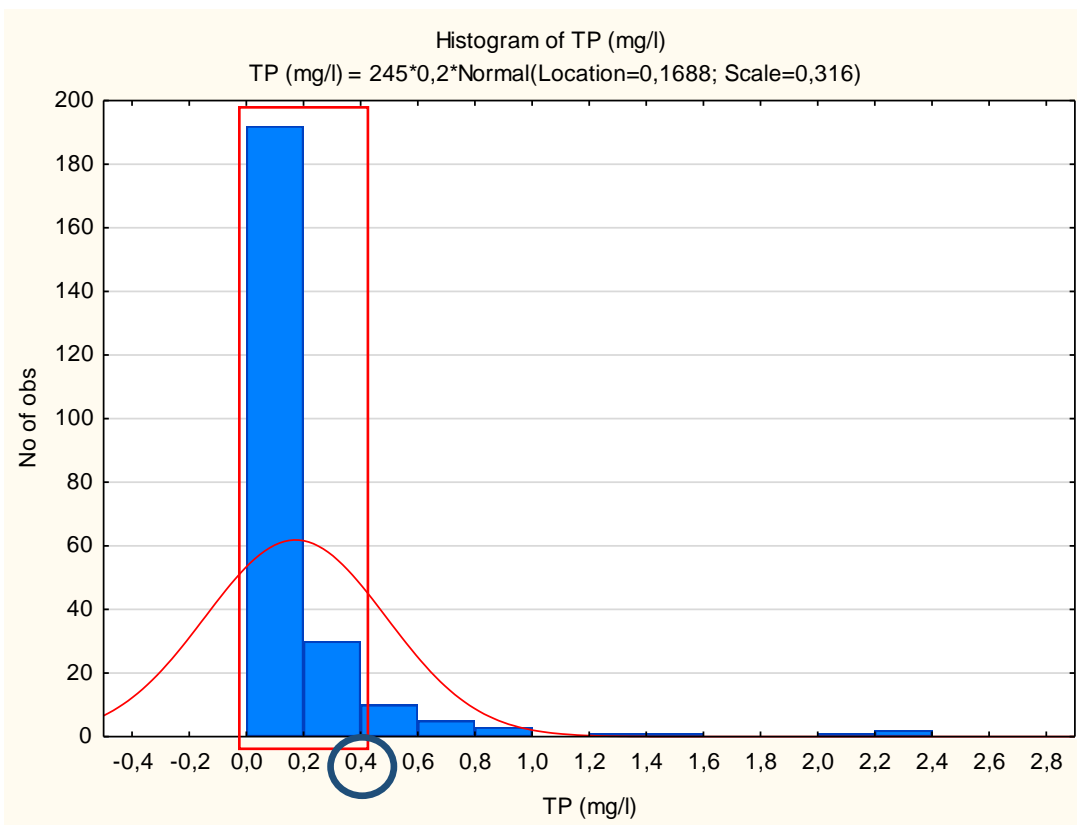
Sukladno raspodjeli podataka pristupili smo analizi omjera ekološke kakvoće za fitobentos (OEK TDI_{HR}) u skupini podataka te je utvrđeno da su sve postaje u vrlo dobrom i dobrom stanju izuzev postaje 40142 Gornji kanal, prtok Cetine kod Trilja.

Sve ostale postaje prema OEK-u su pripadale u stanja vrlo dobre ili dobre ocjene – dakle, nedostajao je gradijent za razvoj granica u područjima raspodjele podataka koji nisu odgovarali slabijim stupnjevima trofije.

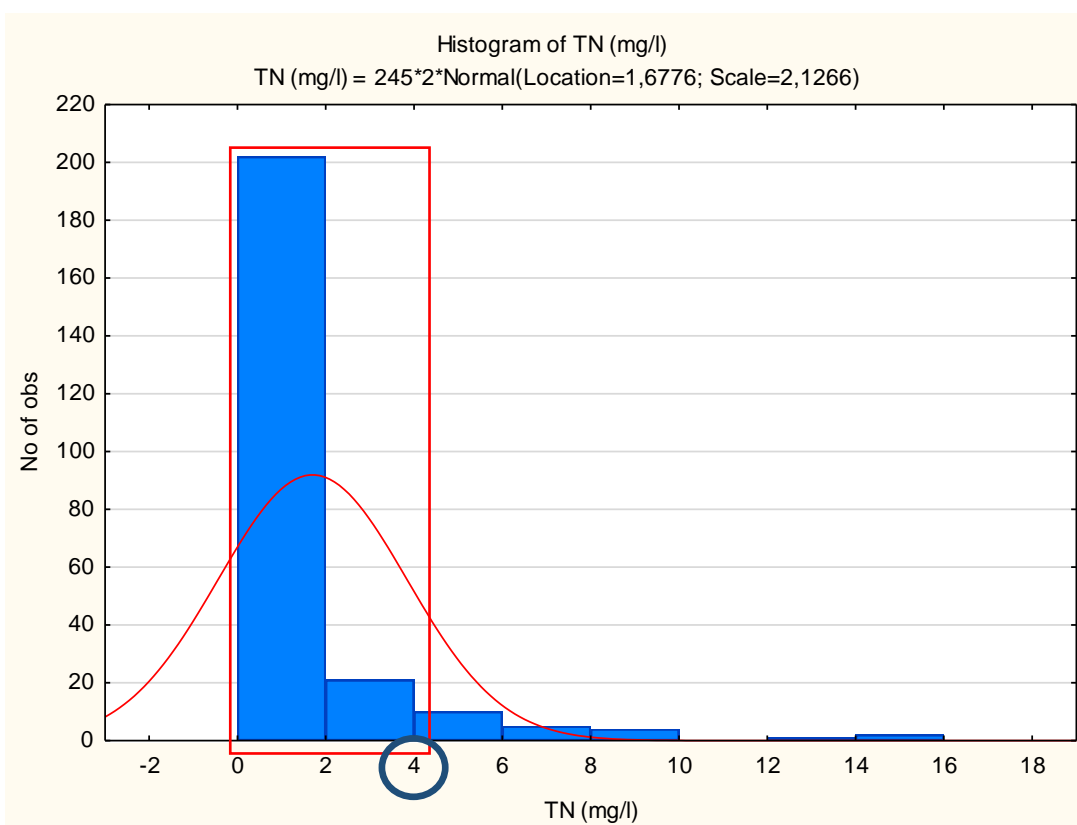


Slika 1.19. Raspored OEK podataka u skupini podataka Dinaridske ekoregije.

Obrazac raspodjele u bazi podataka iz dinaridskog dijela Hrvatske ukazuje da ne postoje vodna tijela odnosno postaje u ovoj analizi u kojima bismo jasno mogli definirati viši/visok stupanj trofije (iznad mezotrofnog). Naime, u ukupnom skupu podataka rasap (gradijent) je bio nedovoljan za određivanje granica nižih od granice oligotrofno – oligomezotrofno, a sukladno slabom rasapu (nedostatak gradijenta) valjalo je modificirati pristup određivanju najlošijeg stanja. Pri određivanju granica trofije nižih od granice oligotrofno – oligomezotrofno, za određivanje najlošijeg stanja obuhvatili smo ukupan set podataka (koristeći i podatke kontinentalnih postaja; slike 1.20 i 1.21).

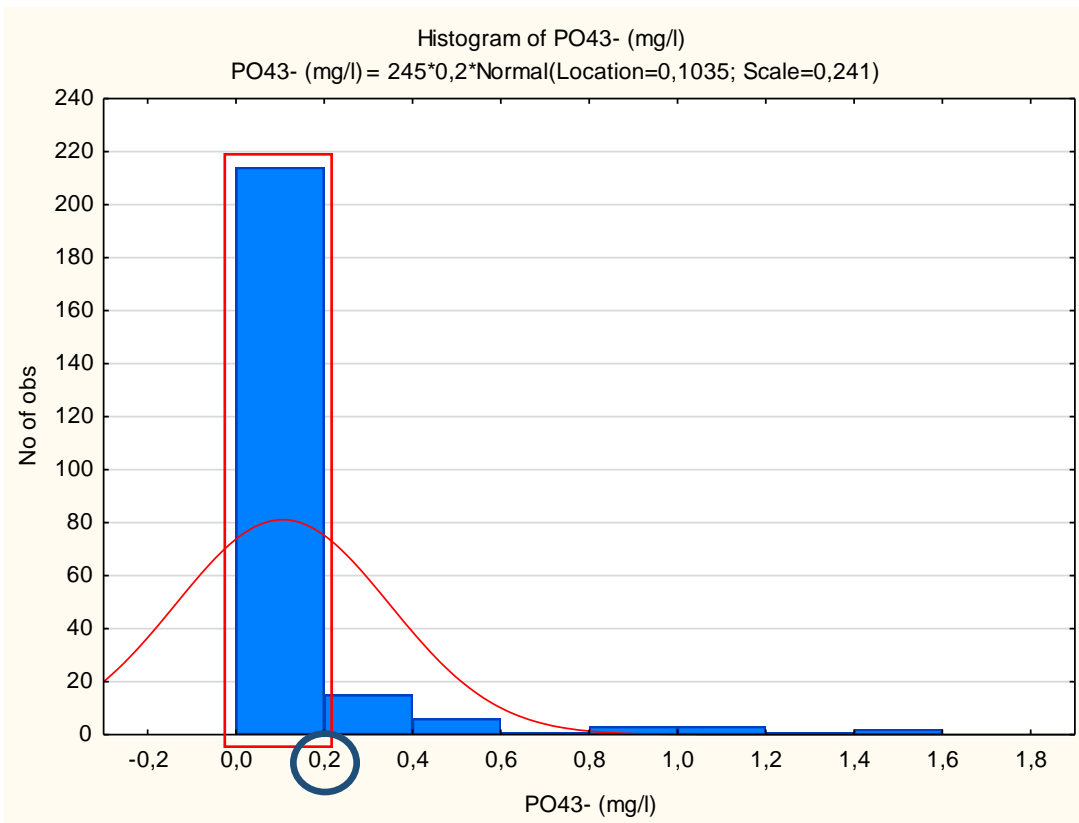


a)

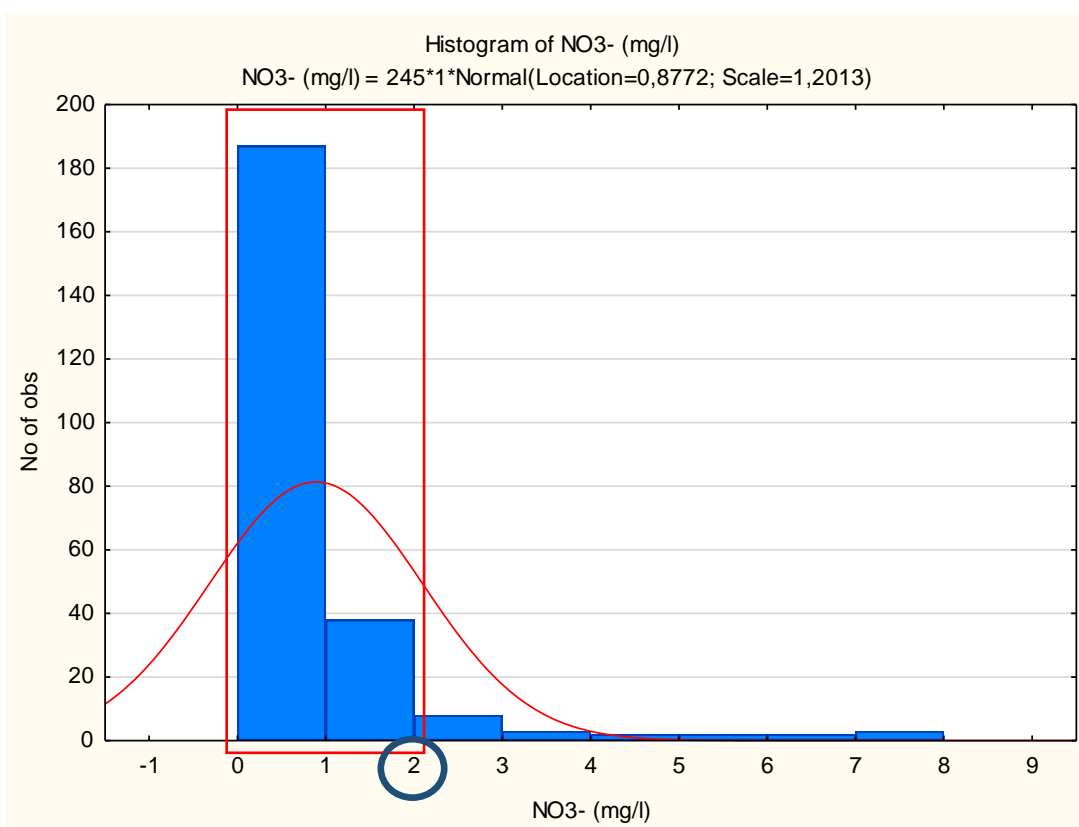


b)

Slika 1.20. raspodjela podataka za a) koncentraciju ukupnog fosfora i b) koncentraciju ukupnog dušika s uključenim svim postajama u Hrvatskoj.



a)



b)

Slika 1.21. Raspodjela podataka za a) koncentraciju ortofosfata i b) koncentraciju nitrata s uključenim svim postajama u Hrvatskoj.

Prijedlog klasifikacije stanja trofije

Prema tako utvrđenim najlošijim vrijednostima utvrđene su granice stupnjeva trofije za jadransku regiju Hrvatske niže od granice oligotrofno – oligomezotrofno (tablica 1.4).

Tablica 1.4. Predložene granice količina hranjivih tvari između: Oligotrofnih i oligotrofno-mezotrofnih voda (O-O/M), oligotrofno-mezotrofnih i mezotrofnih voda (O/M-M), mezotrofnih i mezotrofno-eutrofnih voda (M-M/E) i mezotrofno-eutrofnih i eutrofnih voda (M/E-E). Navedene su i najviše (najlošije) vrijednosti skupa podataka. Vrijednosti su srednje godišnje.

	TP (mgP/l)	TN (mgN/l)	PO ₄ ³⁻ (mgP/l)	NO ₃ ⁻ (mgN/l)
O	< 0,015	< 0,6	< 0,005	<0,5
O/M	0,015-0,13	0,6-1,4	0,005-0,1	>0,5-0,9
M	> 0,13-0,25	>1,4-2,3	>0,1-0,2	>0,9-1,2
M/E	> 0,25-0,37	>2,3-3,1	>0,2-0,3	>1,2-1,6
E	>0,37	>3,1	>0,3	>1,6
Najviše	0,5	4	0,4	2

Prema predloženim granicama sve postaje ulaze u raspon stupnja trofije koji je iznad mezotrofnog stanja.

1.4 Zaključak

Budući da su odabrani pokazatelji: ukupni fosfor, ukupni dušik, ortofosfati i nitrati u vodi međusobno povezani i to: vrijednost ukupnog fosfora obuhvaća vrijednost ortofosfata i sukladno vrijednost ukupnog dušika obuhvaća i vrijednost nitrata u vodi, primjereno je da se, radi pojednostavlivanja donošenja ocjene stupnja trofije u tekućicama, koriste vrijednosti ukupnog fosfora i ukupnog dušika.

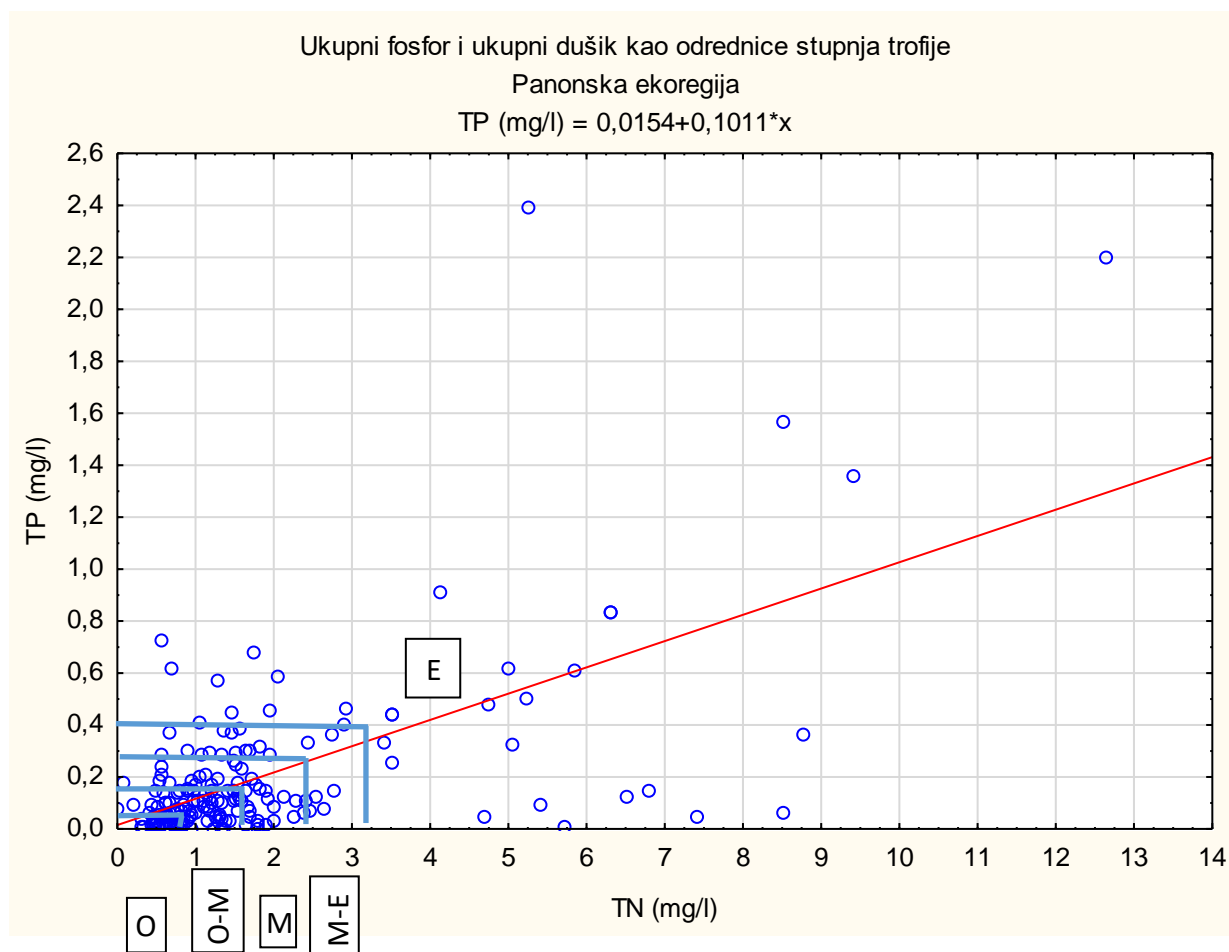
Određivanju stupnja trofije u Republici Hrvatskoj valja pristupiti jednakim principom međutim primijeniti dvije skupine granica s obzirom na ekološke razlike u dvama područjima – Panonska i Dinaridska ekoregija.

Nakon utvrđenih granica, osnovni principi koje valja zadovoljiti su da se za određivanje stupnja trofije ima uzeti, kao određujuće – spregu čimbenika koji uvjetuju proliferaciju razvoja primarnih producenata, koji su time i čimbenici porasta trofije. To znači da se pri ocjeni trofije imaju uzeti u ovom slučaju oba pokazatelja (ukupni dušik i ukupni fosfor) zajedno. Dodatni argument za ovaj pristup je činjenica da se razlučivanje oligotrofnog stanja po oba pokazatelja zasnivalo na referentnim postajama koje su vrlo slične prirodnom stanju – granice su stoga i vrlo stroge (Slike 1.11. i 1.12.).

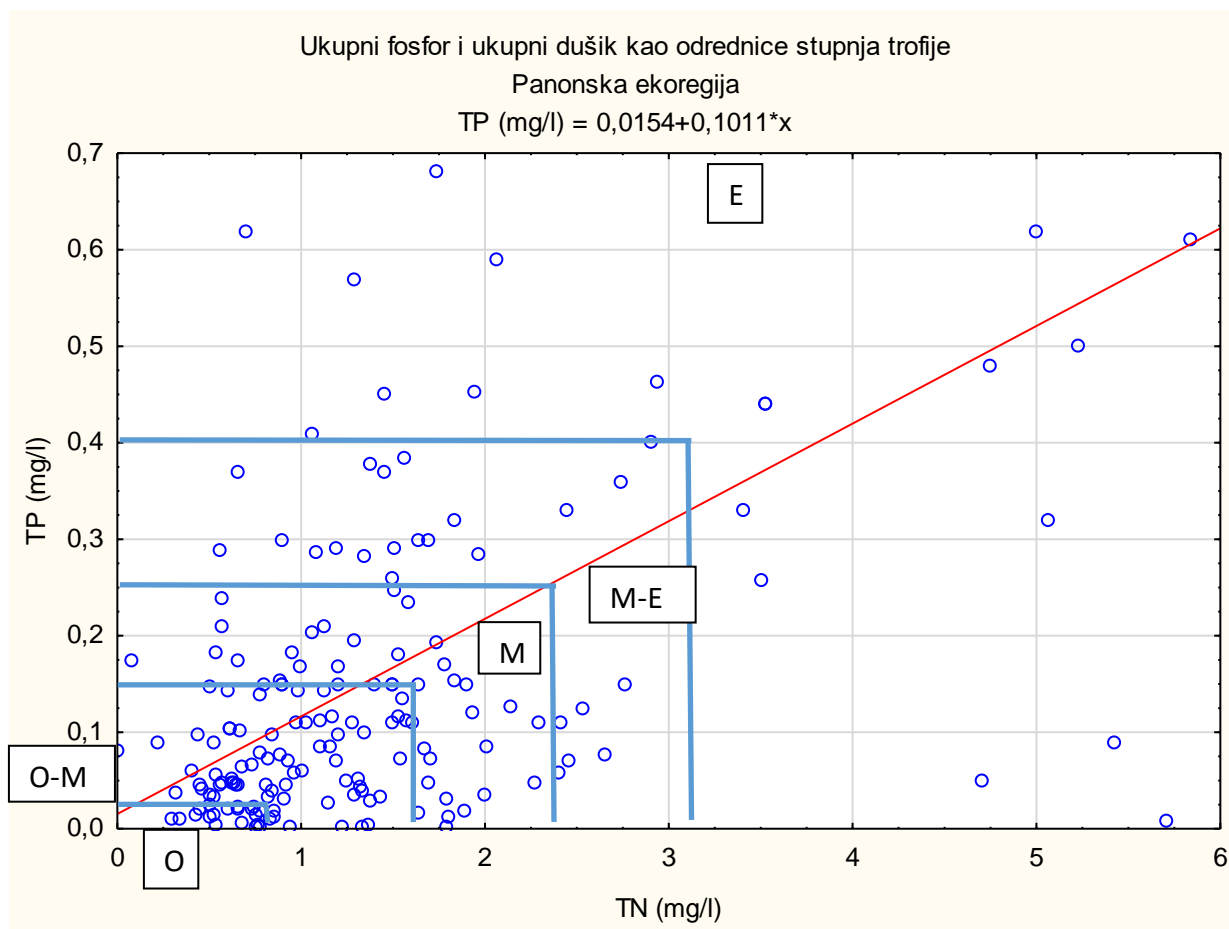
U većini prokušanih primjera vrijednosti ukupnog fosfora i ukupnog dušika će odgovarati – odnosno postaja će po oba čimbenika biti u istom stupnju trofije. U slučaju kada jedan od čimbenika prelazi u viši (lošiji) stupanj trofije, zadržavajući uvjet da oba pokazatelja moraju biti uzeta u obzir, valja tu postaju uvrstiti u stupanj trofije čimbenika koji je nepovoljniji (dakle zauzima viši stupanj trofije prema granicama definiranim u tablicama 1.2. i 1.4.).

Primjerice, ako postaja prema količini ukupnog fosfora zauzima stupanj oligo-mezotrofije, a prema ukupnom dušiku bilo koji viši stupanj (od mezotrofnog do eutrofnog), postaji se dodjeljuje ocjena sukladno stupnju prema ukupnom dušiku. U ovom slučaju od postaje do postaje valja utvrditi razloge nesklada i potencijalnog djelovanja kontrole čimbenika koji je značajno povišen.

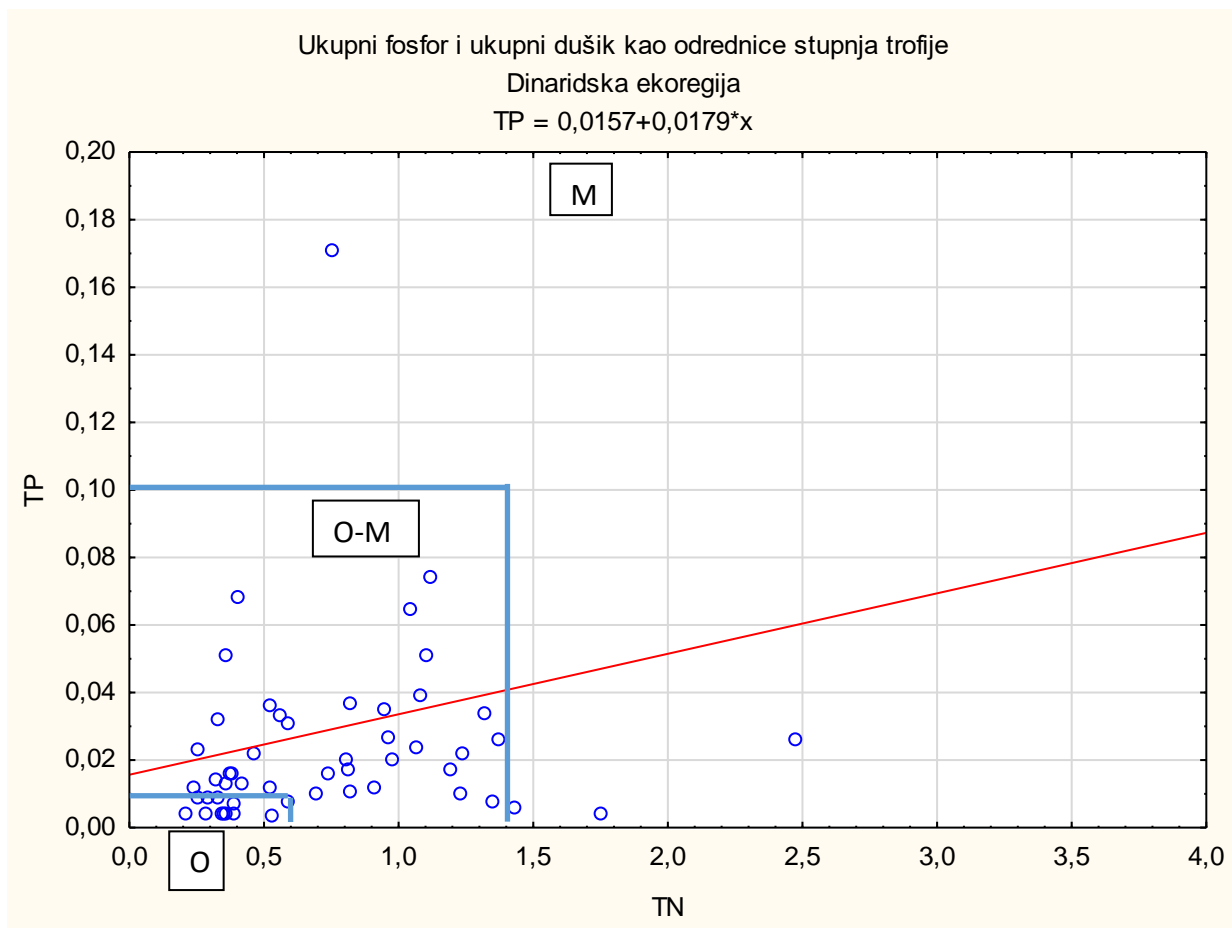
Sukladno, predlažemo da granice stupnja trofije budu povezane s rezultatima iz tablica 1.2. i 1.4., ali uz naznaku da se stupanj trofije određuje primjenjujući **srednje godišnje vrijednosti** (Slike 1.26). Argument koji podupire ovakav pristup je moguće znatno kolebanje čimbenika u pojedinačnim mjerenjima (Slika 1.25) koje može stvoriti značajne greške u određivanju stanja vodotoka prema količini hranjivih tvari.



Slika 1.22. Raspodjela podataka u predloženom sustavu granica koncentracija hranjivih soli u Panonskoj ekoregiji u skupini podataka za koje je obavljena analiza.

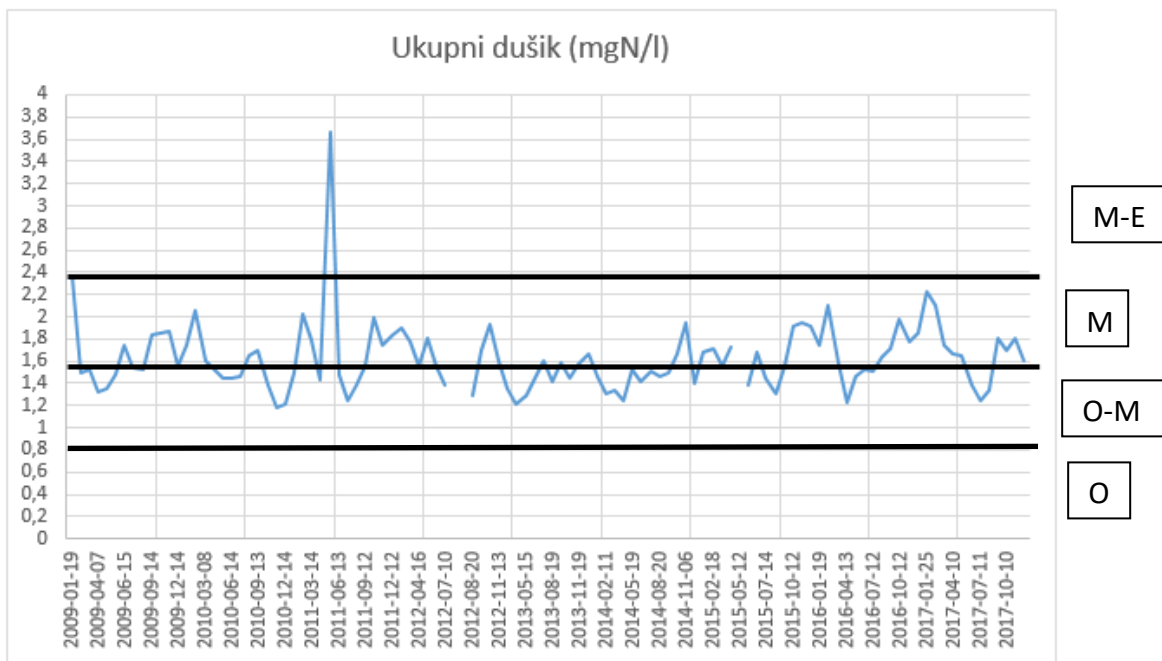
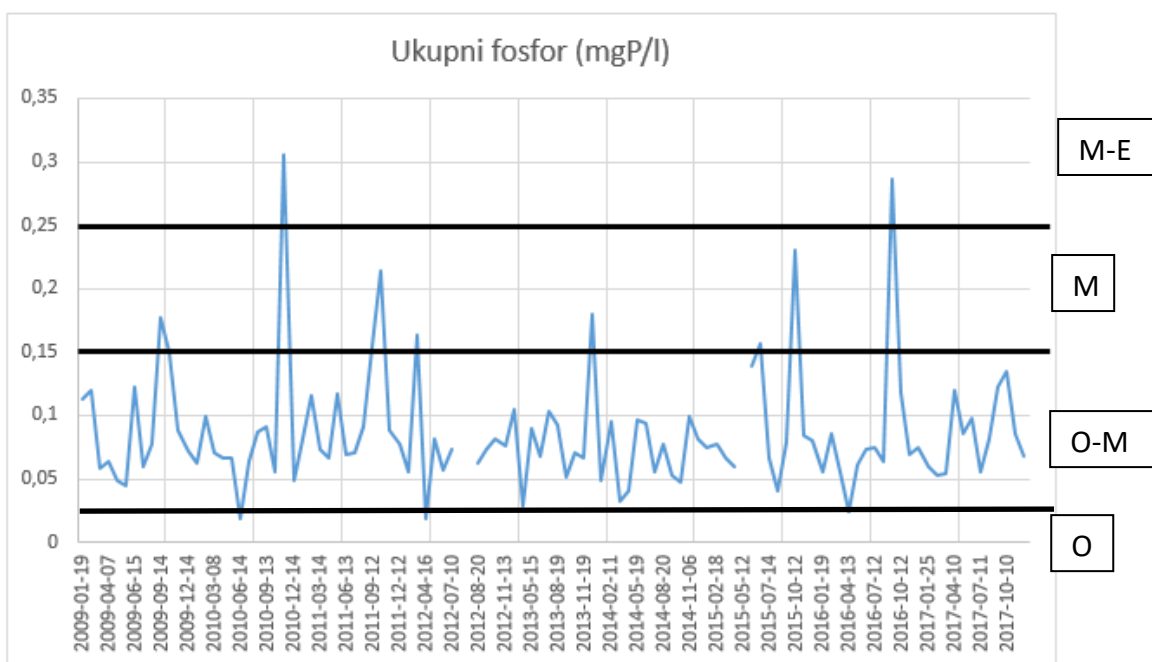


Slika 1.23. Raspodjela podataka u predloženom sustavu granica koncentracija hranjivih soli u Panonskoj ekoregiji bez ekstrema.

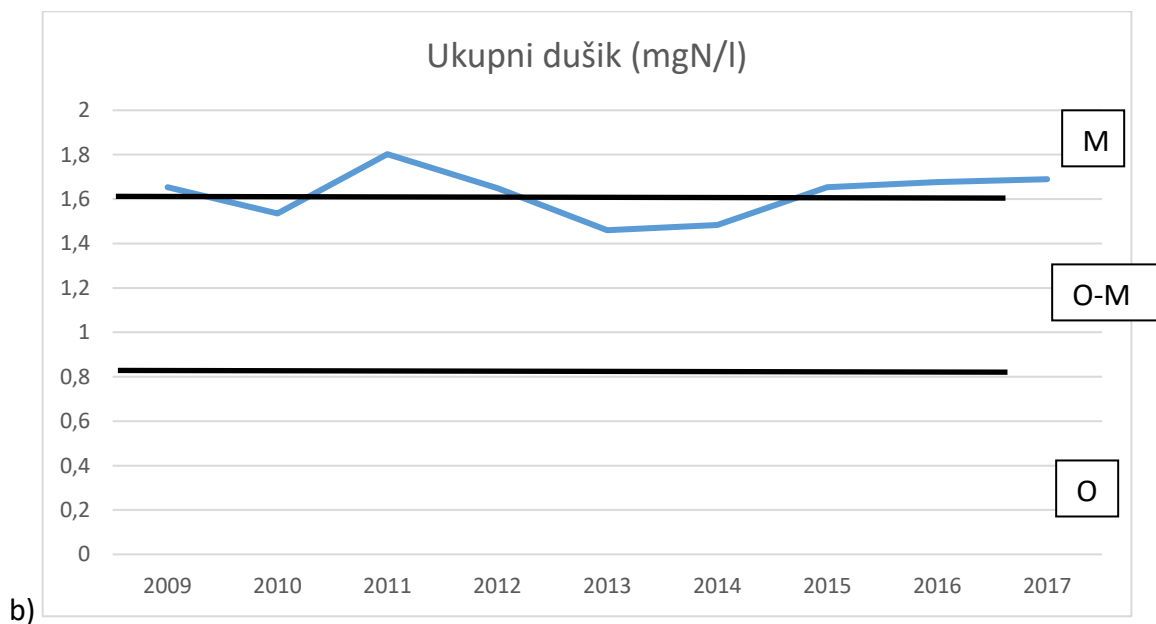
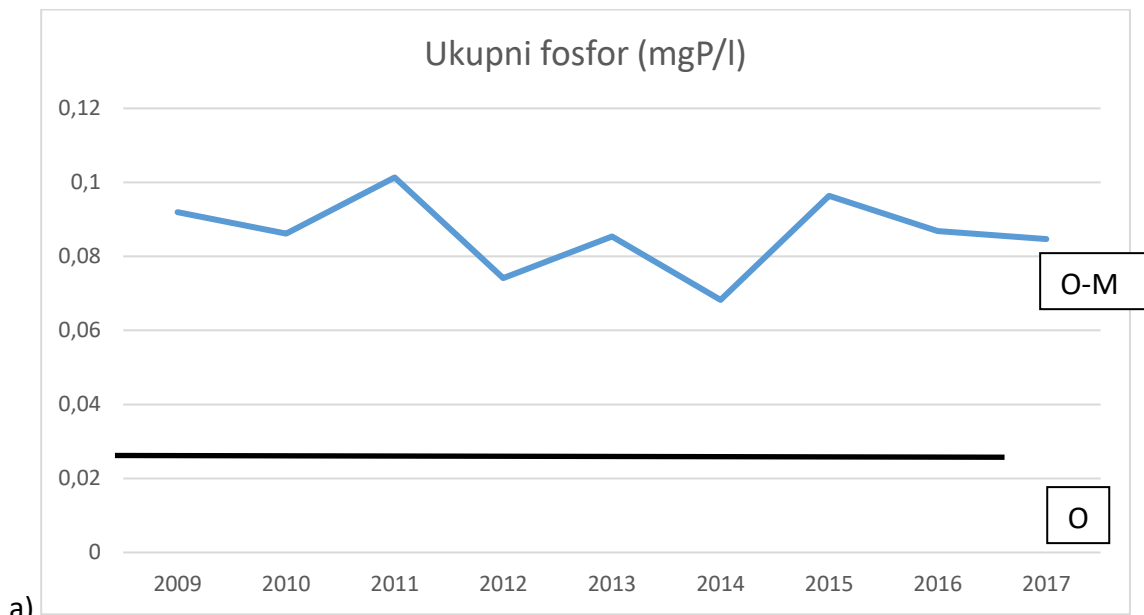


Slika 1.24. Raspodjela podataka u predloženom sustavu granica količine hranjivih soli u Dinaridskoj ekoregiji u skupini podataka za koje je obavljena analiza (bez ekstrema).

Napomena: izvan prikaza su samo dvije postaje: 40143 Donji kanal, prtok Cetine kod Trilja i 31025 Obuhvatni kanal Krapanj most u naselju Raša (ekstremne vrijednosti dušika i to redom 3,7 i 15 mg/l; potonji ima i ekstremne vrijednosti fosfora 0,39 mg/l) te bi njihovo uvrštavanje opteretilo grafički prikaz.



Slika 1.25. Godišnja kolebanja pokazatelja za određivanje trofije na postaji Sava, Petruševac.



Slika 1.26. Kolebanja srednjih godišnjih vrijednosti pokazatelja za određivanje trofije na postaji Sava, Petruševac.

1.5 Ocjene stanja i tipska specifičnost

Premda količina hranjivih tvari i posljedično stupanj trofije nije tipski specifičan (vezan za pojedini tip vodotoka), već je primarno kemijsko svojstvo vode, svi tipovi tekućica ne mogu ostvariti jednak stupanj trofije čak ni u potpuno prirodnim uvjetima. Budući da je u ovoj studiji za određivanje granica stupnjeva trofije korišten princip određivanja najnižih granica trofije prema postajama koje su u približno prirodnom stanju, postizanje razine oligotrofnog stanja očekuje se samo za one tipove čije postaje su bile među referentnim postajama (HR-R_1, HR-R_2B, HR-R_6, HR-R_7, HR-R_11, HR-R_14, HR-R_17).

Tipovi koje karakterizira glineni i/ili organogeni supstrat te vodotoci slabijeg protoka (nizinski vodotoci) ne mogu postići oligotrofno stanje te se za njih smatra vrlo dobrim stanjem postizanje oligo-mezotrofnog stupnja trofije.

Zasebno su izdvojeni povremeni vodotoci. U ovim tipovima nije moguće obavljati monitoring tijekom cijele godine, jer većinom presušuju u ljeto. Hidrološka dinamika u ovim vodotocima ovisi i o trenutnim i o godišnjim meteorološkim uvjetima, dakle razini vodnog lica podzemne vode. Premda podzemni vodonosnici prevalentno moraju biti u oligotrofnom stanju, meteorološki uvjeti padalina bitan su čimbenik koji ispiranjem trenutno poremete (povise) količine hranjivih tvari u vodi. Ispiranjem sedimenata iz suhog tla, odnosno korita u kojem su nakupljeni organski ostaci (detritus), voda vrlo brzo preuzima hranjive tvari. Sukladno, vrlo dobrim stanjem treba se smatrati stupanj oligomezotrofije. Očekujući da se ispiranje sedimenata odvija relativno brzo, dulje zadržavanje veće količine hranjivih tvari ukazuje na potencijalno ozbiljne negativne utjecaje u širem slivnom području odnosno na opterećenje podzemne vode hranjivim tvarima.

Tablica 1.5. Tipski određeni odnosi stupnja trofije i stanja vodotoka.

Stanje vodotoka	HR-R_1, HR-R_2B, R_6, HR-R_7, HR-R_11, HR-R_14, HR-R_17	HR-R_2A, HR-R_3, HR-R_4, HR-R_5, HR-R_8, HR-R_9, HR-R_12, HR-R_13, HR-R_13A, HR-R_15A, HR-R_15B, HR-R_18	Povremene tekućice HR-R_10A, HR-R_10B, HR-R_16A, HR-R_16B, HR-R_19
Vrlo dobro	O	O-M	O-M
Dobro	O-M	M	M
Umjereno	M	M-E	M-E
Loše	M-E	E	M-E
Vrlo loše	E	E	E

Shodno iznesenim vrijednostima u analizi, kao i prethodnom obrazloženju razlučivanja tipova u dvije odnosno tri skupine smatramo da nema ugroze sukladno Nitratnoj direktivi prema kojoj treba najmanje svake četiri godine ponoviti program monitoringa, naveden u stavku a), izuzevši one kontrolne postaje na kojima je koncentracija nitrata kod svih prethodnih uzoraka bila manja od 25 mg NO₃⁻/l. S obzirom da vodotoci koji su bili razmatrani u ovoj studiji imaju red veličine manje vrijednosti količine ukupnog dušika, smatramo da sukladno legislativi nema potrebe za posebnim nadzorom.

Podupirući argument izvrstavanju povremenih vodotoka jest i odredba prema kojoj su ugrožene vode ako podzemne vode sadrže više od 50 mg/l nitrata ili bi mogle sadržavati više od 50 mg/l nitrata, ukoliko se ne poduzmu radnje iz članka 5. Nitratne direktive.

Niti jedna razmatrana postaja nije imala niti približno visoke vrijednosti koncentracije hranjivih tvari u vodi.

Ispitivanje odnosa predložene metode stupnjevanja trofije u tekućicama u odnosu na biološke elemente kakvoće

S obzirom da elementi eutrofikacije odnosno količine dušika i fosfora u vodi izravno utječu na biološke elemente kakvoće pristupili smo ispitivanju tih odnosa. U prilogu 1 ove studije prikazani su usporedno stanje prema biološkim elementima kakvoće, ekološko stanje i stupanj trofije u razdoblju 2016.-2019.

Prvenstveno je važno naglasiti da je u većini postaja ocjena stabilna te između godina značajno ne odudara i trofija uglavnom tijekom navedene četiri godine ostaje u istom stupnju, a to se odnosi na postaje u obje ekoregije npr. u postaja Dunav, Ilok – most; Mura, Goričan; Mufrin, Valenti; Mirna, Portonski most; Pazinčica, ponor. Napominjemo da se može tolerirati kolebanje od jednog stupnja

Također je dobar pokazatelj funkcionalnosti predloženog modela ujednačenost u ocjeni stupnja trofije po oba parametra – i ukupnom dušiku i ukupnom fosforu.

Međutim postoje postaje u kojima se iznimno događaju odudaranja, ali njih je vrlo malo i radi se o uglavnom ekstremnim slučajevima. Primjerice postaja Muršćak, most na cesti Domašinec - St. Straža, Boščak II, most na cesti Domašinec – Kvitrovec i Plitvica, most kod Kućana Gornjeg s ekstremnim količinama ukupnog dušika, a vrlo malo ukupnog fosfora (Prilog 1; r. br. 86-89, 97-100, 111-114), te slično i u Dinarskoj ekoregiji na postaji Pazinčica, ponor (Prilog 1; r. br. 215) s ekstremnim količinama ukupnog fosfora. Obje postaje su pod izrazitim stresnim utjecajem vezanim uz zemljišni pokrov i antropogene utjecaje.

Primarni učinak povećanja stupnja trofije očituje se na biološkome elementu – fitobentos. Prema predloženom modelu određivanja stupnja trofije u većini slučajeva reakcija fitobentosa na stupanj trofije odgovara očekivanom odnosno oligotrofni i oligomezotrofni stupanj trofije odgovaraju vrlo dobrom i dobrom stanju prema biološkom elementu kakvoće – fitobentosu, oligomezotrofni i mezotrofni stupanj trofije odgovaraju dobrom i umjerenom stanju i td. Ipak ukupno ekološko stanje katkad odudara – u pravilu kad je riječ o ocjeni koja se temelji na biološkom elementu kakvoće – makrofita (O'Hare i sur. 2018).

Dobar primjer za navedeno je postaja Sava, Drenje-Jesenice na kojoj prema ukupnom fosforu i ukupnom dušiku stupanj trofije je pretežno oligomezotrofan, stanje prema svim kemijskim pokazateljima je 1 ili 2 te prema biološkom elementu kakvoće – fitobentos stanje je vrlo dobro ili dobro, međutim konačna ocjena stanja je vrlo loše sukladno najlošijem pokazatelju – makrofitima. Slično je u Dinarskoj ekoregiji npr. na postaji Draga Baredine, most Štuparija.

Sljedeći primjer na kojeg valja skrenuti pažnju je kolebanje količine ukupnog fosfora i ukupnog dušika među godinama. Primjerice na postajama Kašina, Kašina i Čučerska reka, Čučerje, Jalševac (Prilog 1; r. br. 261-266) na kojima količine kolebaju od oligomezotrofnog stupnja do eutrofnog stupnja, što je posebno vidljivo na količini ukupnog fosfora.

Kao i u svim prethodnim primjerima i ovdje se radi o postajama pod izrazitim antropogenim pritiskom.

Iz svega iznesenog jasno je da model zadovoljava kriterije ujednačenosti i stabilnosti te odgovora biološkog elementa kakvoće – fitobentosa, a da posebnu pozornost u nadzoru valja posvetiti postajama pod izrazitim antropogenim pritiscima.

2 STAJAĆICE

2.1 Uvod

Politika Europske unije kontinuirano definira eutrofikaciju kao prioritetno pitanje zaštite voda. Po pitanju kontrole eutrofikacije postignut je značajan napredak, ali ostalo je nekoliko područja u kojima je potrebna koordinacija kako bi se postiglo:

- usklađivanje metodologija i kriterija ocjenjivanja za dogovorene elemente/parametre/pokazatelje eutrofikacije za rijeke, jezera, prijelazne, obalne i morske vode;
- definiranje specifičnih bioloških i fizikalno-kemijskih pokazatelja;
- koordinacija praćenja i izvještavanja;
- usklađivanje modela za procjenu ili predviđanje opterećenja antropogeno ili prirodno unesenih hranjivih tvari na temelju podataka o izvorima hranjivih tvari ili na temelju procjene izvora hranjivih tvari;
- sustavna detekcija izvora hranjivih tvari i mogućih mjera obnove vodnih tijela.

S obzirom na navedeno pokrenuta je aktivnost u skladu sa zajedničkom strategijom provedbe Okvirne direktive o vodama i Europske morske strategije radi pružanja smjernica za zajedničku procjenu i praćenje eutrofikacije prema različitim europskim politikama.

Pristupilo se razvoju i usklađivanju uzročnih modela koji povezuju opterećenje hranjivim tvarima i ekološki učinak u različitim vodnim tijelima te utvrđivanju najisplativijih mjera za rješavanje problema izazvanih obogaćivanjem hranjivim tvarima. Općenito je prihvaćeno da se sva aktivnost mora čvrsto temeljiti na metodološkom konceptu WFD-a i nakon toga istražiti u kojoj se mjeri ova metodologija može koristiti u kontekstu drugih direktiva i politika. Konačni ishod ove aktivnosti trebao bi biti smjernica u svrhu provedbe navedenih politika. Također konačni ishod bi trebao biti i koristan u pripremi planova upravljanja.

2.1.1 Prirodna jezera u Hrvatskoj

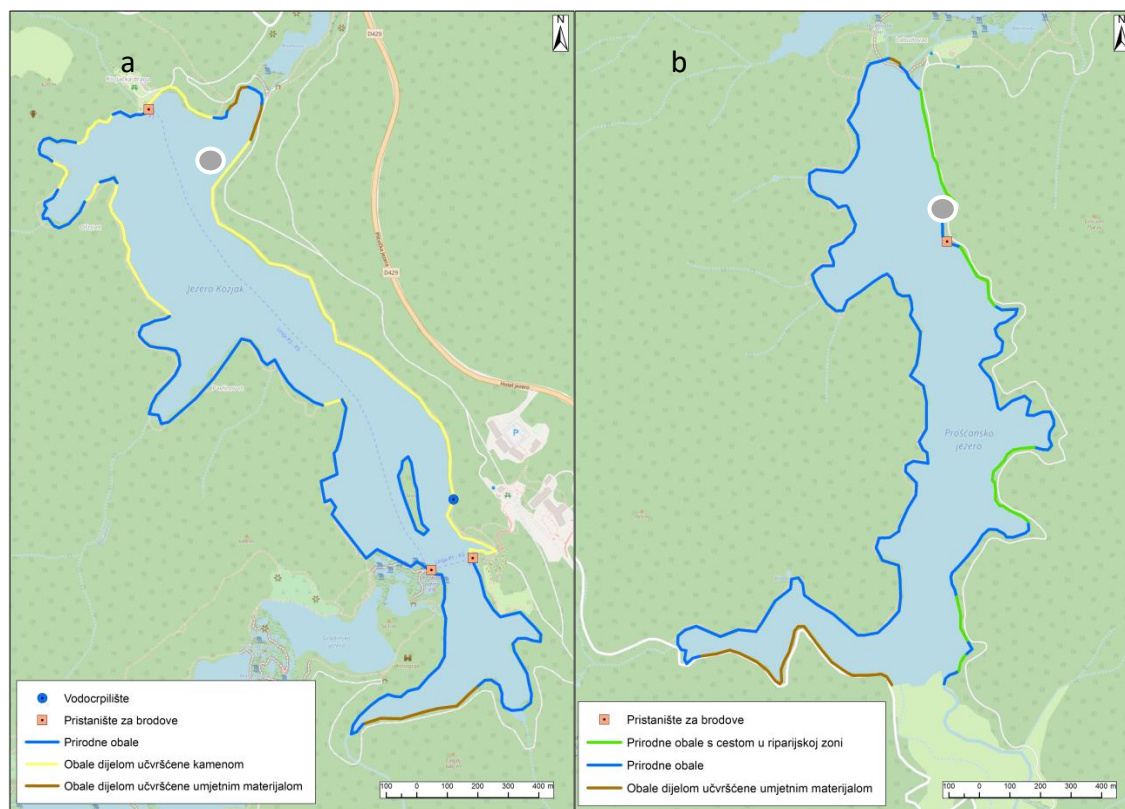
2.1.1.1 Jezero Kozjak (Plitvička jezera)

Prema tipologiji jezero Kozjak pripada tipu HR-J_1A – planinska, duboka, mala jezera na karbonatnoj podlozi u Dinaridskoj ekoregiji, Kontinentalnoj subregiji Hrvatske. Jezero se nalazi se u sklopu Plitvičkih jezera na 535 m n.v., najveća dubina mu je 48 m, a površine je 0,815 km². Po svom se postanku Kozjak svrstava u krška baražna jezera. Istraživani vertikalni profil je iznad najdubljeg dijela jezera Kozjak (48 m), točka 361; koordinate mjerne postaje su; 44°53'27"N, 15°36'16"E (Slika 2.1a). Prema genezi Plitvička jezera pripadaju baražnim stajaćicama nastalim u holocenskoj morfogenezi krša koju obilježava proces travertinizacije i razvoj sedrotvornih zajednica. Po zemljopisnom položaju i termici jezera pripadaju dimiktičkim jezerima umjerenog

pojasa. Jezera stepeničasto slijede jedno za drugim prelijevanjem jezerske vode preko sedrenih slapišta od prvog jezera, Prošće, koje je na n.v. od 636,54 m do posljednjeg jezera Novakovića Brod (n.v. 502,82 m). Postpleistocensku morfogenezu, osim geoloških čimbenika, obilježava interakcija hidroloških, klimatskih i bioloških varijabli. Tijekom geološke prošlosti u zadnjih 12 do 15 tisuća godina proces sedrenja i razvoja sedrenih slapišta tekao je u nizvodnom smjeru tako da su geološki starija Gornja jezera (Prošće, Ciginovac, Okrugljak, Batinovac, Veliko i Malo jezero, Vir, Galovac, Milino jezero, Gradinsko jezero, Burget i Kozjak) nastala na nepropusnoj i lakše topljivoj dolomitskoj podlozi, dok su Donja jezera (Milanovac, Gavanovac, Kaluđerovac i Novakovića Brod) nastala u teže topljivoj vapnenačkoj stijeni. Jezero Kozjak se opskrbljuje najvećim dijelom vodom koja dotječe iz Gornjih jezera preko velike sedrene barijere Burgeta na kraju Gradinskog jezera. Potoci Rečica, Matijaševac i Jasenov potok donose u jezero Kozjak znatne količine vode iz okolnih terena (Slika 2.1a).

2.1.1.2 Jezero Prošće (Plitvička jezera)

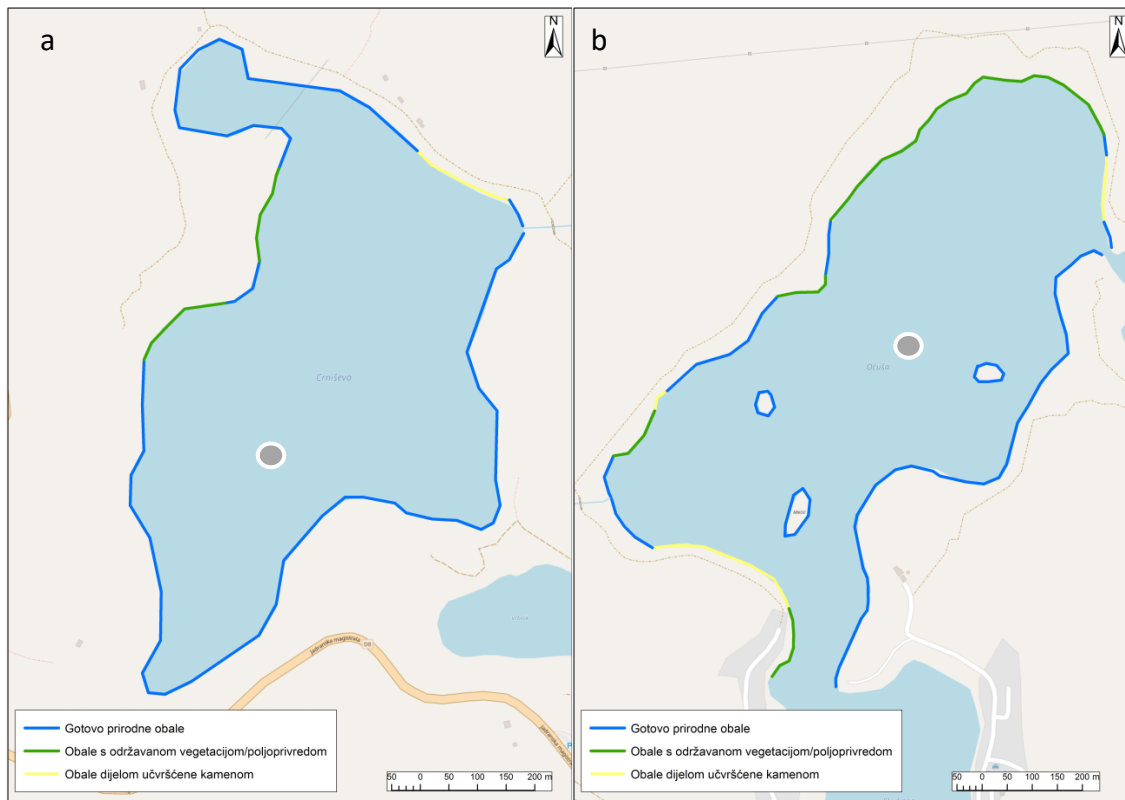
Prema tipologiji jezero Prošće pripada tipu HR-J_1B – planinska, duboka, mala jezera na karbonatnoj podlozi u Dinaridskoj ekoregiji, Kontinentalnoj subregiji Hrvatske. Jezero Prošće smješteno je na 636,66 metara nadmorske visine i prvo je u nizu Plitvičkih jezera. Zauzima površinu od 0,698 km². Vertikalni profil istraživanja bio je lociran u području kote 145 35' 51" E (Slika 2.1b). Glavnina vode u jezero Prošće dolazi slivovima Bijele i Crne rijeke koji se nizvodno od naselja Plitvički Ljeskovac spajaju se u Maticu koja pak utječe u jezero. Na zapadnom dijelu Prošća u Liman dragu utječe Sužanjski potok (Slika 2.1b).



Slika 2.1. Jezera Kozjak i Prošće (a) i (b)

2.1.1.3 Crniševo i Očuša (Baćinska jezera)

Prema obaveznim deskriptorima sustava B u tipologiji jezera, Crniševo i Očuša pripadaju tipu HR-J_3 - nizinska, srednje duboka, mala jezera; kriptodepresije na karbonatnoj podlozi. Još u relativno bliskoj prošlosti, u doba pleistocena, cijelo područje današnjeg ušća Neretve izgledalo je bitno drugačije. Tako se u to doba korito Neretve protezalo uz današnji Pelješac, a Neretva se ulijevala u more negdje kod Vele Luke na Korčuli. Tek nakon holocena, tj. u posljednjih 18.000 - 10.000 tisuća godina, zbog uzdizanja mora za oko 100 m, došlo je do skraćivanja riječnog toka Neretve i potapljanja dijela riječne doline. Tijekom istog razdoblja nastala su i slatkovodna Baćinska jezera, koja predstavljaju niz potopljenih vrtača u neposrednoj blizini mora. Taj jedinstveni krški fenomen, smješten samo dva kilometra sjeverozapadno od Ploča čini šest potopljenih ponikvi od kojih je pet međusobno povezano, a šesta je odvojena (Vrvnik). Najveći dio tog krškog područja izgrađen je od krednih naslaga vapnenca i dolomita. Ukupna površina svih jezera pri vodostaju od 1,5 m nad razinom mora, iznosi 138 ha. Najveća dubina (31 m) izmjerena je u jezeru Crniševo. Usprkos neposredne blizine mora i krškom terenu jezera su slatkovodna uz povišeni salinitet od 1-9 promila u najdubljim dijelovima jezera. U prošlosti je razina jezera znatno varirala tijekom godine, ovisno o dotoku voda, a 1911.-12. god. prokopan je tunel prema moru, tako da je sada razina jezera relativno stabilna (godišnja kolebanja razine jezera nisu veća od 2 m). U proteklom je razdoblju više puta uklanjana brana prije samog tunela, pa je kod malih voda za vrijeme plime more ulazilo u jezera. Sredinom devedesetih godina prošlog stoljeća izgrađena je nova brana, tako da je sada razina jezera stalno iznad razine mora. Uzrok povišenom salinitetu, također su slani izvori (npr. Mindel). Njihova je zanimljivost da tijekom dana mijenjaju slanost u ritmu plime i oseke, pa se može pretpostaviti da je do ovakvog utjecaja mora, također došlo zbog sniženja razine jezera i okolnih podzemnih voda. Naime, time je smanjen pritisak slatke vode, pa za plime obližnje more snažnije i dublje prodire u podzemne prostore. Kada je 1939. god. prokopan tunel dužine 2,3 km iz Vrgorskog jezera do Baćinskih jezera, došlo je do određenih promjena u hidrologiji i biološko-ekološkim obilježjima Baćinskih jezera. Koordinate mjerne postaje su 43° 04' 22"N, 17° 24' 25"E za Crniševo i 43° 04' 48"N, 17° 25' 218"E za Očušu (Slike 2.2a i b).

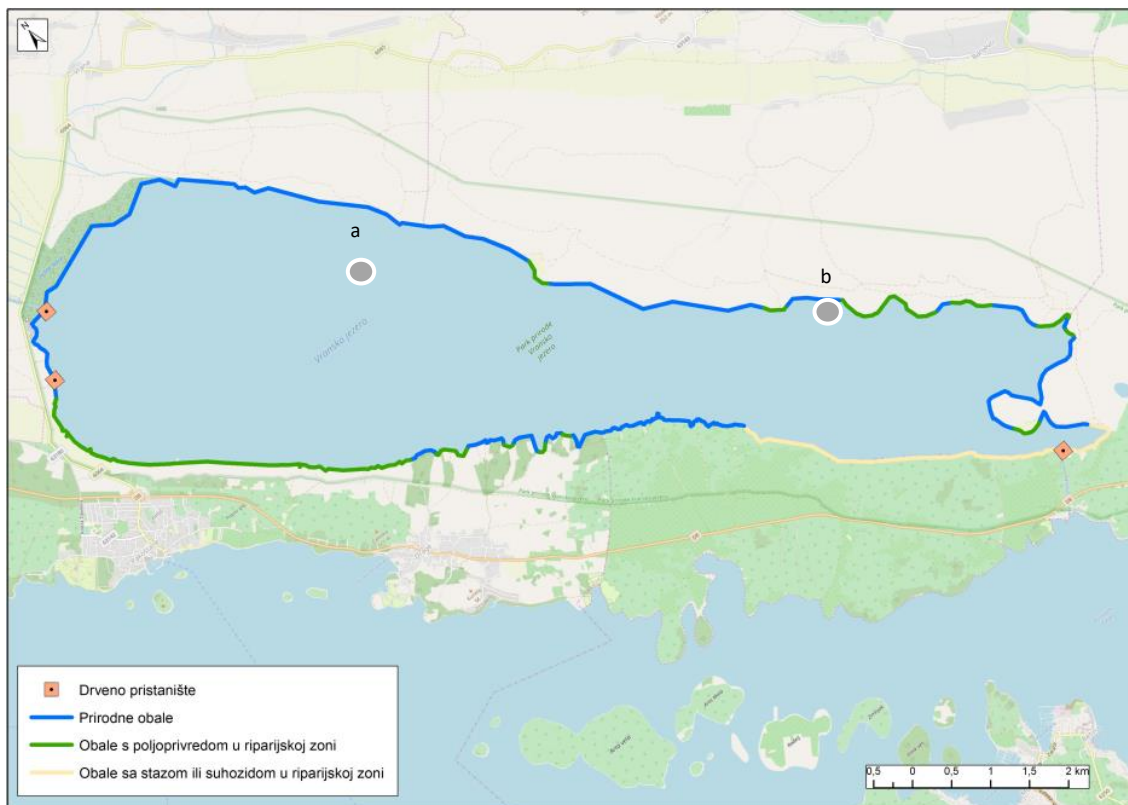


Slika 2.2. Jezera Crniševo (a) i Očuša (b)

2.1.1.4 Vransko jezero kod Biograda

Prema obaveznim deskriptorima sustava B u tipologiji jezera, Vransko jezero kod Biograda na Moru pripada tipu HR-J_4 – nizinska, plitka, velika jezera na karbonatnoj podlozi u Dinaridskoj ekoregiji, Primorskoj subregiji Hrvatske. Jezero se nalazi na 1 do 1,5 m n.v., najveća dubina mu je 6 m (prosječna dubina oko 2 m). Jezero je smješteno nedaleko od Biograda, a pruža se paralelno s morskom obalom, odnosno u smjeru od sjeverozapada prema jugoistoku. Smješteno je u neposrednoj blizini mora, od kojeg je odijeljeno 800 – 2500 m širokim vapnenačkim grebenom, čija je najveća nadmorska visina 113 m. Vransko jezero je najveće prirodno jezero u Hrvatskoj. Njegova prosječna širina iznosi oko 2,2 km, dužina oko 13,6 km, a površina između 29,8 i 30,2 km². Razina vode Vranskog jezera ovisi o dotjecanju vode u jezero površinskim i podzemnim putem, izdašnosti izvora u samom jezeru, otjecanju vode iz jezera podzemnim procjepima i kanalom Prosika te o isparavanju vode. Strujanje vode je kondukcijsko, a izraženo je valovima koji za vjetrovita vremena mogu biti veliki i do 1 m. Zbog male dubine veći dio jezera je osvijetljen i produktivan, a samo u najdubljim dijelovima dešavaju se isključivo procesi razgradnje organskih tvari, zbog čega je proces eutrofikacije i zatrpavanja jezera ubrzan. Pod utjecajem vjetrova dolazi do miješanja cijelog stupca vode tako da je jezero polimiktičko i nema temperaturne ni nikakve druge stratifikacije. Kako nema konvekcijskog gibanja, nema ni većih razlika u fizikalno – kemijskim čimbenicima vode na površini i na dnu. Sliv Vranskog polja i jezera je vrlo značajan krški drenažni sustav u području Ravnih kotara, a površina mu iznosi 494 km². Sliv Vranskog jezera nalazi se na terenu na kojem su pretežno zastupljene karbonatne vapnenačke stijene. Osim vapnenaca iz krede i eocena, razvijeni su i dolomiti iz gornje krede.

Karbonati izgrađuju morfološki istaknute dijelove reljefa, a u krškim poljima i depresijama razvijene su i klastične naslage eocenskog fliša, dok u središnjim dijelovima polja nalazimo i kvartarne naslage. Samo Vransko jezero je kredne formacije, mjestimično prekriveno numulitskim vapnencem iz eocena. Dno mu je prekriveno debelim slojem vapnenastog mulja, koji se i dalje taloži. Dosadašnja istraživanja ukazuju na aerobne uvjete na dnu. Najvjerojatnije je Vransko jezero nastalo podizanjem razine mora nakon posljednjeg ledenog doba, te se radi o mladom jezeru, čija starost ne prelazi 10 000 godina. Koordinate mjernih točaka su Prosika $45^{\circ} 55' 15''N$, $15^{\circ} 32' 21''E$ (Slika 3a) i Motel $43^{\circ} 52' 5''N$, $15^{\circ} 36' 55''E$ (Slika 3b).



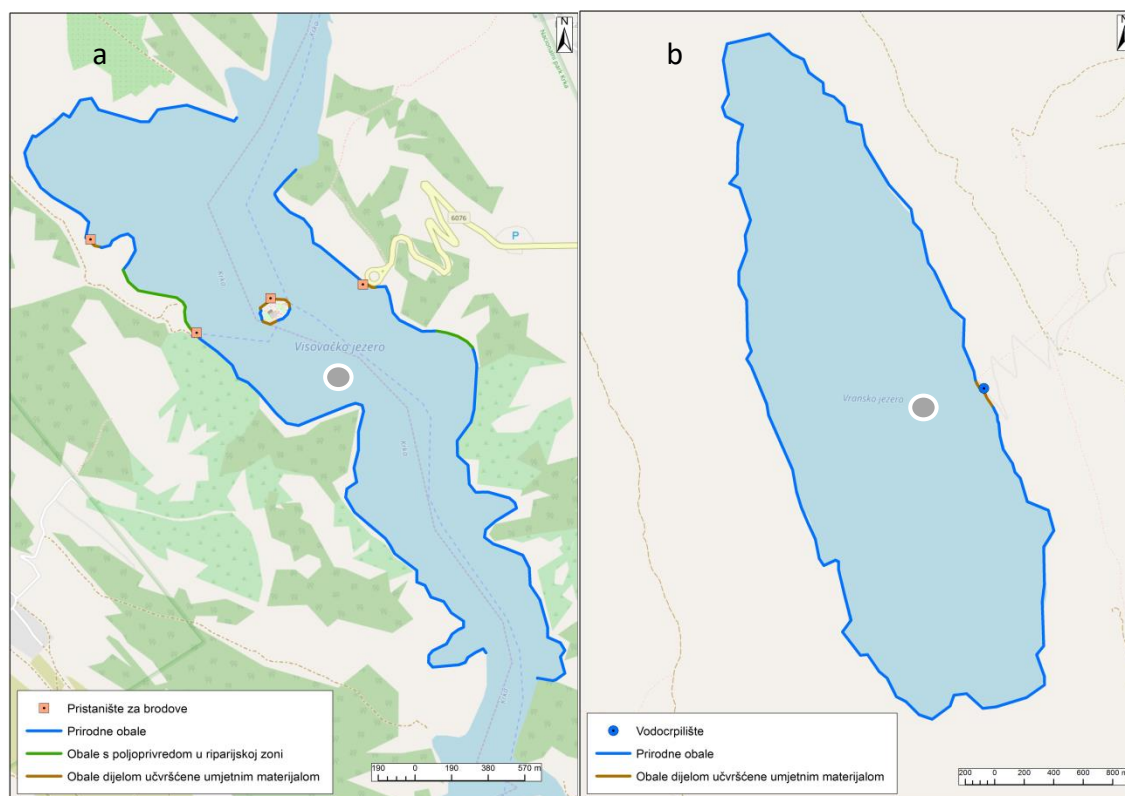
Slika 2.3. Vransko jezero kod Biograda postaje Prosika (a) i Motel (b)

2.1.1.5 Visovačko jezero

Visovačko jezero je dio hidrosustava rijeke Krke te se po postanku svrstava u krška baražna jezera. Visovačko jezero pripada nizinskim, srednje velikim i srednje dubokim jezerima na karbonatnoj podlozi u Dinaridskoj ekoregiji, Primorskoj subregiji Hrvatske (tip HR-J_5). Ovaj ujezereni dio rijeke Krke nastao je nakon formiranja sedrene barijere na Skradinskom buku u poslijeglacijalnom razdoblju, kada je došlo i do potapanja donjeg dijela ušća rijeke Krke. Površina mu je $5,72 \text{ km}^2$, a najveća dubina oko 30 m. Mjerni profil je smješten u središnjem dijelu jezera, južno od otoka Visovca, na dubini od 22 - 24 m. Koordinate mjerne postaje su $43^{\circ} 51' 33''N$, $15^{\circ} 58' 37''E$ (Slika 2.4a).

2.1.1.6 Vransko jezero na Cresu

Prema obaveznim deskriptorima sustava B u tipologiji jezera, Vransko jezero na Cresu pripada tipu HR-J_2 - nizinska, duboka, srednje velika jezera; kriptodepresije na karbonatnoj podlozi. To je vodom najbogatije slatkovodno jezero u Hrvatskoj, golema prirodna akumulacija od 220 milijuna m³ slatke vode. Jezero je nastalo postglacijalnim izdizanjem morske razine za skoro 100 m. Dno jezera je zaravnjeno, što upućuje da se radi o potopljenom krškom polju. Jezero je smješteno u depresiji formiranoj unutar karbonatnih stijena donje i gornje krede, a danas u neposrednom slivu jezera dominiraju dolomiti nad vapnencima. Dužina jezera iznosi 5 km, dok njegova širina ide i do 1,5 km. Površina jezera iznosi 5,75 km², međutim, zbog niskih priobalnih zona uz sjeverni i južni kraj jezera, dimenzije jezera, pa tako i njegova površina, mogu od godine do godine znatno varirati. Dosadašnjim istraživanjima dokazano je da je Vransko jezero kriptodepresija sa srednjim vodostajem od oko 13 m iznad razine mora. Pri navedenom vodostaju, njegova apsolutna dubina iznosi 74,5 m, što znači da najdublji dio jezerskog dna leži oko 61,5 m ispod morske razine. Na istočnoj i zapadnoj strani obale su kamenite i strme, za razliku od sjeverne i južne obale koja je niska. Na sjevernom kraju obala je prohodna jer je ispunjena kamenim kršjem, dok je južna obala muljevita i obrasla šašom (Stražičić, 1981). Voda je izuzetne kakvoće, te s obzirom da se Vransko jezero nalazi na krševitom i općenito bezvodnom otoku Cresu, ono predstavlja neprocjenjivo bogatstvo u pejzažnom i ekonomskom smislu. Također, jezero je jedini izvor vodoopskrbe otoka Cresa i Lošinja, posebice od 1946. godine kada je izgrađena crpna stanica (Ožanić i Rubinić, 1994). Koordinate mjerne postaje su 44° 51' 13"N, 14° 23' 23"E (Slika 2.4b).



Slika 2.4. Visovačko jezero (a) i Vransko jezero na Cresu (b)

2.2 Metode

Postoje brojni opisani modeli procesa eutrofikacije, kako u znanstvenoj literaturi, tako i u provedbi zaštite. Svi modeli povezuju uzrok (tj. hranjive tvari) i učinak (npr. prekomjerni rast algi) procesa eutrofikacije. Procjena eutrofikacije u određenim površinskim vodama zahtijeva praćenje čimbenika prema vrsti površinske vode (rijeka, jezero, prijelazna ili priobalna voda) (Tablice 2.1 i 2.2). Ali zajednički "sveobuhvatni" konceptualni okvir trebao bi predstavljati generičke aspekte eutrofikacije koji su uobičajeni u različitim vodenim okolišima, ali također biti dovoljno detaljan da bude koristan za izvođenje aspekata koji su specifični za pojedinačne tipove vodnih tijela u svim regijama (Tablice 2.1 i 2.2).

Tablica 2.1. Popis čimbenika procesa eutrofikacije karakterističnih za sva slatkovodna vodna tijela.

Zajednički aspekti procesa eutrofikacije za sve površinske vode uključuju:
<ul style="list-style-type: none"> • obogaćivanje hranjivim tvarima; • povećanje primarne proizvodnje/biomase; • cvjetanje algi; • promjene u taksonomskom sastavu algi biljaka; • učinke na dostupnost svjetla, a samim tim i na biotu; • povećanu fiksaciju ugljika; • snižene/povećane razina kisika, moguća anoksija i posljedični učinci na biotu; • smanjenu raznolikost bentičke faune.

Tablica 2.2. Popis općih i specifičnih čimbenika utjecaja eutrofikacije u jezerima.

OPĆI ČIMBENICI PROCJENE ZA SVE KATEGORIJE VODE	DODATNI ČIMBENICI SPECIFIČNI ZA JEZERA
Uzročnici:	
Stupanj obogaćivanja hranjivim tvarima: S obzirom na anorganski/organski dušik S obzirom na anorganski/organski fosfor S obzirom na Si. Potrebno je uzeti u obzir: Izvori (razlikujući antropogene i prirodne izvore) Povećani/uzlazni trendovi koncentracije Povišene koncentracije Izmijenjeni omjeri N/P, N/Si, P/Si Promjene u kruženju tvari	Riječni, izravni i atmosferski unos/opterećenje hranjivim tvarima.
Ostali okolišni čimbenici:	
Dostupnost svjetlosti Hidrodinamički uvjeti Klimatski/vremenski uvjeti (vjetar, temperatura) Tipološki čimbenici Ostali pritisci (toksične tvari, hidromorfološki pritisci)	Stratifikacija, ispiranje, retencijsko vrijeme, zooplankton (top-down kontrola) Tipološki čimbenici: alkalinitet, boja, veličina, dubina, udio područja plićeg od sloja stratifikacije.
Direktan učinak unosa nutrijenata:	
i. Fitoplankton: Povećana biomasa (npr. klorofil <i>a</i> , organski ugljik i broj stanica); Povećana učestalost i trajanje cvjetanja; Povećana godišnja primarna produkcija;	i. Fitoplankton: Od krizofita i dijatomeja do cijanobakterija i klorofita. ii. Makrofiti:

OPĆI ČIMBENICI PROCJENE ZA SVE KATEGORIJE VODE	DODATNI ČIMBENICI SPECIFIČNI ZA JEZERA
<p>Promjena u sastavu vrsta na veći udio potencijalno štetnih ili toksičnih vrsta.</p> <p>ii. Makrofiti, uključujući makroalge (kao što su Characeans); Povećana biomasa; Promjene u sastavu vrsta; Smanjena distribucija sve do nestanka makrofita.</p> <p>iii. Fitobentos</p>	<p>U vrlo plitkim jezerima promjene se javljaju iz dominacije makrofita u dominacije fitoplanktona. Smanjenje dubinske distribucije, posljedično pomicanje ravnoteže sastava vrsta.</p>
Indirektan učinak unosa nutrijenata:	
<p>i. Organski ugljik/organska tvar: Povećane koncentracije organskog ugljika u vodi i sedimentu</p> <p>ii. Kisik: Smanjene koncentracije i zasićenja; Povećana učestalost niske koncentracije kisika; Povećana potrošnja.</p> <p>iii Ribe: Promjena u abundaciji. Promjene u sastavu vrsta.</p> <p>iv. Bentički bezkralježnjaci; Promjene u abundaciji i biomasi; Promjene u sastavu vrsta.</p> <p>v. PH</p> <p>vi. nutrijenti</p>	<p>i. Kisik: Izrazita dnevna varijacija u površinskim slojevima (prezasićenost danju i premale koncentracije noću; Smanjenje kisika u hipolimniju tijekom razdoblja stratifikacije; Pojava anoksičnih zona na površini sedimenata ("crne mrlje").</p> <p>ii. Ribe: Smrtnost koja je posljedica niske koncentracije kisika.</p> <p>iii. Makrozoobentos: Smrtnost koja je posljedica niske koncentracije kisika.</p> <p>iv. Porast pH površinskih slojeva.</p> <p>v. Povećanje fosfora unutar sustava.</p> <p>vi. Povećana koncentracija amonijaka u donjim slojevima.</p> <p>vii. Često promjena top-down kontrole zbog promjena u zooplanktonu (predacija); Te redukcija top-down kontrole zbog gubitka strukture staništa koju pružaju makrofiti i promjene sastava riba</p> <p>viii. Otpuštanje Fe, Mn iz sedimenta</p>
Ostali mogući učinci obogaćivanja hranjivim tvarima	
<p>Loš miris i mutna voda</p>	<p>Povećava se učestalost cvjetanja toksičnih algi. Neugodna boja vode.</p>

2.2.1 Pokazatelji eutrofikacije u jezerima

Prilikom odabira pokazatelja eutrofikacije konceptualno je korišten DPSIR pristup kojim se razlikuju pokretači pritiska (D-driving forces), pritisci (P-pressures), stanje (S-state), utjecaj (I-impact) i odgovor (R-response). Pomoću pokazatelja stanja i utjecaja, kroz razne programe praćenja (monitoring) prate se pritisci u okolišu. Iako su pokazatelji pritiska i stanja isti za sve vrste površinski voda, pokazatelji utjecaja razlikuju se u skladu s vrstom površinske vode.

Pokazatelji pritiska u jezerima su unos hranjivih tvari (dušika i fosfora), pokazatelji stanja su koncentracije hranjivih tvari odnosno koncentracije fosfora i njegovih spojeva (ukupni fosfor, ortofosfati) te dušika i njegovih spojeva (ukupni dušik, nitrati, nitriti). Pokazatelji utjecaja su prozirnost (Secchi dubina), koncentracija kisika na dnu, biološki pokazatelji fitoplankton (klorofil a , biomasa, sastav zajednice, prisutnost toksičnih algi), makrofiti (dubina na kojoj se pojavljuju, sastav zajednice), fitobentos (sastav zajednice bentoskih algi), makrozoobentos (sastav zajednice, biomasa) te u konačnici ekološko stanje, stanje okoliša itd.

Prema Ibisch i sur. (2016) kao pokazatelji pri procjeni statusa eutrofikacije krških jezera u Hrvatskoj izabrani su koncentracija ukupnog fosfora, koncentracija ukupnog dušika, ukupna biomasa fitoplanktona te koncentracija klorofila a , Secchi dubina i omjer ekološke kakvoće prema fitoplanktonu kao biološkom pokazatelju jezera tijekom šest uzastopnih mjeseci u razdoblju od travnja do rujna (Tablica 2.3).

Tablica 2.3. Pokazatelji pri procjeni eutrofikacije krških jezera u Hrvatskoj (modificirano prema Ibisch i sur. 2016, ETC/ICM Technical Report – 2/2016.)

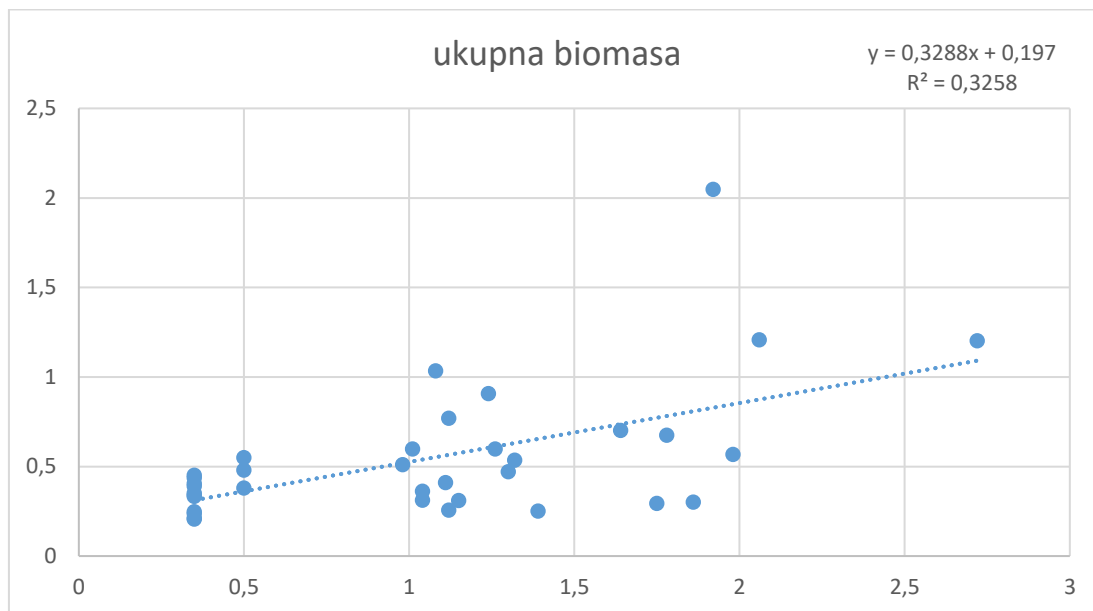
Pokazatelj	Jezera
POKAZATELJI STANJA	
Koncentracija ukupnog fosfora	+
Koncentracija ukupnog dušika	+
POKAZATELJI UTJECAJA	
Fitoplankton (klorofil a , biomasa)	+
Secchi dubina	+
OEK Fitoplanktona	+

2.2.2 Granice parametara eutrofikacije

Koncept "referentnih uvjeta" opisuje referentnu vrijednost s kojom se uspoređuju trenutni uvjeti pri procjeni stanja vodenih tijela (Poikane i sur. 2010). U ovoj studiji korišten je pristup određivanja referentnih uvjeta i granice pokazatelja eutrofikacije za prirodna krška jezera prema pokazateljima stanja, koncentraciji ukupnog fosfora i ukupnog dušika te pokazateljima utjecaja, ukupnoj biomasi fitoplanktona, koncentraciji klorofila *a* i Secchi dubini, prema Poikane i sur. 2010. Pri postavljanju referentnih uvjeta za vrijednosti ukupnog fosfora i ukupnog dušika te klorofila *a* korištena je deskriptivna statistika iz podataka dostupnih za jezero Kozjak i Vransko jezero na Cresu jer su oba jezera definirana u prirodnom stanju kao ultra-oligotrofna te time i u najboljem trofičkom statusu. Utvrđivanju vrijednosti definiranjem referentnih uvjeta pristupilo se određivanjem medijana te određivanjem 95 percentila pri odabiru granica između vrlo dobrog i dobrog ekološkog stanja koji su u slučaju oba navedena jezera i granice između oligotrofnog i mezotrofnog trofičkog statusa. Ostale granice, zbog nedostatka gradijenta, utvrđene su u skladu s OECD-om (1982). Zbog nedostatka gradijenta, također u svrhu određivanja granica vrlo dobrog/dobrog i dobrog/umjerenog stanja, nije bilo moguće koristiti *ToolKIT Nutrient* (Varbiro i sur. 2018.). Prema dobivenoj deskriptivnoj statistici određene su sve granice između oligotrofnog i mezotrofnog stanja osim za ukupnu biomasu. Dobivena granica je bila previsoka te je prema korelaciji prikazanoj na slici 2.5 i deskriptivnoj statistici (tablica 2.4) spuštena na 0,8 mg L⁻¹. Sve navedeno dokazano je sa statistikom koja slijedi u poglavlju 2.3.

Tablica 2.4. Statistička analiza podataka pokazatelja stanja i utjecaja eutrofikacije u jezeru Kozjak i Vranskom jezeru na Cresu u 2014., 2016., i 2017. godini.

		TN	TP	Chla	ukupna biomasa	Secchi dubina	
<i>Srednja vr.</i>		0,834055	0,457611	0,016389	1,033889	0,536948	10,0875
<i>St.dev.</i>		0,049006	0,295996	0,0052	0,634896	0,365727	2,618325
<i>Interval pouz.</i>		0,016008	0,09669	0,001699	0,207396	0,119469	0,855304
<i>Gornja vr</i>		0,850064	0,554301	0,018088	1,241284	0,656417	10,9428
<i>Donja vr</i>		0,818047	0,360921	0,01469	0,826493	0,41748	9,232196
<i>1-pomak</i>		0,815911	0,732778	0,016667	1,325	0,630317	8,780556
<i>pomak</i>		0,184089	0,267222	0,983333	-0,325	0,369683	-7,78056
<i>st.pog.</i>		0,008168	0,049333	0,000867	0,105816	0,060954	0,436387
<i>REF</i>	medijan	0,84	0,40	0,016	1,06	0,42	10,50
<i>VD/D</i>	95%	0,90	0,91	0,024	2	1,20	14,78



Slika 2.5. Korelacija ukupne biomase fitoplanktona i koncentracije klorofila a, u jezeru Kozjak i Vranskom jezeru na Cresu u 2014., 2016, i 2017. godini.

U tablici 2.5 prikazan je prirodni status trofije jezera u Hrvatskoj dobiven na osnovi podataka dostupnih u bazama Hrvatskih voda.

Tablica 2.5. Krška jezera u Hrvatskoj prema tipu i prirodnom trofičkom statusu jezera

Jezero	Vransko jezero (Cres)	Vransko jezero (Biograd)	Visovačko jezero	Prošće	Kozjak	Crniševo	Oćuša
Prirodno stanje	ultra-oligotrofno	mezotrofno	oligotrofno	oligotrofno	ultra-oligotrofno	oligotrofno	oligotrofno
Maksimalna dubina (m)	78	4-5	28-30	38	48	31	20
Ekoregija/subregija	DINARIDSKA primorska	DINARIDSKA primorska	DINARIDSKA primorska	DINARIDSKA kontinentalna	DINARIDSKA kontinentalna	DINARIDSKA primorska	DINARIDSKA primorska
Tip	HR-J_2	HR-J_4	HR-J_5	HR-J_1B	HR-J_1A	HR-J_3	HR-J_3
Tip	duboko, karbonatna podloga, monomiktično, kriptodepresija	plitko, karbonatna podloga, polimiktično, kriptodepresija	duboko, karbonatna podloga, monomiktično protočno (Krka)	duboko, karbonatna podloga, dimiktično, protočno (Plitvička jezera)	duboko, karbonatna podloga, dimiktično, protočno Plitvička jezera)	duboko, karbonatna podloga, monomiktično, kriptodepresija	duboko, karbonatna podloga, monomiktično, kriptodepresija

Prema navedenim pokazateljima iz Tablice 2.3, u prirodnim krškim jezerima definirane su granice parametara za trofički status od ultra-oligotrofnog do hipertrofnog statusa jezera (Tablice 2.6 i 2.7).

Tablica 2.6. Predložene granice pokazatelja eutrofikacije za duboka krška jezera u Hrvatskoj

Stupanj trofije	TP (mg L ⁻¹)	TN (mg L ⁻¹)	Chla (µg L ⁻¹)	TB (mg L ⁻¹)	Secchi (m)
Ultra-oligotrofno	< 0,005	<0,2	<1	<0,3	> 15 (ili do dna)
Oligotrofno	0,005-<0,02	0,2-<1	1-<2	0,3-<0,8	(ili do dna) 15->10
Mezotrofno	0,02-<0,04	1-<1,5	2-<7	0,8-<3	10->3
Eutrofno	0,04-<0,1	1,5-<2	7-<25	3-<5	3->1,5
Hipertrofno	≥0,1	≥2	≥25	≥5	≤ 1,5

Tablica 2.7. Predložene granice pokazatelja eutrofikacije za plitko krško jezero u Hrvatskoj (Vransko jezero kod Biograda)

Stupanj trofije	TP (mg L ⁻¹)	TN (mg L ⁻¹)	Chla (µg L ⁻¹)	TB (mg L ⁻¹)	Secchi (m)
Ultra-oligotrofno	< 0,005	<0,2	<1	<0,5	≥ 5 (ili do dna)
Oligotrofno	0,005-<0,02	0,2-<1	1-<3	0,5-<1	5 (ili do dna) ->3
Mezotrofno	0,02-<0,04	1-<1,5	3-<10	1-<5	3->1,5
Eutrofno	0,04-<0,1	1,5-<2	10-<30	5-<10	1,5->0,5
Hipertrofno	≥0,1	≥2	≥30	≥10	≤0,5

2.3 Rezultati

2.3.1 Pokazatelji pritiska u jezerima

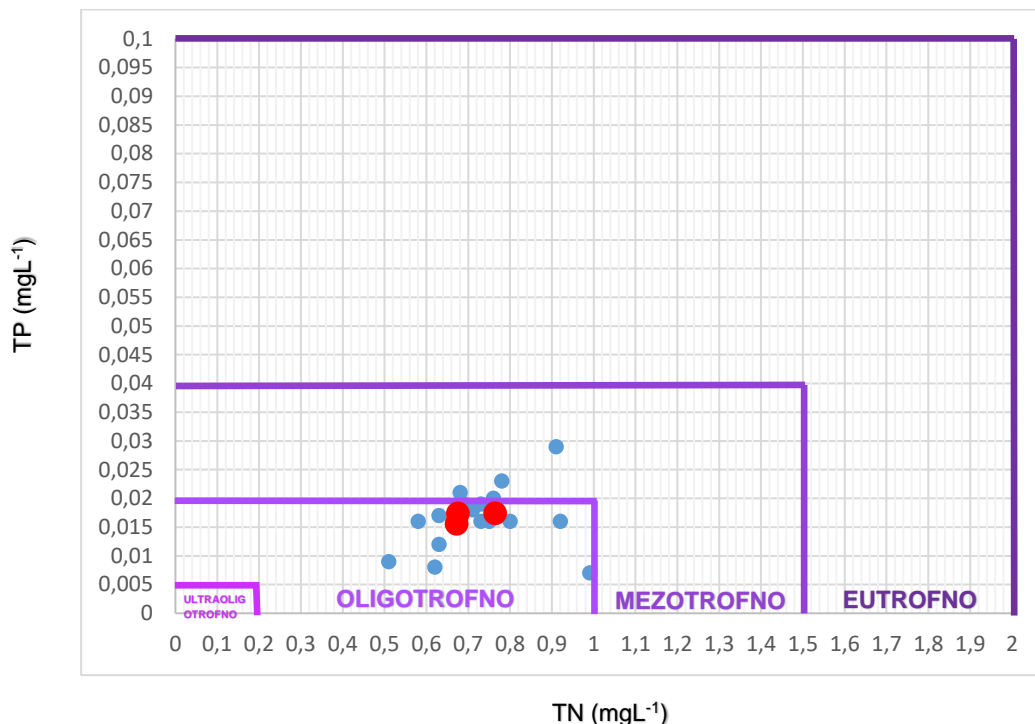
Za ocjenu trofičkog statusa u dubokim krškim jezerima odabrani su pokazatelji koncentracija ukupnog fosfora (ukupni P) i koncentracije ukupnog dušika (ukupni N).

Jezero Kozjak prema svom prirodnom statusu je ultra-oligotrofno jezero u kojem je u razdoblju travnja do rujna 2014., 2016. i 2017. godine zabilježen minimum od 0,007 mg L⁻¹ ukupnog fosfora te maksimum od 0,029 mg L⁻¹. te prema srednjoj vrijednosti i medijanu koji u navedenim razdobljima ne prelazile 0,02 mg L⁻¹ ukupnog fosfora, jezero Kozjak je **oligotrofno**. U jezeru je zabilježen i minimum od 0,51 mg L⁻¹ ukupnog dušika i maksimum od 0,99 mg L⁻¹ te i prema srednjoj vrijednosti i prema medijanu koncentracije ukupnog dušika, koji ne prelaze 1.0 mg L⁻¹, jezero Kozjak je **oligotrofno** (Tablica 2.8).

Tablica 2.8. Minimum, maksimum, srednja vrijednosti i medijan OEK-a, ukupnog dušika i ukupnog fosfora u jezeru Kozjak od travnja do rujna 2014., 2016. i 2017. godine.

	Godina	OEK	Ukupni fosfor (mg L ⁻¹)	Ukupni dušik (mg L ⁻¹)
	2014.			
min		0,72	0,008	0,58
max		0,86	0,029	0,91
sr.vr.		0,81	0,018	0,71
medijan		0,82	0,018	0,69
	2016.			
min		0,69	0,007	0,73
max		0,91	0,023	0,99
sr.vr.		0,83	0,019	0,76
medijan		0,82	0,017	0,78
	2017.			
min		0,78	0,009	0,51
max		0,90	0,020	0,92
sr.vr.		0,83	0,015	0,69
medijan		0,80	0,017	0,67

Na slici 2.6 prikazan je odnos koncentracije ukupnog fosfora i ukupnog dušika u jezeru Kozjak tijekom 2014., 2016. i 2017. godine te su procijenjene granice ultraoligotrofnog, oligotrofnog, mezotrofnog, eutrofnog i hipertrofnog statusa jezera. Jezero Kozjak je uzimajući u obzir medijan oba parametra (crvene točke) **oligotrofno** jezero u svim navedenim godinama.



Slika 2.6. Odnos koncentracije ukupnog fosfora i ukupnog dušika u jezeru Kozjak tijekom 2014., 2016. i 2017. godine. Ljubičaste crte predstavljaju granice ultra-oligotrofnog, oligotrofnog, mezotrofnog, eutrofnog i hipertrofnog statusa jezera. Crvene točke su medijani ukupnog fosfora i ukupnog dušika u jezeru tijekom 2014., 2016. i 2017. godine.

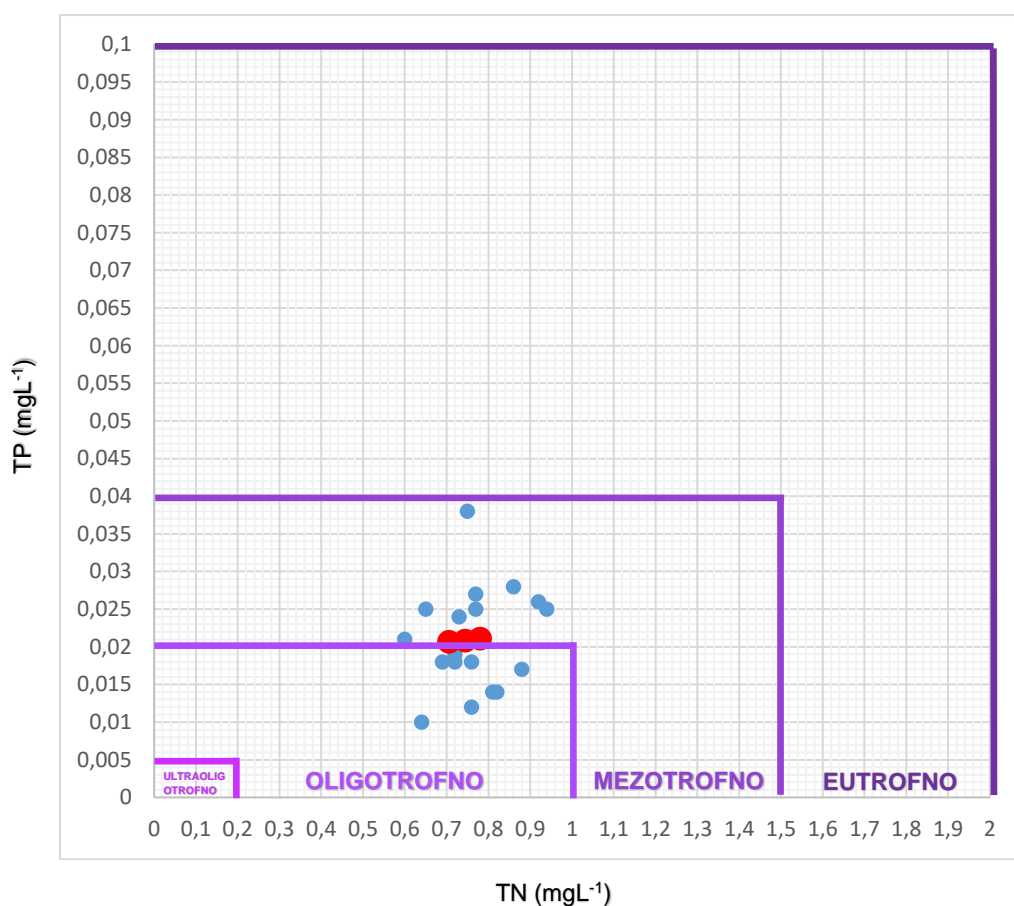
Jezero Prošće je prema svom prirodnom statusu oligotrofno jezero u kojem je u razdoblju od travnja do rujna 2014., 2016. i 2017. godine zabilježen minimum od $0,010 \text{ mg L}^{-1}$ ukupnog fosfora te maksimum od $0,038 \text{ mg L}^{-1}$ te srednja vrijednost i medijan u navedenim razdobljima prelaze $0,02 \text{ mg L}^{-1}$ te je prema koncentraciji ukupnog fosfora jezero Kozjak **mezotrofno**. U jezeru je zabilježen i minimum od $0,60 \text{ mg L}^{-1}$ ukupnog dušika i maksimum od $0,94 \text{ mg L}^{-1}$ te su srednja vrijednost i medijan uvijek ispod 1 mg L^{-1} stoga je i prema koncentraciji ukupnog dušika jezero Prošće **oligotrofno** (Tablica 2.9).

Tablica 2.9. Minimum, maksimum, srednja vrijednosti i medijan OEK-a, ukupnog dušika i ukupnog fosfora u jezeru Prošće od travnja do rujna 2014., 2016. i 2017. godine.

	Godina	OEK	Ukupni fosfor (mg L^{-1})	Ukupni dušik (mg L^{-1})
	2014.			
min		0,64	0,010	0,64
max		0,87	0,028	0,86
sr.vr.		0,71	0,021	0,74
medijan		0,69	0,022	0,75
	2016.			
min		0,58	0,014	0,73
max		0,80	0,038	0,92
sr.vr.		0,73	0,022	0,79
medijan		0,69	0,021	0,79

	Godina	OEK	Ukupni fosfor (mg L ⁻¹)	Ukupni dušik (mg L ⁻¹)
	2017.			
min		0,63	0,012	0,60
max		0,80	0,025	0,94
sr.vr.		0,72	0,021	0,75
medijan		0,71	0,020	0,74

Na slici 2.7 prikazan je odnos koncentracije ukupnog fosfora i ukupnog dušika u jezeru Prošće tijekom 2014., 2016. i 2017. godine te su procijenjene granice ultra-oligotrofnog, oligotrofnog, mezotrofnog, eutrofnog i hipertrofnog statusa jezera. Jezero Prošće je uzimajući u obzir medijan oba parametra (crvene točke), prema slici 2.7, **mezotrofno** jezero u svim navedenim godinama.



Slika 2.7. Odnos koncentracije ukupnog fosfora i ukupnog dušika u jezeru Prošće tijekom 2014., 2016. i 2017. godine. Ljubičaste crte predstavljaju granice ultra-oligotrofnog, oligotrofnog, mezotrofnog, eutrofnog i hipertrofnog statusa jezera. Crvene točke su medijani ukupnog fosfora i ukupnog dušika u jezeru tijekom 2014., 2016. i 2017. godine.

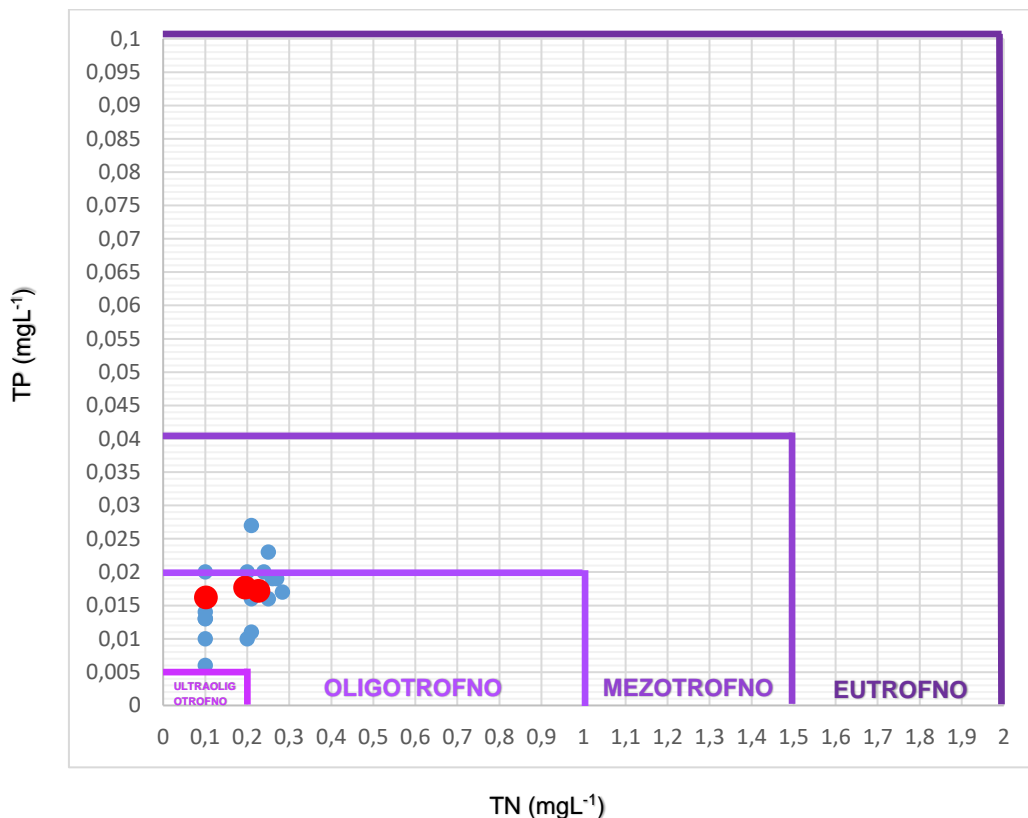
Vransko jezero na Cresu je prema svom prirodnom statusu ultra-oligotrofno jezero u kojem je u razdoblju travnja do rujna 2014., 2016. i 2017. godine zabilježen minimum od 0,006

mg L⁻¹ ukupnog fosfora te maksimum od 0,027 mg L⁻¹. Prema srednjoj vrijednosti ukupnog fosfora kao i prema medijanu koji ne prelazi 0,02 mg L⁻¹ Vransko jezero je **oligotrofno**. U jezeru je zabilježen i minimum od 0,10 mg L⁻¹ ukupnog dušika i maksimum od 0,28 mg L⁻¹ te su srednja vrijednost i medijan uvijek manji od 1 mg L⁻¹ stoga je i prema koncentraciji ukupnog dušika Vransko jezero **oligotrofno** (Tablica 2.10).

Tablica 2.10. Minimum, maksimum, srednja vrijednosti i medijan OEK-a, ukupnog dušika i ukupnog fosfora u Vranskom jezeru na Cresu od travnja do rujna 2014., 2016. i 2017. godine.

	Godina	OEK	Ukupni fosfor (mg L ⁻¹)	Ukupni dušik (mg L ⁻¹)
	2014.			
min		0,81	0,006	0,10
max		0,86	0,020	0,28
sr.vr.		0,84	0,015	0,15
medijan		0,84	0,016	0,10
	2016.			
min		0,81	0,010	0,10
max		0,90	0,027	0,26
sr.vr.		0,85	0,016	0,16
medijan		0,86	0,018	0,20
	2017.			
min		0,84	0,010	0,10
max		0,92	0,023	0,27
sr.vr.		0,86	0,016	0,21
medijan		0,85	0,016	0,23

Na slici 2.8 prikazan je odnos koncentracije ukupnog fosfora i ukupnog dušika u Vranskom jezeru na Cresu tijekom 2014., 2016. i 2017. godine te su procijenjene granice ultra-oligotrofnog, oligotrofnog, mezotrofnog, eutrofnog i hipertrofnog statusa jezera prema oba parametra. Vransko jezero na Cresu je uzimajući u obzir medijan oba parametra (crvene točke), prema slici 2.8, **oligotrofno** jezero u svim navedenim godinama.



Slika 2.8. Odnos koncentracije ukupnog fosfora i ukupnog dušika u Vranskom jezeru na Cresu tijekom 2014., 2016. i 2017. godine. Ljubičaste crte predstavljaju granice ultra-oligotrofnog, oligotrofnog, mezotrofnog i eutrofnog stanja jezera. Crvene točke su medijani ukupnog fosfora i ukupnog dušika tijekom 2014., 2016. i 2017. godine.

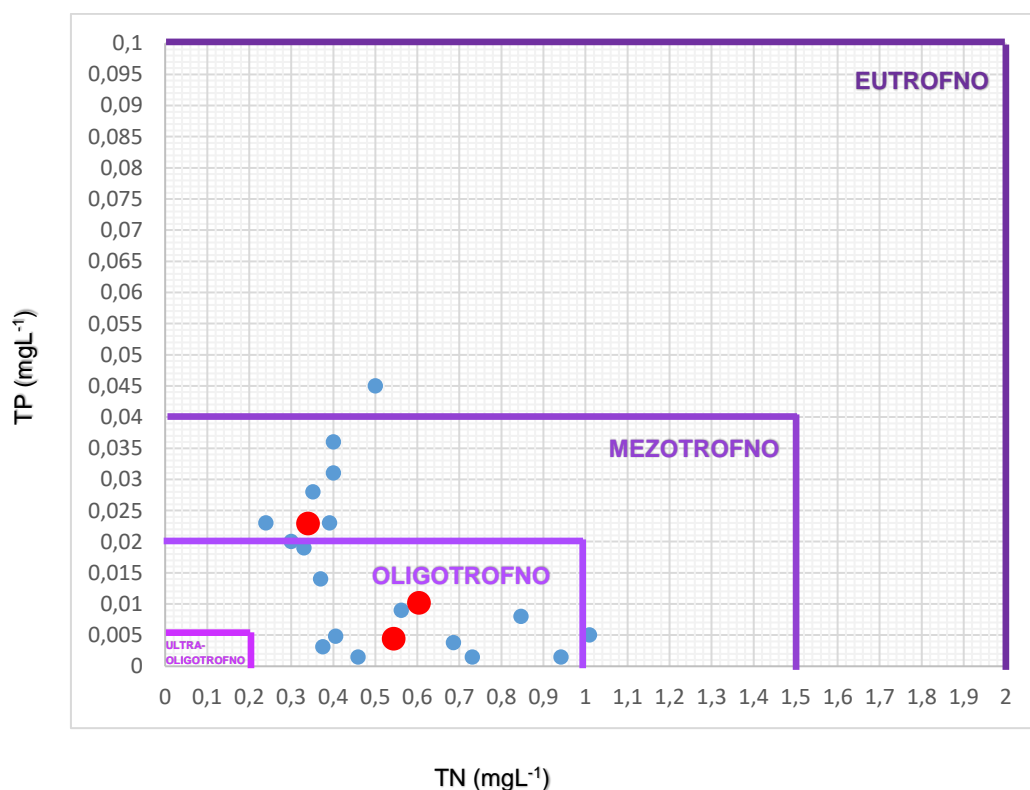
Crniševo je prema svom prirodnom statusu **oligotrofno** jezero u kojem je u razdoblju travnja do rujna 2014., 2016. i 2017. godine zabilježen minimum od $0,002 \text{ mg L}^{-1}$ ukupnog fosfora te maksimum od $0,045 \text{ mg L}^{-1}$. Prema srednjoj vrijednosti i medijanu koji prelaze, u 2014. godini, zadanu granicu od $0,02 \text{ mg L}^{-1}$ u 2014. godini Crniševo je **mezotrofno**. Srednja vrijednost i medijan u 2016. i 2017. godini ne prelazi $0,02 \text{ mg L}^{-1}$ te je u tim godinama jezero bilo **oligotrofno**. U jezeru je zabilježen i minimum od $0,24 \text{ mg L}^{-1}$ ukupnog dušika i maksimum od $1,01 \text{ mg L}^{-1}$, ali su srednje vrijednosti i medijani uvijek bili manji od 1 mg L^{-1} stoga je prema koncentraciji ukupnog dušika jezero Crniševo **oligotrofno** u svim godinama (Tablica 2.11).

Tablica 2.11. Minimum, maksimum, srednja vrijednosti i medijan OEK-a, ukupnog dušika i ukupnog fosfora u jezeru Crniševo od travnja do rujna 2014., 2016. i 2017. godine.

	Godina	OEK	Ukupni fosfor (mg L^{-1})	Ukupni dušik (mg L^{-1})
	2014.			
min		0,55	0,014	0,24
max		0,82	0,036	0,40
sr.vr.		0,71	0,024	0,34
medijan		0,70	0,022	0,350

	Godina	OEK	Ukupni fosfor (mg L ⁻¹)	Ukupni dušik (mg L ⁻¹)
	2016.			
min		0,74	0,002	0,38
max		0,81	0,023	1,01
sr.vr.		0,79	0,014	0,56
medijan		0,80	0,004	0,546
	2017.			
min		0,80	0,002	0,35
max		0,93	0,045	0,85
sr.vr.		0,89	0,016	0,58
medijan		0,91	0,009	0,531

Na slici 2.9 prikazan je odnos koncentracije ukupnog fosfora i ukupnog dušika u jezeru Crniševo tijekom 2014., 2016. i 2017. godine te su procijenjene granice ultra-oligotrofnog, oligotrofnog, mezotrofnog i eutrofnog statusa jezera. Crniševo je uzimajući u obzir medijan oba parametra (crvene točke), prema slici 16, mezotrofnog jezera u 2014. godini i oligotrofnog u 2016. i 2017. godini.



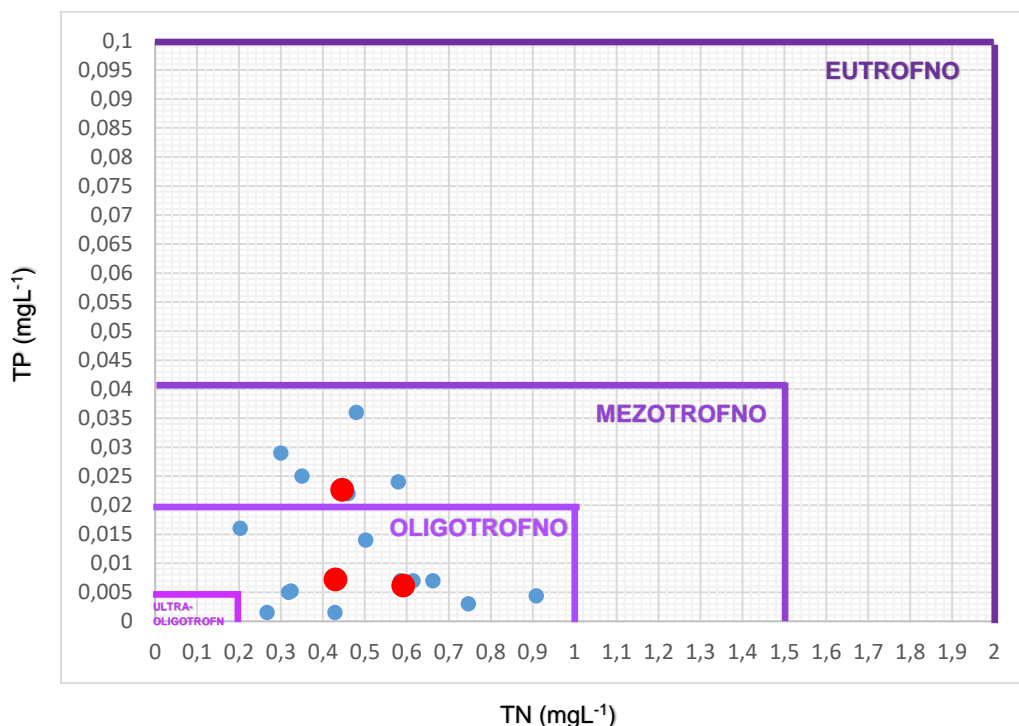
Slika 2.9. Odnos koncentracije ukupnog fosfora i ukupnog dušika u jezeru Crniševo tijekom 2014., 2016. i 2017. godine. Ljubičaste crte predstavljaju granice ultraoligotrofnog, oligotrofnog, mezotrofnog i eutrofnog stanja jezera. Crvene točke su medijani ukupnog fosfora i ukupnog dušika u jezeru tijekom 2014., 2016. i 2017. godine.

Očuša je prema svom prirodnom statusu oligotrofno jezero u kojem je u razdoblju travnja do rujna 2014., 2016. i 2017. godine zabilježen minimum od 0,002 mg L-1 ukupnog fosfora te maksimum od 0,036 mg L-1. Prema srednjoj vrijednosti i medijanu koji u 2014. prelazi 0,02 mg L-1 ukupnog fosfora Očuša je mezotrofno. Srednje vrijednosti i medijani u 2016. godini ne prelaze 0,02 mg L-1 ukupnog fosfora te je Očuša oligotrofno. Srednje vrijednosti u 2017. godini ne prelaze 0,02 mg L-1 ukupnog fosfora dok medijan prelazi te je Očuša mezotrofno jezero u 2017. godinama. U jezeru je zabilježen i minimum od 0,20 mg L-1 ukupnog dušika i maksimum od 0,91 mg L-1, ali su srednje vrijednosti i medijani uvijek bili ispod 1,0 mg L-1 stoga je prema koncentraciji ukupnog dušika jezero Očuša oligotrofno u svim godinama (Tablica 2.12).

Tablica 2.12. Minimum, maksimum, srednja vrijednosti i medijan OEK-a, ukupnog dušika i ukupnog fosfora u jezeru Očuša od travnja do rujna 2014., 2016. i 2017. godine.

	Godina	OEK	Ukupni fosfor (mg L ⁻¹)	Ukupni dušik (mg L ⁻¹)
	2014.			
min		0,64	0,022	0,30
max		0,90	0,029	0,58
sr.vr.		0,75	0,025	0,43
medijan		0,71	0,024	0,440
	2016.			
min		0,59	0,003	0,20
max		0,85	0,016	0,91
sr.vr.		0,74	0,012	0,55
medijan		0,72	0,006	0,600
	2017.			
min		0,84	0,002	0,27
max		0,90	0,036	0,66
sr.vr.		0,87	0,011	0,44
medijan		0,70	0,022	0,350

Na slici 2.10, prikazan je odnos koncentracije ukupnog fosfora i ukupnog dušika u jezeru Očuša tijekom 2014., 2016. i 2017. godine te su procijenjene granice ultra-oligotrofnog, oligotrofnog, mezotrofnog, eutrofnog i hipertrofnog statusa jezera. Jezero Očuša je uzimajući u obzir medijan oba parametra (crvene točke), prema slici 19, **oligotrofno** jezero u 2016. godini i 2017. godini i **mezotrofno** jezero u 2014. godini.



Slika 2.10. Odnos koncentracije ukupnog fosfora i ukupnog dušika u jezeru Očuča tijekom 2014., 2016. i 2017. godine. Ljubičaste crte predstavljaju granice ultra-oligotrofnog, oligotrofnog, mezotrofnog i eutrofnog statusa jezera. Crvene točke su medijani ukupnog fosfora i ukupnog dušika u jezeru tijekom 2014., 2016. i 2017. godine.

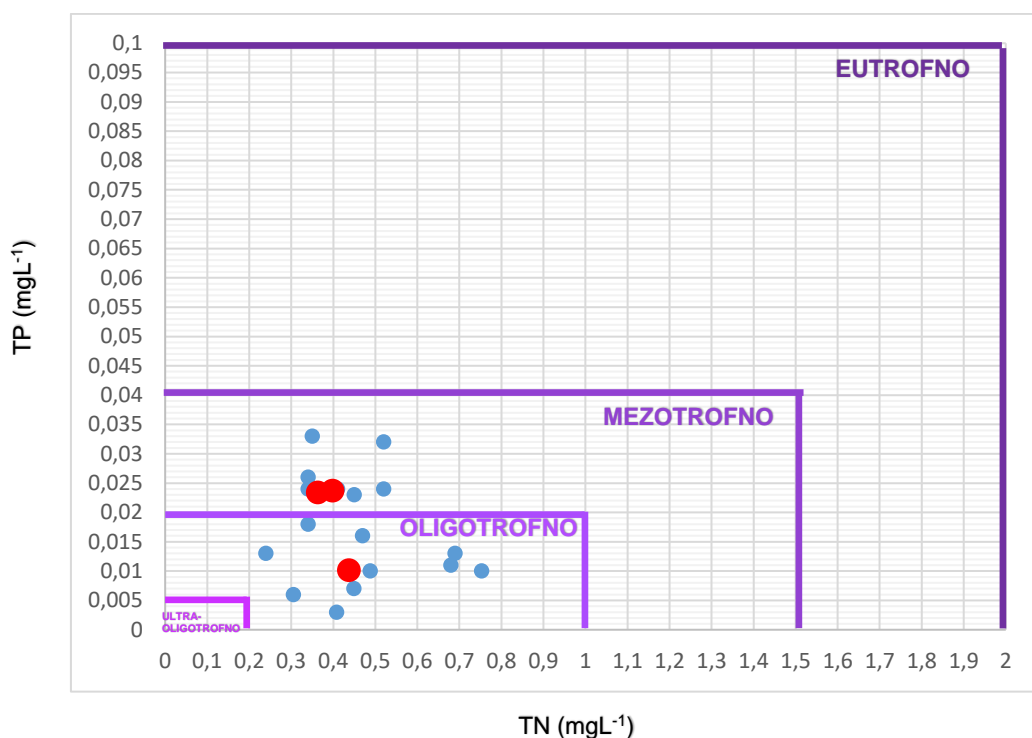
Visovačko jezero prema svom prirodnom statusu je oligotrofno u kojem je u razdoblju travnja do rujna 2014., 2016. i 2017. godine zabilježen minimum od $0,003 \text{ mg L}^{-1}$ ukupnog fosfora te maksimum od $0,033 \text{ mg L}^{-1}$, te prema srednjoj vrijednosti i medijanu koji prelaze $0,02 \text{ mg L}^{-1}$ u 2014. i 2017. Visovačko jezero je **mezotrofno**. Dok prema srednjoj vrijednosti i medijanu ukupnog fosfora u 2016. je **oligotrofno**. U jezeru je zabilježen i minimum od $0,24 \text{ mg L}^{-1}$ ukupnog dušika i maksimum od $0,75 \text{ mg L}^{-1}$, ali su srednje vrijednosti i medijani uvijek bili ispod $1,0 \text{ mg L}^{-1}$ stoga je prema koncentraciji ukupnog dušika Visovačko jezero **oligotrofno** u svim godinama (Tablica 2.13).

Tablica 2.13. Minimum, maksimum, srednja vrijednosti i medijan OEK-a, ukupnog dušika i ukupnog fosfora u Visovačkom jezeru od travnja do rujna 2014., 2016. i 2017. godine.

	Godina	OEK	Ukupni fosfor (mg L^{-1})	Ukupni dušik (mg L^{-1})
	2014.			
min		0,64	0,016	0,34
max		0,83	0,032	0,52
sr.vr.		0,75	0,023	0,41
medijan		0,78	0,024	0,400

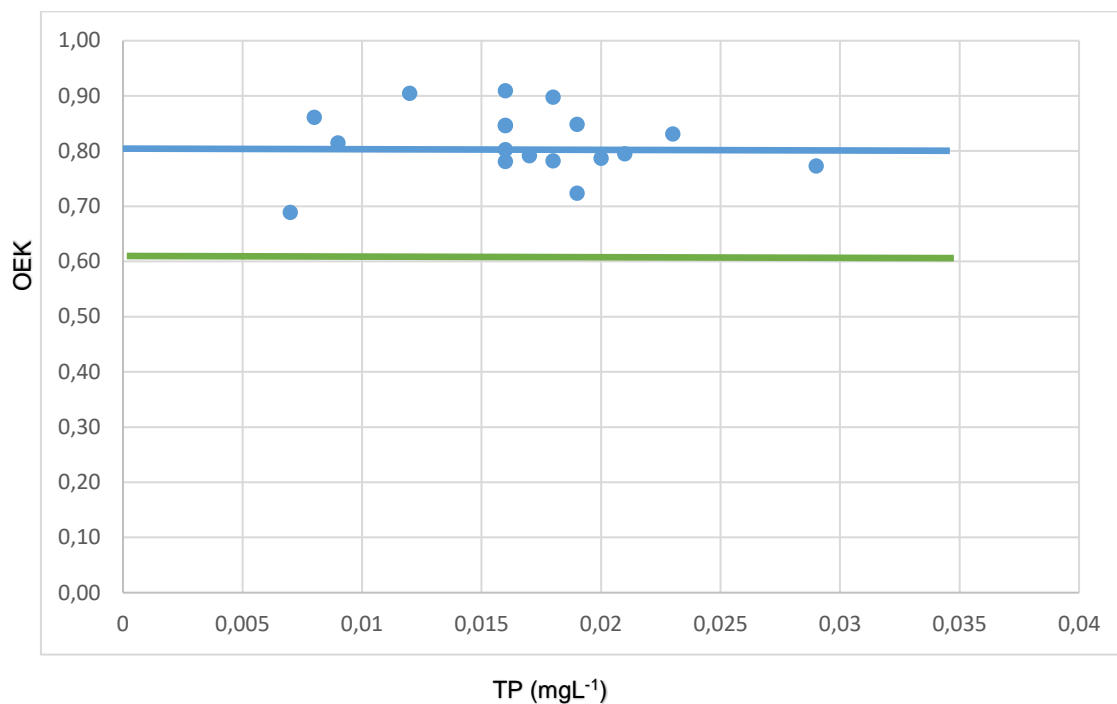
	Godina	OEK	Ukupni fosfor (mg L ⁻¹)	Ukupni dušik (mg L ⁻¹)
	2016.			
min		0,70	0,003	0,31
max		0,87	0,011	0,75
sr.vr.		0,78	0,010	0,50
medijan		0,77	0,010	0,47
	2017.			
min		0,64	0,013	0,24
max		0,80	0,033	0,69
sr.vr.		0,71	0,022	0,43
medijan		0,70	0,024	0,38

Na slici 2.11 prikazan je odnos koncentracije ukupnog fosfora i ukupnog dušika u Visovačkom jezeru tijekom 2014., 2016. i 2017. godine te su procijenjene granice ultra-oligotrofnog, oligotrofnog, mezotrofnog i eutrofnog statusa jezera. Visovačko jezero je uzimajući u obzir medijan oba parametra (crvene točke), prema slici 3.6, **oligotrofno** jezero u 2016. i **mezotrofno** u 2014. i 2017. godini.

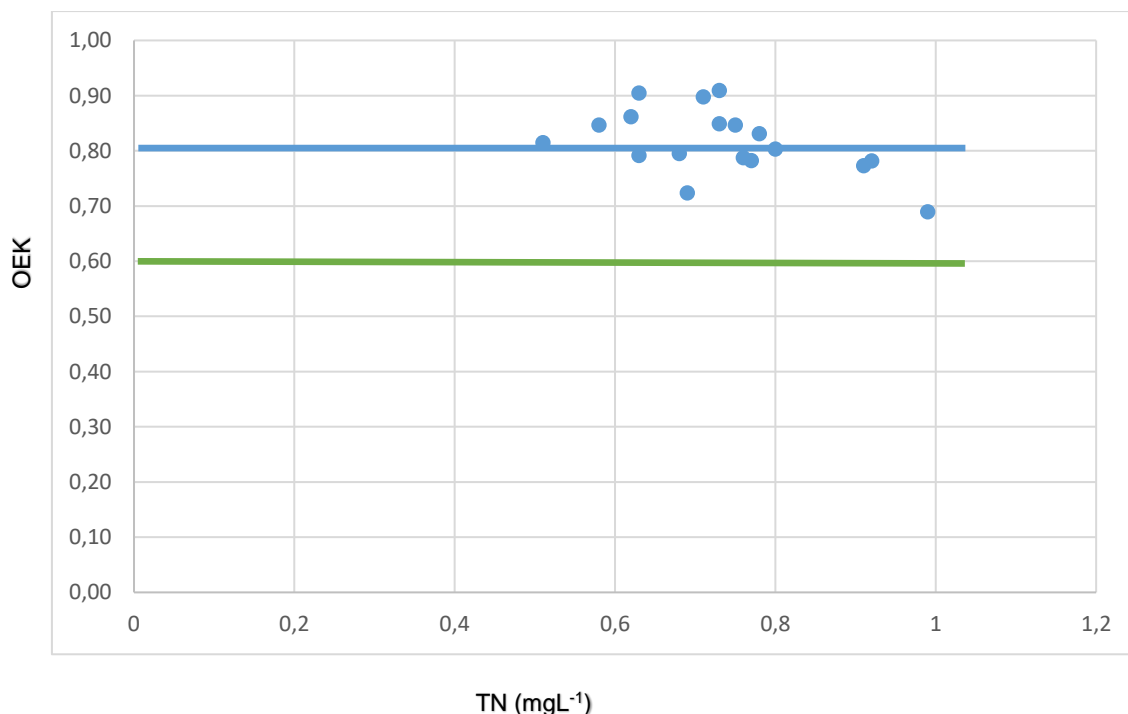


Slika 2.11. Odnos koncentracije ukupnog fosfora i ukupnog dušika u Visovačkom jezeru tijekom 2014., 2016. i 2017. godine. Ljubičaste crte predstavljaju procijenjene granice ultra-oligotrofnog, oligotrofnog, mezotrofnog i eutrofnog statusa jezera. Crvene točke su medijani ukupnog fosfora i ukupnog dušika u jezeru tijekom 2014., 2016. i 2017. godine.

Jezero Kozjak je prema fitoplanktonu kao biološkom pokazatelju u vrlo dobrom ekološkom stanju. Na slikama 2.12 i 2.13 prikazan je odnos omjera ekološke kakvoće i koncentracije ukupnog fosfora u jezeru Kozjak tijekom 2014., 2016. i 2017. godine.

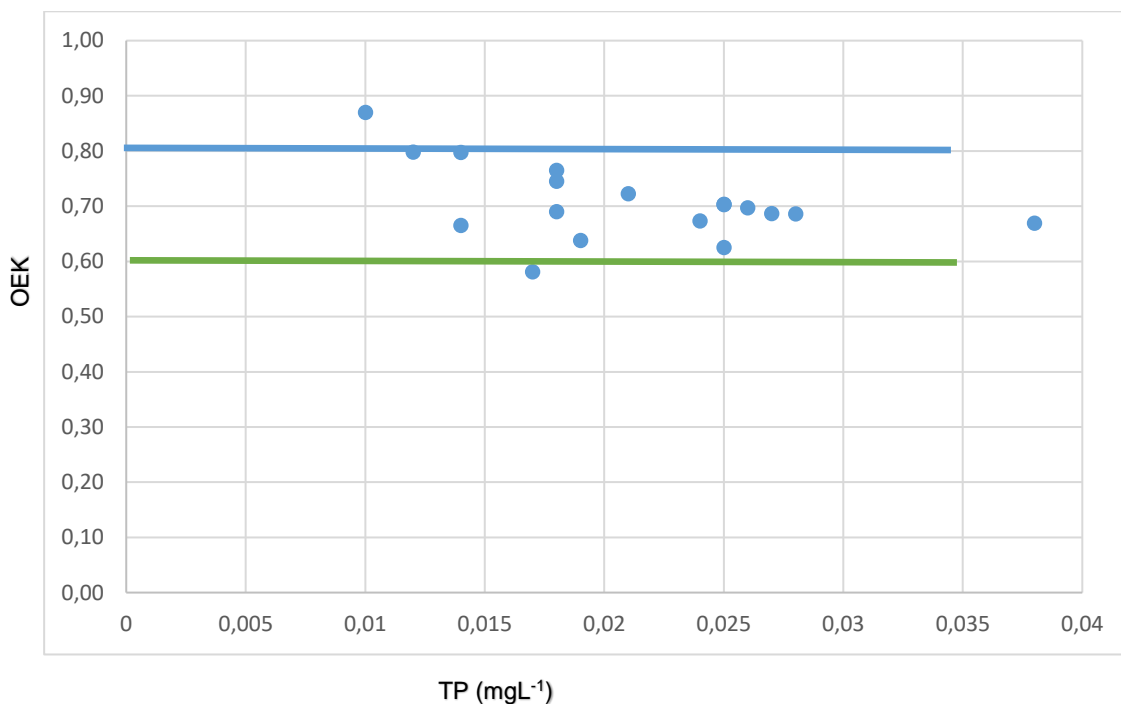


Slika 2.12. Odnos omjera ekološke kakvoće prema fitoplanktonu kao biološkom pokazatelju i koncentracije ukupnog fosfora u jezeru Kozjak tijekom 2014., 2016. i 2017. godine.

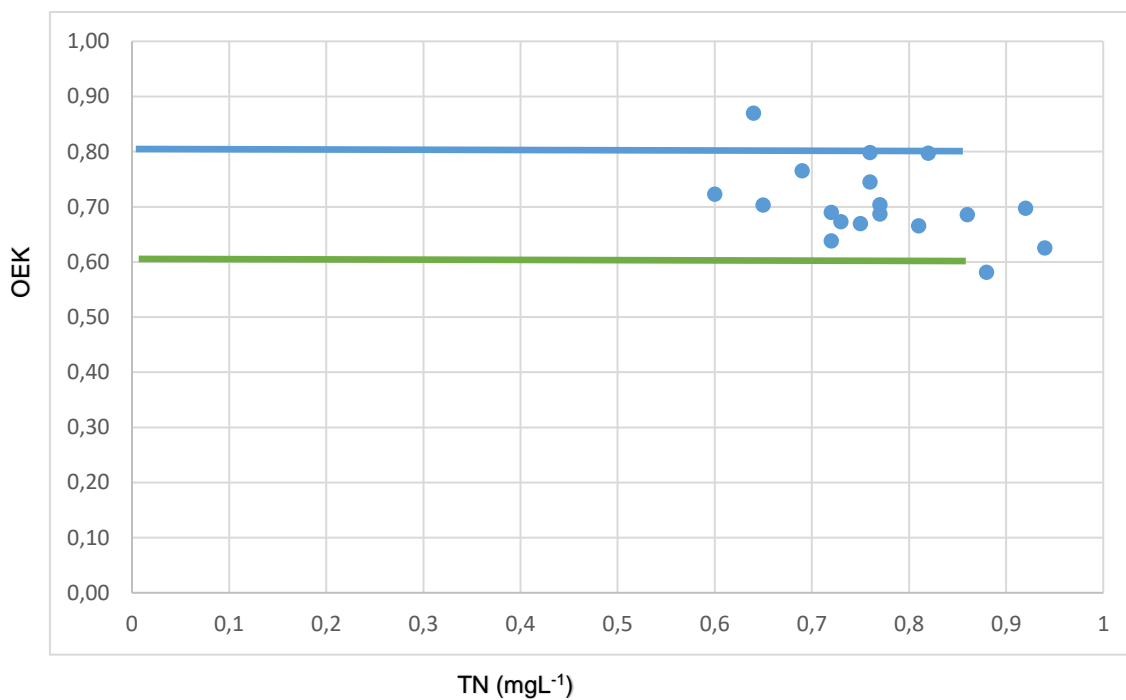


Slika 2.13. Odnos omjera ekološke kakvoće prema fitoplanktonu kao biološkom pokazatelju i koncentracije ukupnog dušika u jezeru Kozjak tijekom 2014., 2016. i 2017. godine.

Jezero Prošće je prema fitoplanktonu kao biološkom pokazatelju u dobrom ekološkom stanju. Na slikama 2.14 i 2.15 prikazan je odnos omjera ekološke kakvoće prema fitoplanktonu kao biološkom pokazatelju i koncentracije ukupnog fosfora i dušika u jezeru Prošće tijekom 2014., 2016. i 2017. godine.

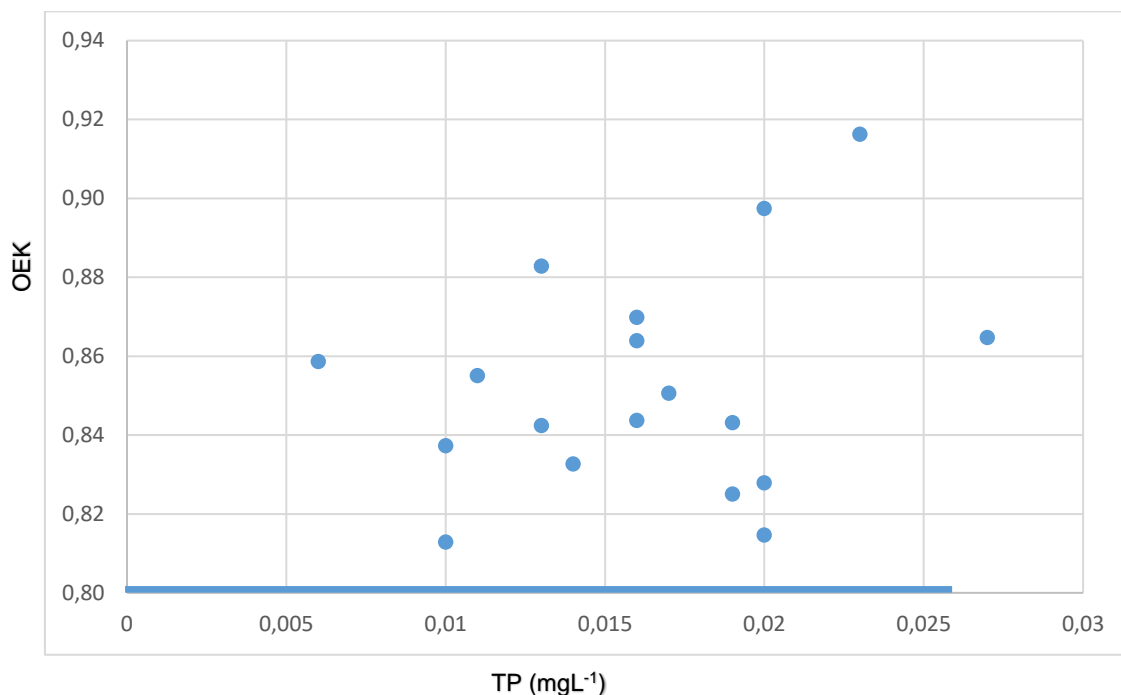


Slika 2.14. Odnos omjera ekološke kakvoće prema fitoplanktonu kao biološkom pokazatelju i koncentracije ukupnog fosfora u jezeru Prošće tijekom 2014., 2016. i 2017. godine.

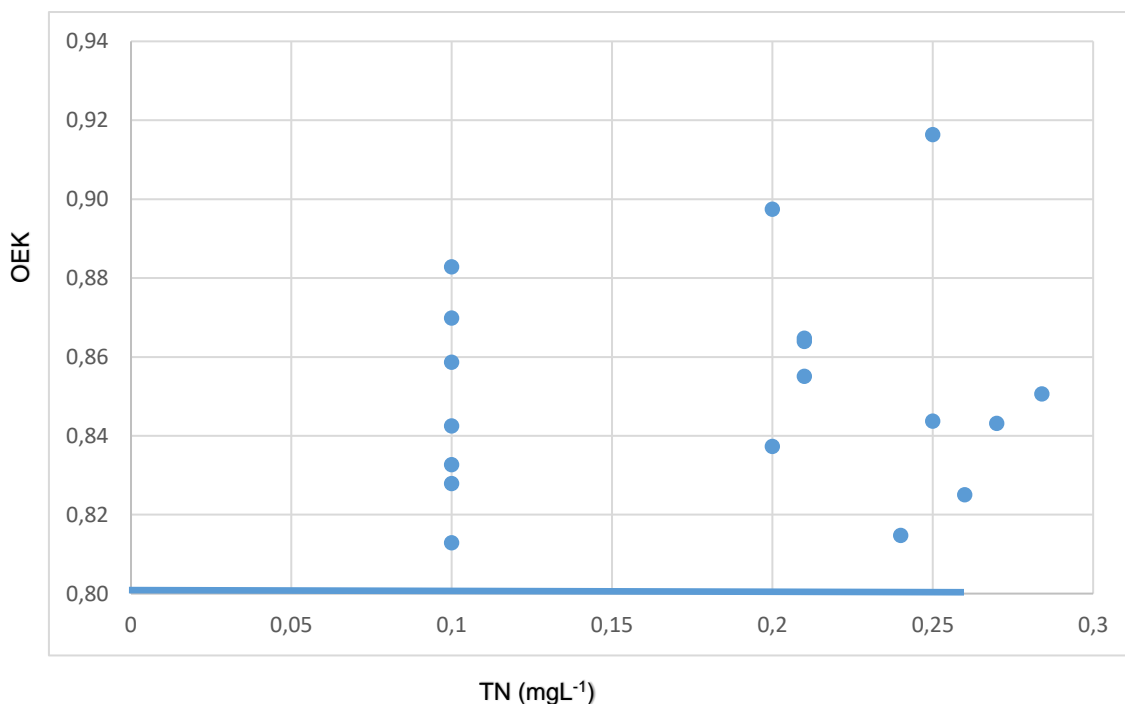


Slika 2.15. Odnos omjera ekološke kakvoće prema fitoplanktonu kao biološkom pokazatelju i koncentracije ukupnog dušika u jezeru Prošće tijekom 2014., 2016. i 2017. godine.

Vransko jezero na Cresu je prema fitoplanktonu kao biološkom pokazatelju u vrlo dobrom ekološkom stanju. Na slikama 2.16 i 2.17 prikazan je odnos omjera ekološke kakvoće prema fitoplanktonu kao biološkom pokazatelju i koncentracije ukupnog fosfora i ukupnog dušika u Vranskom jezeru na Cresu tijekom 2014., 2016. i 2017. godine.

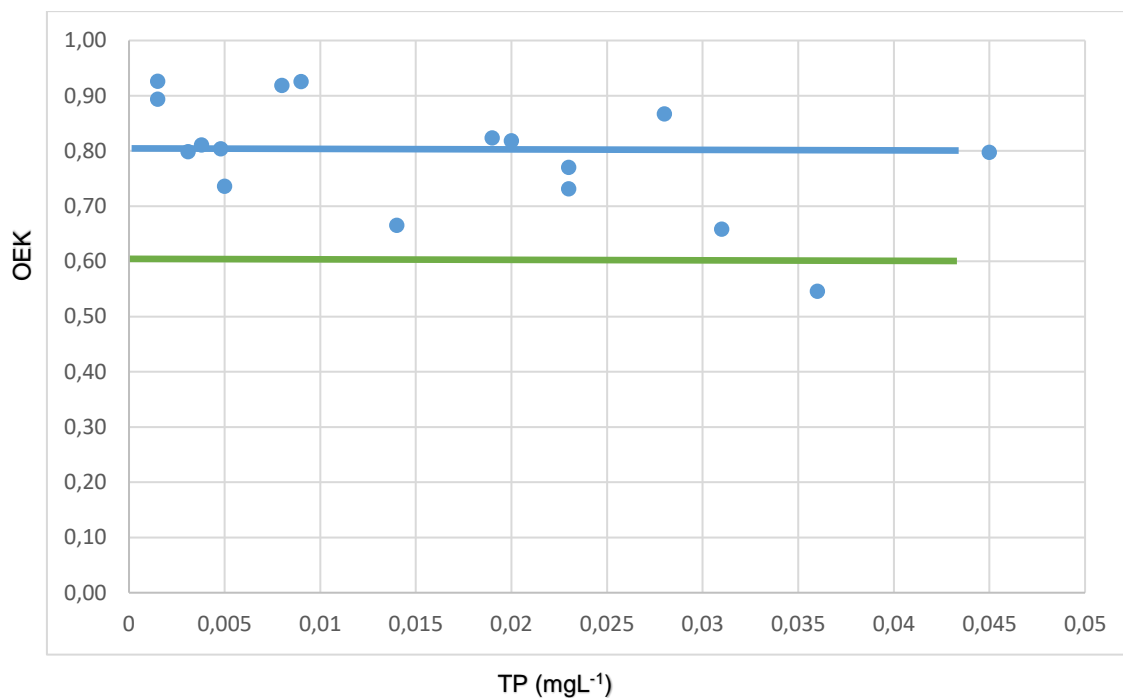


Slika 2.16. Odnos omjera ekološke kakvoće prema fitoplanktonu kao biološkom pokazatelju i koncentracije ukupnog fosfora u Vranskom jezeru na Cresu tijekom 2014., 2016. i 2017. godine

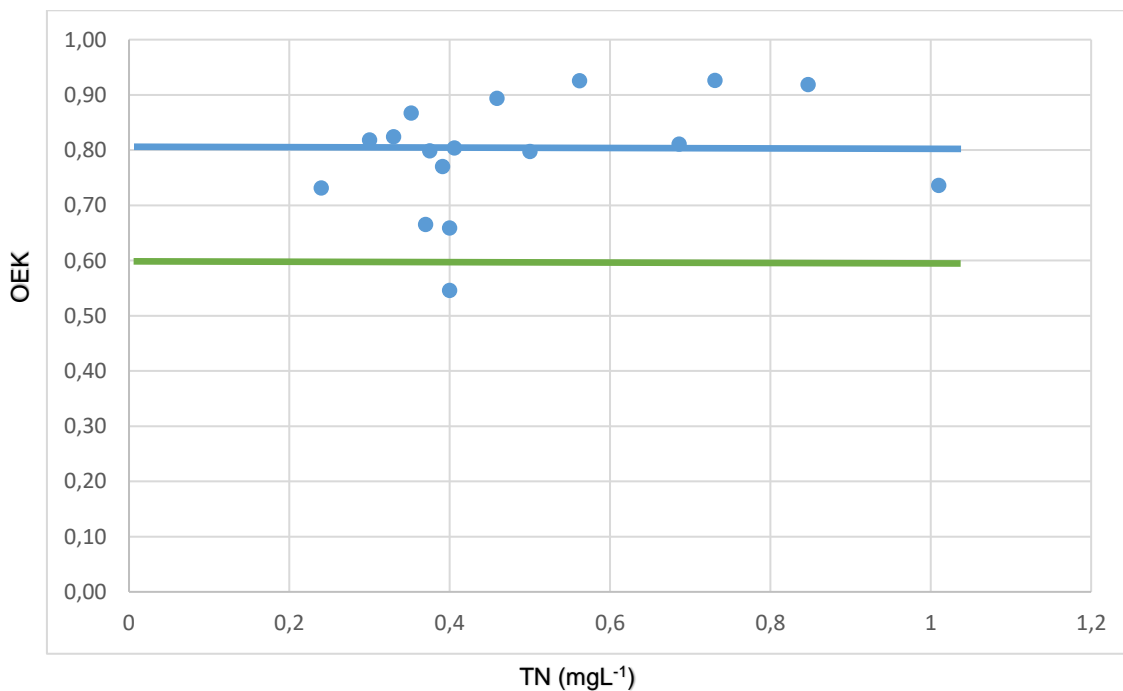


Slika 2.17. Odnos omjera ekološke kakvoće prema fitoplanktonu kao biološkom pokazatelju i koncentracije ukupnog dušika u Vranskom jezeru na Cresu tijekom 2014., 2016. i 2017. godine

Crniševo je prema fitoplanktonu kao biološkom pokazatelju u dobrom ili vrlo dobrom ekološkom stanju tijekom 2014., 2016. i 2017. godine. Na slikama 2.18 i 2.19 prikazan je odnos omjera ekološke kakvoće prema fitoplanktonu kao biološkom pokazatelju i koncentracije ukupnog fosfora i ukupnog dušika u jezeru Crniševo tijekom 2014., 2016. i 2017. godine.

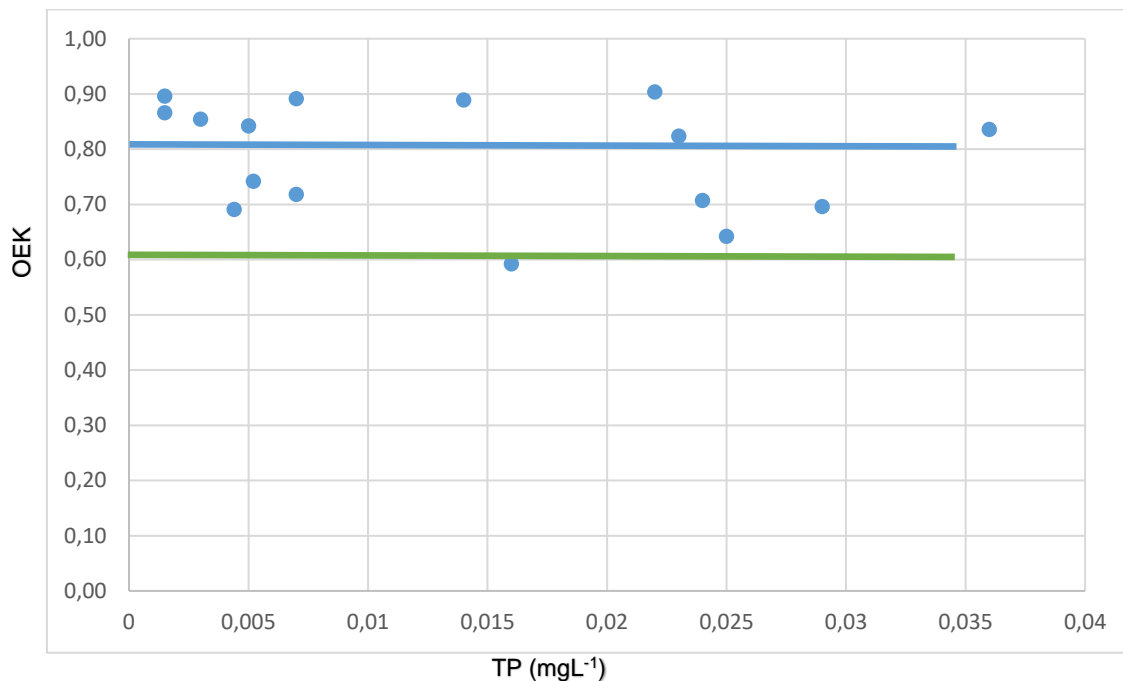


Slika 2.18. Odnos omjera ekološke kakvoće prema fitoplanktonu kao biološkom pokazatelju i koncentracije ukupnog fosfora u jezeru Crniševo tijekom 2014., 2016. i 2017. godine.

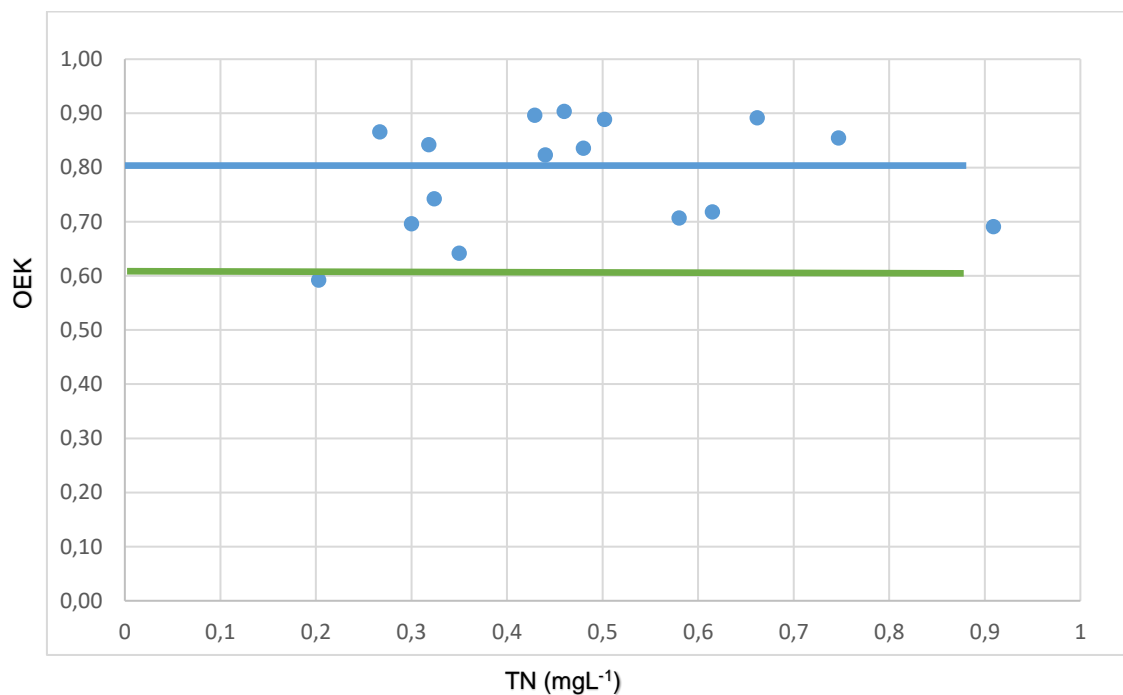


Slika 2.19. Odnos omjera ekološke kakvoće prema fitoplanktonu ko biološkom pokazatelju i koncentracije ukupnog dušika u jezeru Crniševo tijekom 2014., 2016. i 2017. godine.

Očuša je prema fitoplanktonu kao biološkom pokazatelju u dobrom ili vrlo dobrom ekološkom stanju tijekom 2014., 2016. i 2017. godine. Na slikama 2.20 i 2.21 prikazan je odnos ekološkog stanja prema fitoplanktonu kao biološkom pokazatelju i koncentracije ukupnog fosfora i ukupnog dušika u jezeru Očuša tijekom 2014., 2016. i 2017. godine.

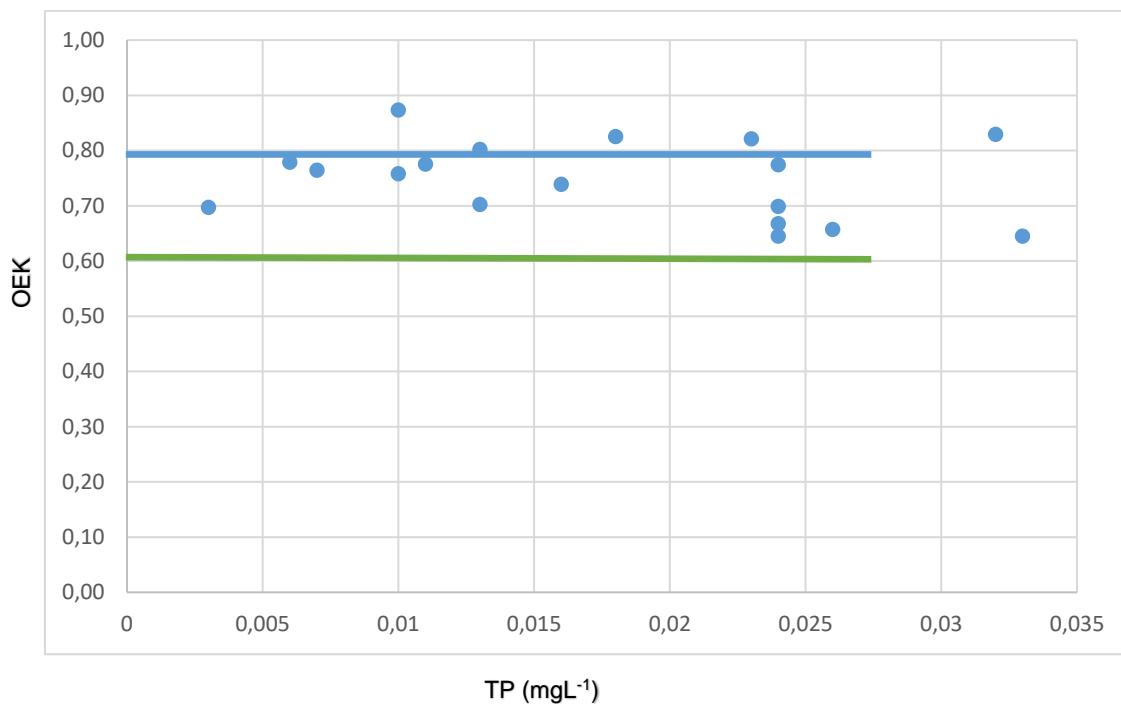


Slika 2.20. Odnos omjera ekološke kakvoće prema fitoplanktonu kao biološkom pokazatelju i koncentracije ukupnog fosfora u jezeru Očuša tijekom 2014., 2016. i 2017. godine.

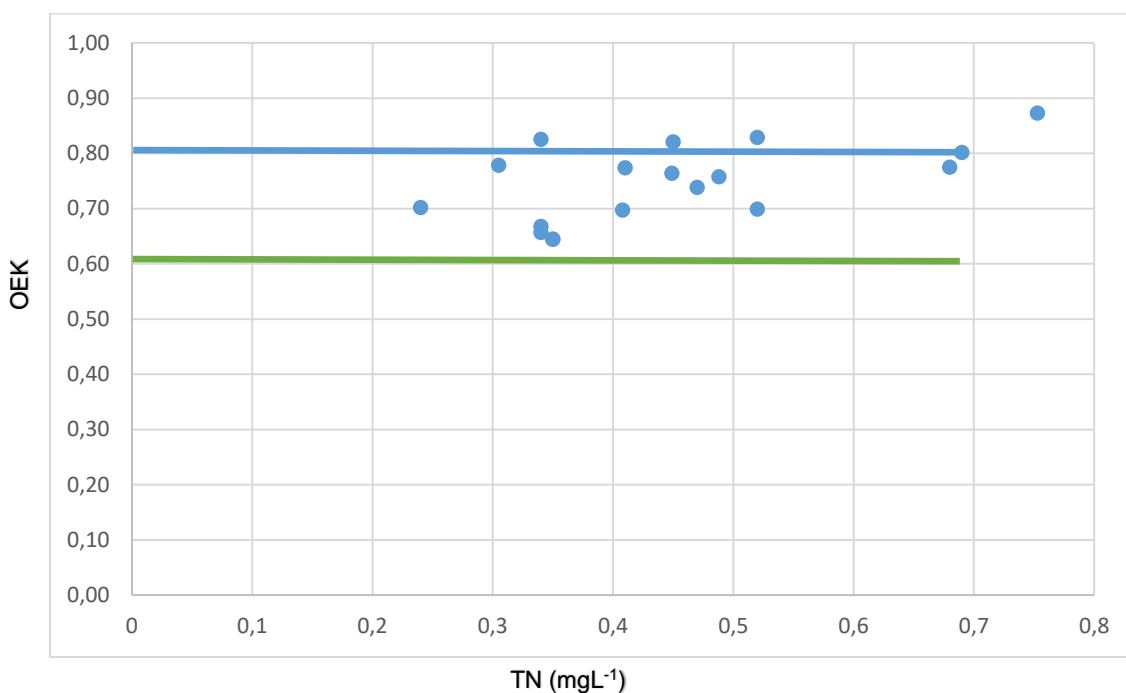


Slika 2.21. Odnos omjera ekološke kakvoće prema fitoplanktonu kao biološkom pokazatelju i koncentracije ukupnog dušika u jezeru Očuša tijekom 2014., 2016. i 2017. godine.

Visovačko jezero je prema fitoplanktonu kao biološkom pokazatelju u dobrom ili vrlo dobrom ekološkom stanju tijekom 2014., 2016. i 2017. godine. Na slikama 2.22 i 2.23 prikazan je odnos omjera ekološke kakvoće prema fitoplanktonu kao biološkom pokazatelju i koncentracije ukupnog fosfora u Visovačko jezero tijekom 2014., 2016. i 2017. godine.



Slika 2.22. Odnos omjera ekološke kakvoće prema fitoplanktonu kao biološkom pokazatelju i koncentracije ukupnog fosfora u Visovačkom jezeru tijekom 2014., 2016. i 2017. godine.



Slika 2.23. Odnos omjera ekološke kakvoće prema fitoplanktonu kao biološkom pokazatelju i koncentracije ukupnog dušika u Visovačkom jezeru tijekom 2014., 2016. i 2017. godine.

2.3.2 Pokazatelji ekološkog stanja dubokih jezera i status trofije

Pokazatelji utjecaja eutrofikacije u prirodnim krškim dubokim jezerima su ekološko stanje, fitoplankton (klorofila *a* i biomasa) i Secchi dubina.

U tablici 2.14 prikazan je odnos ekološkog stanja jezera i status trofije u prirodnim dubokim krškim jezerima prema tipu jezera proizašao iz rezultata prikazanih u prethodnom poglavlju.

Tablica 2.14. Usporedba ekološkog stanja dubokih krških tipova jezera u Hrvatskoj sa trofičkim statusom

Status jezera /OEK Fitoplanktona	HR-J_1A Kozjak Ultra-oligotrofno	HR-J_1B Prošće Oligotrofno	HR-J_2 Vransko Ultra-oligotrofno	HR-J_3 Crniševo Oligotrofno	HR-J_3 Očuša Oligotrofno	HR-J_5 Visovačko jezero Oligotrofno
Vrlo dobro	Oligotrofno	Oligotrofno	Oligotrofno	Oligotrofno	Oligotrofno	Oligotrofno
Dobro	Mezotrofno	Oligotrofno Mezotrofno	Mezotrofno	Oligotrofno Mezotrofno	Oligotrofno Mezotrofno	Oligotrofno Mezotrofno
Umjereno	Mezotrofno Eutrofno	Eutrofno	Mezotrofno Eutrofno	Mezotrofno Eutrofno	Mezotrofno Eutrofno	Mezotrofno Eutrofno
Loše	Eutrofno	Eutrofno Hipertrofno	Eutrofno	Eutrofno	Eutrofno	Eutrofno
Vrlo loše	Hipertrofno	Hipertrofno	Hipertrofno	Hipertrofno	Hipertrofno	Hipertrofno

Koncentracija klorofila *a*, ukupna biomasa fitoplanktona i Secchi dubina

U jezeru Kozjak je u razdoblju travnja do rujna 2014., 2016. i 2017. godine zabilježen minimum od 0,25 mg L⁻¹ ukupne biomase te maksimum od 2,05 mg L⁻¹. Medijan u navedenim razdobljima nije prelazilo 0,8 mg L⁻¹ te je prema ukupnoj biomasi fitoplanktona jezero Kozjak **oligotrofno**. U jezeru je zabilježen i minimum od 0,35 µg L⁻¹ i maksimum od 1,45 µg L⁻¹ klorofila *a* i medijan nije prelazilo 2 µg L⁻¹ te je i prema koncentraciji klorofila *a* jezero Kozjak **oligotrofno**. U jezeru Kozjak kojem je u razdoblju travnja do rujna 2014., 2016. i 2017. godine zabilježen minimum Secchi dubine od 7,2 m i maksimum od 14,7 m te medijan u navedenim razdobljima nije bio ispod 10 m i prema Secchi dubini Kozjak **oligotrofno** jezero.

U jezeru Prošće je u razdoblju travnja do rujna 2014., 2016. i 2017. godine zabilježen minimum od 0,42 mg L⁻¹ ukupne biomase te maksimum od 4,65 mg L⁻¹. Medijan u navedenim razdobljima prelazi 0,8 mg L⁻¹ te je prema ukupnoj biomasi fitoplanktona jezero Prošće **mezotrofno**. U jezeru je zabilježen i minimum od 0,5 µg L⁻¹ i maksimum od 8,14 µg L⁻¹ klorofila *a* i medijan prelazi 2 µg L⁻¹, ali ne prelazi 7 µg L⁻¹ te je i prema koncentraciji klorofila *a* jezero Prošće **mezotrofno**. U jezeru kojem je u razdoblju travnja do rujna 2014., 2016. i 2017. godine zabilježen minimum Secchi dubine od 4,0 m i maksimum od 9,7 m te medijan u navedenim razdobljima ispod 10 m te je prema Secchi dubini Prošće **mezotrofno** jezero (Tablica 2.15).

U Vranskom jezeru na Cresu je u razdoblju travnja do rujna 2014., 2016. i 2017. godine zabilježen minimum od 0,21 mg L⁻¹ ukupne biomase te maksimum od 1,21 mg L⁻¹ te medijan u navedenim razdobljima ne prelazi 0,8 mg L⁻¹ i prema ukupnoj biomasi fitoplanktona Vransko jezero je **oligotrofno**. U jezeru je zabilježen i minimum od 0,35 µg L⁻¹ i maksimum od 2,06 µg L⁻¹ klorofila *a* i medijan ne prelazi 2 µg L⁻¹ te je i prema koncentraciji klorofila *a* jezero **oligotrofno**. U Vranskom jezeru u kojem je u razdoblju travnja do rujna 2014., 2016. i 2017. godine zabilježen minimum Secchi dubine od 7,8 m i maksimum 15,00 m te medijan u navedenim razdobljima iznad 10 m te je prema Secchi dubini Vransko **oligotrofno** jezero (Tablica 2.16).

Tablica 2.15. Raspon vrijednosti OEK-a, ukupne biomase fitoplanktona, koncentracije klorofila *a* i Secchi dubine u jezeru Kozjak i Prošće 2014., 2016. i 2017. godini u razdoblju od travnja do rujna.

	Godina	OEK	Ukupna biomasa (mg L ⁻¹)	Chl <i>a</i> (µg L ⁻¹)	Secchi dubina (m)
KOZJAK	2014.				
	min	0,72	0,31	1,04	5,3
	max	0,86	2,05	1,92	12,5
	sr.vr.	0,81	0,83	1,32	8,6
	medijan	0,82	0,57	1,28	8,65
	2016.				
	min	0,69	0,25	0,35	6,2
	max	0,91	1,20	2,72	14,7
	sr.vr.	0,81	0,59	1,45	8,4
	medijan	0,82	0,46	1,32	7,35
	2017.				
	min	0,78	0,29	0,35	7,2
	max	0,90	0,77	1,86	10,5
sr.vr.	0,83	0,47	1,20	9,3	
medijan	0,80	0,39	1,44	9,75	
PROŠĆE	2014.				
	min	0,64	0,42	0,50	4,8
	max	0,87	2,78	5,52	9,7
	sr.vr.	0,71	1,64	3,30	5,8
	medijan	0,69	1,60	3,63	5,10
	2016.				
	min	0,58	0,62	1,78	4,7
	max	0,80	4,65	5,54	8,6
	sr.vr.	0,73	1,37	3,15	6,7
	medijan	0,69	1,63	3,78	5,60
	2017.				
	min	0,63	0,71	1,66	4,0
	max	0,80	2,98	8,14	8,8
sr.vr.	0,72	1,80	4,37	5,7	
medijan	0,71	1,46	4,38	5,25	

Tablica 2.16. Raspon vrijednosti OEK-a, ukupne biomase fitoplanktona, koncentracije klorofila *a* i Secchi dubine u Vranskom jezeru na Cresu 2014., 2016. i 2017. godine u razdoblju od travnja do rujna.

		OEK	Ukupna biomasa (mg L ⁻¹)	Chl <i>a</i> (µg L ⁻¹)	Secchi dubina (m)
VRANSKO JEZERO CRES	2014.				
	min	0,81	0,38	0,500	7,8
	max	0,86	1,21	2,060	13,5
	sr.vr.	0,84	0,62	1,052	10,5
	medijan	0,84	0,51	0,805	10,500
	2016.				
	min	0,81	0,21	0,350	10,2
	max	0,90	0,51	1,150	15,0
	sr.vr.	0,85	0,37	0,698	11,5
	medijan	0,86	0,32	0,350	12,100
	2017.				
	min	0,84	0,21	0,350	9,0
	max	0,92	0,60	1,120	15,5
sr.vr.	0,86	0,38	0,588	11,5	
medijan	0,85	0,40	0,350	11,000	

U jezeru Crniševo je u razdoblju travnja do rujna 2014., 2016. i 2017. godine zabilježen minimum od 0,39 mg L⁻¹ ukupne biomase te maksimum od 6,87 mg L⁻¹ te medijan u navedenim razdobljima ne prelazi 0,8 mg L⁻¹. Prema ukupnoj biomasi fitoplanktona jezero je **oligotrofno**. U jezeru je zabilježen i minimum od 0,20 µg L⁻¹ i maksimum od 9,92 µg L⁻¹ klorofila *a* i medijan ne prelazi 2 µg L⁻¹ u 2016. i 2017. te je i prema koncentraciji klorofila *a* jezero u tim godinama **oligotrofno**, dok je u 2014. prema klorofilu *a* **mezotrofno**. U jezeru Crniševo je u razdoblju travnja do rujna 2014., 2016. i 2017. godine zabilježen minimum Secchi dubine od 1,0 m i maksimum 6,5 m te je medijan u navedenim razdobljima ispod 10 m i Crniševo je **mezotrofno** jezero (Tablica 2.17).

U Očuši je u razdoblju travnja do rujna 2014., 2016. i 2017. godine zabilježen minimum od 0,25 mg L⁻¹ ukupne biomase te maksimum od 2,46 mg L⁻¹ te medijan u navedenim razdobljima ne prelazi 0,8 mg L⁻¹ u 2014. godini te je prema ukupnoj biomasi fitoplanktona jezero **oligotrofno** u toj godini i **mezotrofno** u 2016. i 2017. U jezeru je zabilježen i minimum od 0,21 µg L⁻¹ i maksimum od 4,88 µg L⁻¹ klorofila *a* i medijan ne prelazi 2 µg L⁻¹ u 2017. te je i prema koncentraciji klorofila *a* jezero u toj godini **oligotrofno**, dok je u 2014. i 2016. prema klorofilu *a* **mezotrofno**. U jezeru Očuša je u razdoblju travnja do rujna 2014., 2016. i 2017. godine zabilježen minimum Secchi dubine od 3,0 m i maksimum 8,0 m te je medijan u navedenim razdobljima ispod 10 m, ali je prema Secchi dubini Očuša **mezotrofno** jezero (Tablica 2.17).

Tablica 2.17. Raspon vrijednosti OEK-a, ukupne biomase fitoplanktona, koncentracije klorofila *a* i Secchi dubine u jezeru Crniševo i Očuša u 2014., 2016. i 2017. godini u razdoblju od travnja do rujna.

		Godina	OEK	Ukupna biomasa (mg L ⁻¹)	Chl <i>a</i> (µg L ⁻¹)	Secchi dubina (m)
CRNIŠEVO		2014.				
	min		0,55	0,42	1,64	1,0
	max		0,82	6,87	9,92	5,0
	sr.vr.		0,71	1,86	4,14	3,2
	medijan		0,70	0,67	3,45	3,15
		2016.				
	min		0,74	0,53	1,50	2,7
	max		0,81	1,35	2,51	6,0
	sr.vr.		0,79	0,92	1,93	4,5
	medijan		0,80	1,04	1,8	4,5
		2017.				
	min		0,80	0,39	0,20	2,5
	max		0,93	1,10	2,01	6,5
sr.vr.		0,89	0,72	0,65	4,8	
medijan		0,91	0,72	0,34	5,0	
OČUŠA		2014.				
	min		0,64	0,25	0,50	4,0
	max		0,90	1,89	4,88	8,0
	sr.vr.		0,75	0,83	2,92	5,6
	medijan		0,71	0,57	3,45	4,8
		2016.				
	min		0,59	0,38	1,12	3,0
	max		0,85	2,46	4,80	6,0
	sr.vr.		0,74	1,47	2,91	4,3
	medijan		0,72	1,65	3,30	3,75
		2017.				
	min		0,84	0,34	0,21	4,0
	max		0,90	1,71	1,43	7,0
sr.vr.		0,87	0,86	0,68	5,3	
medijan		0,88	0,88	0,67	5,25	

U Visovačkom jezeru je u razdoblju travnja do rujna 2014., 2016. i 2017. godine zabilježen minimum od 0,37 mg L⁻¹ ukupne biomase te maksimum od 4,65 mg L⁻¹ te medijan u navedenim razdobljima prelazi 0,8 mg L⁻¹ te je prema ukupnoj biomasi fitoplanktona jezero **mezotrofno**. U jezeru je zabilježen i minimum od 1,26 µg L⁻¹ i maksimum od 7,92 µg L⁻¹ klorofila *a* i medijan prelazi 2 µg L⁻¹ i prema koncentraciji klorofila *a* jezero u tim godinama je **mezotrofno**. U jezeru je u razdoblju travnja do rujna 2014., 2016. i 2017. godine zabilježen minimum Secchi dubine od 3,2 m i maksimum 8,2 m te je medijan u navedenim razdobljima ispod 10 m. Stoga prema Secchi dubini Visovačko jezero **mezotrofno** (Tablica 2.18).

Tablica 2.18. Raspon vrijednosti OEK-a, ukupne biomase fitoplanktona, koncentracije klorofila a i Secchi dubine u Visovačkom jezeru u 2014., 2016. i 2017. godini u razdoblju od travnja do rujna.

VISOVAČKO JEZERO		OEK		Ukupna biomasa (mg L ⁻¹)		Chl a (µg L ⁻¹)		Secchi dubina (m)	
		2014.							
	min		0,64	0,37	1,260	3,2			
	max		0,83	1,89	7,160	8,0			
	sr.vr.		0,75	1,12	3,142	4,7			
	medijan		0,78	1,06	2,330	4,250			
		2016.							
	min		0,70	0,71	1,270	4,0			
	max		0,87	1,28	3,950	7,5			
	sr.vr.		0,78	0,98	2,132	5,9			
	medijan		0,77	0,90	2,410	5,250			
		2017.							
	min		0,64	0,61	1,180	3,2			
	max		0,80	4,65	6,130	8,2			
	sr.vr.		0,71	2,32	3,970	5,2			
	medijan		0,70	2,40	4,185	4,650			

2.3.2.1 Zaključak – prirodna duboka jezera

U tablici 2.19. prikazana je zbirna procjena trofičkog statusa jezera u 2014., 2016. i 2017. godini prema medijanu šestomjesečnih vrijednosti pokazatelja pritiska i pokazatelja utjecaja eutrofikacije od travnja do rujna.

Tablica 2.19. Zbirna tablica procjene trofičkog statusa jezera na osnovi pokazatelja pritiska i pokazatelja utjecaja eutrofikacije u dubokim krškim jezerima u HR u 2014., 2016. i 2017. godini.

POKAZATELJI PRITISKA	HR-J_1A Kozjak Ultra-oligotrofno		HR-J_1B Prošće Oligotrofno		HR-J_2 Vransko Ultra-oligotrofno		HR-J_3 Crniševo Oligotrofno		HR-J_3 Očuša Oligotrofno		HR-J_5 Visovačko jezero Oligotrofno	
	godina	trofički status	godina	trofički status	godina	trofički status	godina	trofički status	godina	trofički status	godina	trofički status
Ukupan fosfor	2014.	oligotrofno	2014.	mezotrofno	2014.	oligotrofno	2014.	mezotrofno	2014.	mezotrofno	2014.	mezotrofno
	2016.	oligotrofno	2016.	mezotrofno	2016.	oligotrofno	2016.	oligotrofno	2016.	oligotrofno	2016.	oligotrofno
	2017.	oligotrofno	2017.	mezotrofno	2017.	oligotrofno	2017.	oligotrofno	2017.	mezotrofno	2017.	mezotrofno
Ukupan dušik	2014.	oligotrofno	2014.	oligotrofno	2014.	oligotrofno	2014.	oligotrofno	2014.	oligotrofno	2014.	oligotrofno
	2016.	oligotrofno	2016.	oligotrofno	2016.	oligotrofno	2016.	oligotrofno	2016.	oligotrofno	2016.	oligotrofno
	2017.	oligotrofno	2017.	oligotrofno	2017.	oligotrofno	2017.	oligotrofno	2017.	oligotrofno	2017.	oligotrofno
POKAZATELJI UTJECAJA	godina	trofičko stanje	godina	trofičko stanje	godina	trofičko stanje	godina	trofičko stanje	godina	trofičko stanje	godina	trofičko stanje
Fitoplankton (biomasa)	2014.	oligotrofno	2014.	mezotrofno	2014.	oligotrofno	2014.	oligotrofno	2014.	oligotrofno	2014.	mezotrofno
	2016.	oligotrofno	2016.	mezotrofno	2016.	oligotrofno	2016.	oligotrofno	2016.	mezotrofno	2016.	mezotrofno
	2017.	oligotrofno	2017.	mezotrofno	2017.	oligotrofno	2017.	oligotrofno	2017.	mezotrofno	2017.	mezotrofno

	HR-J_1A Kozjak Ultra-oligotrofno		HR-J_1B Prošće Oligotrofno		HR-J_2 Vransko Ultra-oligotrofno		HR-J_3 Crniševo Oligotrofno		HR-J_3 Očuša Oligotrofno		HR-J_5 Visovačko jezero Oligotrofno	
Fitoplankton (klorofil a)	2014.	oligotrofno	2014.	mezotrofno	2014.	oligotrofno	2014.	mezotrofno	2014.	mezotrofno	2014.	mezotrofno
	2016.	oligotrofno	2016.	mezotrofno	2016.	oligotrofno	2016.	oligotrofno	2016.	mezotrofno	2016.	mezotrofno
	2017.	oligotrofno	2017.	mezotrofno	2017.	oligotrofno	2017.	oligotrofno	2017.	oligotrofno	2017.	mezotrofno
Secchi dubina	2014.	oligotrofno	2014.	mezotrofno	2014.	oligotrofno	2014.	mezotrofno	2014.	mezotrofno	2014.	mezotrofno
	2016.	oligotrofno	2016.	mezotrofno	2016.	oligotrofno	2016.	mezotrofno	2016.	mezotrofno	2016.	mezotrofno
	2017.	oligotrofno	2017.	mezotrofno	2017.	oligotrofno	2017.	mezotrofno	2017.	mezotrofno	2017.	mezotrofno
Ekološko stanje	vrlo dobro		dobro		vrlo dobro		vrlo dobro dobro		vrlo dobro dobro		dobro	

U tablici 2.20 prikazana je zbirna procjena trofičkog statusa jezera u 2014., 2016. i 2017. godini prema oba pokazatelja pritiska te se prema prikazanim izračunima ukupni P pokazao kao pouzdaniji pokazatelj.

Tablica 2.20. Zbirna tablica procjene trofičkog statusa jezera u 2014., 2016. i 2017. godini na osnovi pokazatelja pritiska

		HR-J_1A Kozjak Ultra-oligotrofno	HR-J_1B Prošće Oligotrofno	HR-J_2 Vransko Ultra-oligotrofno	HR-J_3 Crniševo Oligotrofno	HR-J_3 Očuša Oligotrofno	HR-J_5 Visovačko jezero Oligotrofno
POKAZATELJI PRITISKA	godina						
Ukupan fosfor Ukupan dušik	2014.	oligotrofno	mezotrofno	oligotrofno	mezotrofno	mezotrofno	mezotrofno
	2016.	oligotrofno	mezotrofno	oligotrofno	oligotrofno	oligotrofno	oligotrofno
	2017.	oligotrofno	mezotrofno	oligotrofno	oligotrofno	mezotrofno	mezotrofno
Ekološko stanje (FT)		vrlo dobro	dobro	vrlo dobro	vrlo dobro dobro	vrlo dobro dobro	dobro

U tablici 2.21 zaključno je prikazana zbirna procjena trofičkog statusa jezera 2017. godini te procjena i naznake promjena u budućnosti, kao i prijedlog monitoringa te kao granice ranog upozorenja predložimo koncentraciju ukupnog P od 0,04 za mg L⁻¹ i koncentraciju ukupnog N 1,5 mg L⁻¹.

Tablica 2.21. Odnos između ODV klasa, trofičkog statusa u 2017. godini i rezultata ocjene statusa u budućnosti te mjera prema direktivama u dubokim krškim jezerima u Hrvatskoj.

	HR-J_1A Kozjak Ultra-oligotrofno		HR-J_1B Prošće Oligotrofno		HR-J_2 Vransko jezero Ultra-oligotrofno		HR-J_3 Crniševo Oligotrofno		HR-J_3 Očuša Oligotrofno		HR-J_5 Visovačko jezero Oligotrofno	
	Trenutno	Buduće	Trenutno	Buduće	Trenutno	Buduće	Trenutno	Buduće	Trenutno	Buduće	Trenutno	Buduće
Vrlo dobro	oligotrofno →		oligotrofno		oligotrofno →		oligotrofno		oligotrofno		oligotrofno	
Dobro			mezotrofno				mezotrofno		mezotrofno		mezotrofno	
Umjereno												
Loše												
Vrlo loše												
Zaključak	Nema naznaka promjenama u budućnosti		Postoje naznake promjena		Nema naznaka promjenama u budućnosti		Nema naznaka promjenama u budućnosti		Postoje naznake promjena		Postoje naznake promjena	
Preporuka	Godišnje praćenje pokazatelja pritiska i klorofila <i>a</i> od pokazatelja utjecaja te trogodišnje praćenje ukupne biomase fitoplanktona i OEK-a.		Godišnje praćenje pokazatelja pritiska i pokazatelja utjecaja.		Godišnje praćenje pokazatelja pritiska i klorofila <i>a</i> od pokazatelja utjecaja te trogodišnje praćenje ukupne biomase fitoplanktona i OEK-a.		Godišnje praćenje pokazatelja pritiska i klorofila <i>a</i> od pokazatelja utjecaja te trogodišnje praćenje ukupne biomase fitoplanktona i OEK-a.		Godišnje praćenje pokazatelja pritiska i pokazatelja utjecaja.		Godišnje praćenje pokazatelja pritiska i pokazatelja utjecaja.	

Za izračun se koristi medijan šestomjesečnog uzorkovanja od travnja do rujna, ali prema potrebama praćenja isti se proračun može primijeniti na dvanaestomjesečni set podataka za ukupan N i P.

U istraživanim jezerima zabilježena je pojava anoksije koja može biti posljedica povećanje trofije jezera, ali i dugogodišnje stanje jezera koje se može pratiti geološkim istraživanjima te se predlaže usporedba recentnih podatak o smanjenim količinama i nedostatku kisika u vodenom stupcu sa dostupnim geološkim rezultatima. U budućem monitoringu jezera potrebno je pratiti povezanost trofičkog statusa, ekološkog stanja i pojave anoksije u vodenom stupcu.

2.3.3 Pokazatelji ekološkog stanja jezera i status trofije u prirodnom plitkom krškom jezeru

Pokazatelji stanja eutrofikacije u Vranskom jezeru kod Biograda

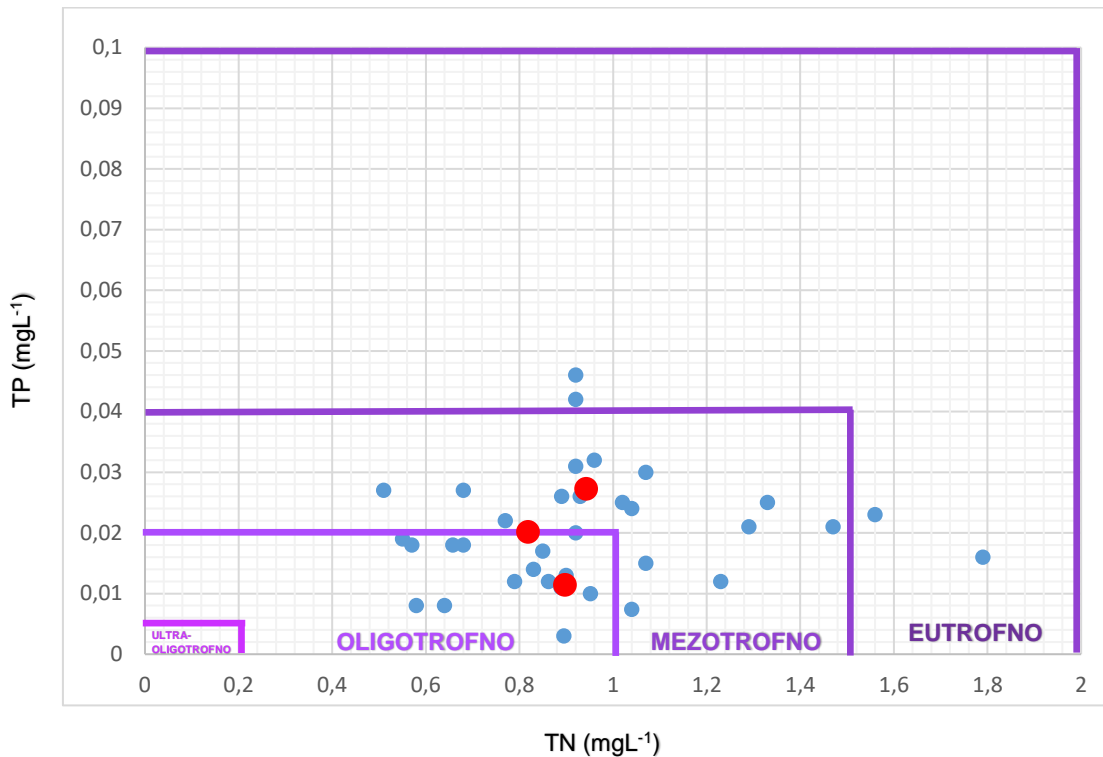
Kao pokazatelji statusa eutrofikaciju u Vranskom jezeru kod Biograda odabrani su koncentracije fosfora (ukupni P) i koncentracije dušika (ukupni N).

Vransko jezero kod Biograda prema svom prirodnom statusu mezotrofno jezero u kojem je u razdoblju travnja do rujna 2014., 2016. i 2017. godine zabilježen minimum od 0,003 mg L⁻¹ ukupnog fosfora te maksimum od 0,046 mg L⁻¹ te prema srednjoj vrijednosti i medijanu Vransko jezero je mezotrofno osim u 2016. godini kada je oligotrofno. U jezeru je zabilježen i minimum od 0,51 mg L⁻¹ ukupnog dušika i maksimum od 1,79 mg L⁻¹ te i prema srednjoj vrijednosti i prema medijanu koncentracije ukupnog dušika, koji ne prelaze 1,0 mg L⁻¹, Vransko jezero kod Biograda je oligotrofno (Tablica 2.22).

Tablica 2.22. Minimum, maksimum, srednja vrijednosti i medijan ukupnog dušika i ukupnog fosfora u Vranskom jezeru od travnja do rujna 2014., 2016. i 2017. godine.

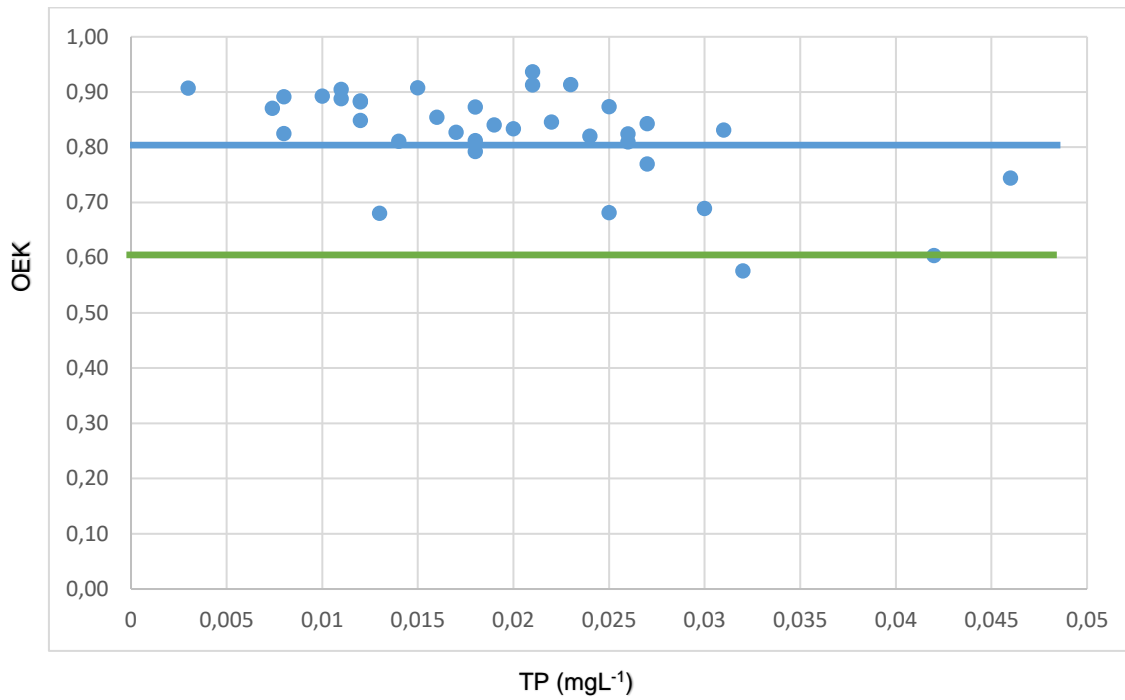
		TP	TN
2014.	min	0,008	0,51
	max	0,027	1,56
	sr. vr.	0,019	0,93
	medijan	0,020	0,84
2016.	min	0,003	0,64
	max	0,018	1,79
	sr. vr.	0,011	0,98
	medijan	0,012	0,90
2017.	min	0,013	0,68
	max	0,046	1,07
	sr. vr.	0,029	0,92
	medijan	0,027	0,92

Na slici 2.24 prikazan je odnos koncentracije ukupnog fosfora i ukupnog dušika u Vranskom jezeru tijekom 2014., 2016. i 2017. godine te su procijenjene granice ultraoligotrofnog, oligotrofnog, mezotrofnog, eutrofnog i hipertrofnog statusa jezera prema oba parametra. Vransko jezero kod Biograda je uzimajući u obzir medijan oba parametra (crvene točke), prema slici 2.24, **oligotrofno** jezero u 2016. godini i **mezotrofno** u 2014. i 2017.

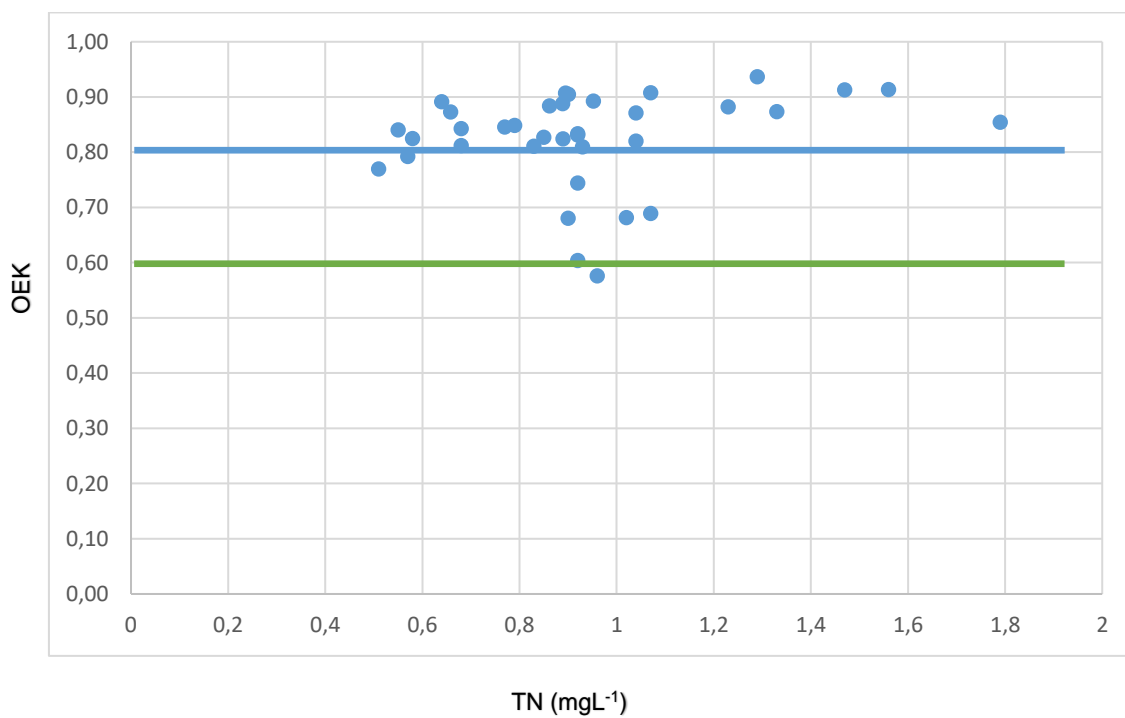


Slika 2.24. Odnos koncentracije ukupnog fosfora i ukupnog dušika u Vranskom jezeru tijekom 2014., 2016. i 2017. godine. Ljubičaste crte predstavljaju granice ultraoligotrofnog, oligotrofnog, mezotrofnog i eutrofnog stanja jezera.

Vransko jezero kod Biograda prema parametrima uključenim u definiranje trofije jezera, je **mezotrofno** i također je u vrlo dobrom ekološkom stanju. Na slikama 2.25 i 2.26. prikazan je odnos ekološkog stanja na osnovi fitoplanktona kao biološkog elementa te koncentracije ukupnog dušika i ukupnog fosfora u Vranskom jezeru kod Biograda.



Slika 2.25. Odnos ekološke stanja i koncentracije ukupnog fosfora u Vranskom jezeru u tijekom 2014., 2016. i 2017. godine.



Slika 26. Odnos ekološkog stanja i koncentracije ukupnog dušika u Vranskom jezeru tijekom 2014., 2016. i 2017. godine.

U tablici 2.23. prikazan je odnos ekološkog stanja jezera i stupnja trofije u prirodnom plitkom krškom jezeru koja proizlazi iz prethodnog poglavlja.

Tablica 2.23. Usporedba ekološkog stanja Vranskog jezera sa trofičkim statusom.

Ekološko stanje	HR- J_4 Vransko jezero jod Biograda Mezotrofno
Vrlo dobro	Mezotrofno
Dobro	Mezotrofno Eutrofno
Umjereno	Eutrofno
Loše	Eutrofno Hipertrofno
Vrlo loše	Hipertrofno

U Vranskom jezeru je u razdoblju travnja do rujna 2014., 2016. i 2017. godine zabilježen minimum od 0,24 mg L⁻¹ ukupne biomase te maksimum od 13,45 mg L⁻¹ te medijan u navedenim razdobljima ne prelazi 5 mg L⁻¹ te je prema ukupnoj biomasi fitoplanktona jezero **mezotrofno**, osim u 2017. kad je **eutrofno**. U jezeru je zabilježen i minimum od 0,5 µg L⁻¹ odnosno <1 µg L⁻¹ i maksimum od 36,3 µg L⁻¹ klorofila *a* i medijan prelazi 3 µg L⁻¹ i prema koncentraciji klorofila *a* jezero u tim godinama je **mezotrofno**, osim u 2017. kad je **eutrofno**. U jezeru je u razdoblju travnja do rujna 2014., 2016. i 2017. godine zabilježen minimum Secchi dubine od 0,7 m i maksimum 3,1 m te je jezero prema medijanu **mezotrofno**, osim u 2017. kad je **eutrofno** (Tablica 2.24).

Tablica 2.24. Raspon vrijednosti OEK-a, ukupne biomase fitoplanktona, koncentracije klorofila *a* i Secchi dubine u Vranskom jezeru u 2014., 2016. i 2017. godini u razdoblju od travnja do rujna.

		OEK	Chl <i>a</i> (µg L ⁻¹)	Ukupna biomasa (mg L ⁻¹)	Secchi dubina (m)
2014.	min	0,77	0,5	0,24	1,5
	max	0,94	6,1	3,41	3,1
	sr.vr.	0,85	2,5	1,01	2,0
	medijan	0,83	1,8	0,69	2,0
2016.	min	0,85	1,2	0,65	0,7
	max	0,91	5,1	2,42	3,0
	sr.vr.	0,88	2,4	1,20	1,9
	medijan	0,89	1,9	1,05	1,7
2017.	min	0,58	0,7	1,30	0,6
	max	0,85	36,3	13,45	2,2
	sr.vr.	0,75	15,2	6,10	1,2
	medijan	0,78	11,6	5,06	1,2

2.3.3.1 Zaključak – prirodna plitka jezera (Vransko jezero kod Biograda)

U tablici 2.25. prikazana je zbirna procjena trofičkog statusa Vransko jezero kod Biograda u 2014., 2016. i 2017. godini prema medijanu šestomjesečnih vrijednosti pokazatelja pritiska i pokazatelja utjecaja eutrofikacije od travnja do rujna.

Tablica 2.25. Zbirna procjena trofičkog statusa Vranskog jezera u 2014., 2016. i 2017. godini prema oba pokazatelja pritiska.

POKAZATELJI PRITISKA	godina	trofički status
Ukupan fosfor	2014.	mezotrofno
	2016.	oligotrofno
	2017.	mezotrofno
Ukupan dušik	2014.	oligotrofno
	2016.	oligotrofno
	2017.	oligotrofno
POKAZATELJI UTJECAJA	godina	trofičko stanje
Fitoplankton (biomasa)	2014.	mezotrofno
	2016.	mezotrofno
	2017.	eutrofno
Fitoplankton (klorofil <i>a</i>)	2014.	mezotrofno
	2016.	mezotrofno
	2017.	eutrofno
Secchi dubina	2014.	mezotrofno
	2016.	mezotrofno
	2017.	eutrofno
OEK fitoplankton	vrlo dobro	

U tablici 2.26 prikazana je zbirna procjena trofičkog statusa Vranskog jezera kod Biograda u 2014., 2016. i 2017. godini prema oba pokazatelja pritiska.

Tablica 2.26. Zbirna procjena trofičkog statusa jezera u 2014., 2016. i 2017. godini prema oba pokazatelja pritiska

POKAZATELJI PRITISKA	godina	trofički status
Ukupan fosfor Ukupan dušik	2014.	mezotrofno
	2016.	oligotrofno
	2017.	mezotrofno
OEK fitoplankton	vrlo dobro	

U tablici 2.27 zaključno je prikazana zbirna procjena trofičkog status Vranskog jezera 2017. godini te procjena i naznake promjena u budućnosti, kao i prijedlog monitoringa.

Tablica 2.27. Odnos između ODV klase, trenutnog statusa trofije i rezultata ocjene statusa u budućnosti te mjera prema direktivama u plitkom jezeru- Vranskom jezeru kod Biograda.

HR- J_4		
Vransko jezero jod Biograda		
Mezotrofno		
	Trenutno	Buduće
Vrlo dobro	MEZOTROFNO	
Dobro	EUTROFNO	
Umjereno		
Loše		
Vrlo loše		
Mjere	DA	
Monitoring	Godišnje praćenje pokazatelja pritiska i pokazatelja utjecaja.	

Vransko jezero kao specifični sustav teško je predvidiv je uvelike ovisi o klimatskim uvjetima u istraživanoj godini i povećanju saliniteta u jezeru.

2.3.4 Pokazatelji ekološkog stanja i status trofije za znatno promijenjena i umjetna vodna tijela

Akumulacije Jarun i Pakra

U prvoj fazi izrade prijedloga procijenjen je stupanj trofije na osnovi pokazatelja stanja (koncentracije ukupnog fosfora i ukupnog dušika) i koncentracija klorofila *a* kao pokazatelja utjecaja za slijedeće akumulacije: Pakra, Jarun, Butoniga i HE Dubrava.

Predložene granice predstavljaju samo inicijalni prijedlog za naveden akumulacije.

Tablica 2.28. Predložene granice parametara eutrofikacije akumulacije Pakra i Jarun

Trofija	TP (mg L ⁻¹)	TN (mg L ⁻¹)	Chla (µg L ⁻¹)
Ultra-oligotrofno	≤ 0,005	≤ 0,4	≤ 2,2
Oligotrofno	0,005-0,02	0,4-1.5	2,2-4
Mezotrofno	0,02-0,04	1.5,-2	4-10
Eutrofno	0,04-0,1	2,0-4	10-25
Hipetrofno	≥0,1	≥4	≥25

Medijan vrijednosti ukupnog fosfora u 2016. godini iznosilo je 0,034 mg L⁻¹ i 0,012 mg L⁻¹ u 2017. što ukazuje da je akumulacija Jarun **mezotrofan** sustav u 2016. godini i **oligotrofan** sustav u 2017. Medijan ukupnog dušika iznosio je 1,35 mg L⁻¹ u 2016. godini i 1,58 mg L⁻¹ u 2017. godini, što ukazuje da je akumulacija Jarun **mezotrofan** sustav.

Medijan vrijednosti ukupnog fosfora u 2016. godini iznosilo je 0,066 mg L⁻¹ i 0,61 mg L⁻¹ u 2017. Medijan ukupnog dušika iznosio je 0,84 mg L⁻¹ u 2016. godini i 0,22 mg L⁻¹ u 2017. godini. Dok je medijan koncentracije klorofila *a* u akumulaciji Pakra iznosio 5,9 µg L⁻¹ u 2016. i 10,6 µg L⁻¹ u 2017. godini. Biološki pokazatelji utjecaja eutrofikacije u akumulaciji Pakra ukazuju na mezotrofan i eutrofan status. Koncentracije ukupnog fosfora i dušika ne slijede predloženu raspodjelu te na osnovi navedenih podataka nije moguće odrediti stupanj trofije.

Akumulacija Butoniga

Tablica 2.29. Predložene granice parametara eutrofikacije u akumulaciji Butoniga

Trofija	TP (mg L ⁻¹)	TN (mg L ⁻¹)	Chla (µg L ⁻¹)
Ultra-oligotrofno	< 0,005	<0,2	<1
Oligotrofno	0,005-<0,02	0,2-<1	1-<2
Mezotrofno	0,02-<0,04	1-<1,5	2-<7
Eutrofno	0,04-<0,1	1,5-<2	7-<25
Hipetrofno	≥0,1	≥2	≥25

Medijan vrijednosti ukupnog fosfora u 2016. godini iznosio je 0,021 mg L⁻¹ i 0,018 mg L⁻¹ u 2017. što ukazuje da je akumulacija Butoniga **oligotrofan** sustav. Medijan ukupnog dušika iznosio je 0,37 mg L⁻¹ u 2016. godini i 0,31 mg L⁻¹ u 2017. godini, što ukazuje da je akumulacija Butoniga **oligotrofan** sustav. Medijan koncentracije klorofila *a* iznosio je u 2016. godini 1,6 µg L⁻¹ i 1,0 µg L⁻¹ u 2017. godini i potvrđuje oligotrofno stanje sustava.

Akumulacija Dubrava

Tablica 2.30. Predložene granice parametara eutrofikacije u akumulaciji Dubrava

Trofija	TP (mg L ⁻¹)	TN (mg L ⁻¹)	Chla (µg L ⁻¹)
Ultra-oligotrofno	< 0,005	<0,2	<1
Oligotrofno	0,005-<0,02	0,2-<1	1-<2
Mezotrofno	0,02-<0,04	1-<1,5	2-<7
Eutrofno	0,04-<0,1	1,5-<2	7-<25
Hipetrofno	≥0,1	≥2	≥25

Medijan vrijednosti ukupnog fosfora u 2016. godini iznosio je 0,013 mgL⁻¹ i 0,05 mgL⁻¹ u 2017. što ukazuje da je akumulacija Dubrava **oligotrofan** sustav u 2016. i **eutrofan** u 2017. godini. Medijan ukupnog dušika iznosio je 0,04 mg L⁻¹ u 2016. godini i 1,5 mg L⁻¹ u 2017. godini što ukazuje da je akumulacija Dubrava **oligotrofan** sustav u 2016. i **eutrofan** u 2017. godini. Medijan koncentracije klorofila *a* iznosio je 16,6 µg L⁻¹ u 2017. godini, i potvrđuje da je akumulacija Dubrava **eutrofan** sustav u 2017. godini.

2.3.4.1 Zaključak - Znatno promijenjena i umjetna vodna tijela

Pokazatelji eutrofikacije u znatno promijenjenim vodnim tijelima, stajaćicama u Hrvatskoj biti će odabrani istim pristupom kao i za prirodan jezera kao **pokazatelji stanja** (koncentracije ukupnog fosfora i koncentracije ukupnog dušika) i **pokazatelje utjecaja** (ukupna biomasa fitoplanktona, koncentracija klorofila *a*, Secchi dubina i ekološki stanje jezera) tijekom šest uzastopnih mjeseci u razdoblju od travnja do rujna te će granice biti definirane kad budu dostupni svi podaci za pokazatelje utjecaja. Trenutnom analizom jedino se može zaključiti da je akumulacija Butoniga oligotrofan sustav.

3 LITERATURA

1. Chislock MF, Doster E, Zitomer RA, Wilson AE (2013) Eutrophication: Causes, Consequences, and Controls in Aquatic Ecosystems. *Nature Education Knowledge* 4(4):10
2. Kelly, MG, Whitton, BA (1998) Biological monitoring of eutrophication in rivers. *Hydrobiologia* 384, 55–67
3. Newman JR, Anderson NJ, Bennion H, Bowes MJ, Carvalho L, Dawson FH, Furse M, Gunn I, Hilton J, Hughes R, Johnston AM, Jones JI, Luckes S, Maitland P, Monteith D, O'Hare MT, Taylor R, Trimmer M, Winder J (2005) Eutrophication in rivers: an ecological perspective. ADAS, 37pp.
4. Ibañez C, Penuelas J (2019) Changing nutrients, changing rivers. Phosphorus removal from freshwater systems has wide-ranging ecological consequences. *Science*, 365(6454), 637– 638.
5. O'Hare MT, Baattrup-Pedersen A, Baumgarte I, Freeman A, Gunn IDM, Lázár AN, Sinclair R, Wade AJ, Bowes MJ (2018) Responses of aquatic plants to eutrophication in rivers: A revised conceptual model. *Frontiers in Plant Science*, 9, 451– 451
6. OECD (1982) Eutrophication of waters—monitoring, assessment and control Organization for Economic Cooperation and Development, Paris
7. Ibisch R, Westphal K, Borchardt D, Rouillard J, Lukat E, Boteler B (Ecologic), Solheim, AL, Austnes K, Leujak, W, Schmedtje U (2016) ETC/ICM ETC/ICM Report 2/2016: European assessment of eutrophication abatement measures across land-based sources, inland, coastal and marine waters 98 pp.
8. Varbiro, G, Teixeira, H, Kelly, M, Phillips, G (2018) A Shiny application of a statistical toolkit to assist with the development of nutrient concentrations that would support good ecological status for the Water Framework Directive
http://phytoplanktonfgokologiamtahu:3838/Tkit_nutrient/ or
https://varbirogshinyappsio/Tkit_nutrient/
9. Poikāne, S, Alves, MH, Argillier, C i sur. (2010) Defining Chlorophyll-a Reference Conditions in European Lakes. *Environmental Management* 45, 1286–1298