

Poročilo o delu Inštituta za vode Republike Slovenije za leto 2012

PROGRAMSKI SKLOP I/1

Priprava in zagotovitev strokovnih podlag za
izvajanje vodne direktive (2000/60/ES)

PROJEKT I/1/2

Priprava in zagotovitev strokovnih podlag na
področju ekološkega stanja

NALOGA I/1/2/1

Vrednotenje ekološkega stanja rek

METODOLOGIJA VREDNOTENJA EKOLOŠKEGA STANJA S
PODPORNIMI SPLOŠNIMI FIZIKALNO-KEMIJSKIMI
ELEMENTI, ZA VREDNOTENJE STANJA HRANIL (CELOTNI
FOSFOR)

Nosilec naloge:

doc. dr. Gorazd Urbanič, univ. dipl. biol.

Ljubljana, december 2012



NASLOV NALOGE: METODOLOGIJA VREDNOTENJA EKOLOŠKEGA STANJA
S PODPORNIMI SPLOŠNIMI FIZIKALNO-KEMIJSKIMI
ELEMENTI, ZA VREDNOTENJE STANJA HRANIL
(CELOTNI FOSFOR)

ŠIFRA NALOGE: I/1/2/1 Vrednotenje ekološkega stanja rek

NAROČNIK: REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA KMETIJSTVO IN OKOLJE
1000 Ljubljana

IZVAJALEC: INŠTITUT ZA VODE REPUBLIKE SLOVENIJE
Hajdrihova ul. 28c
1000 Ljubljana

NOSILEC NALOGE: doc. dr. Gorazd Urbanič, univ. dipl. biol.

AVTOR: Nina Štupnikar, univ. dipl. biol.
doc. dr. Gorazd Urbanič, univ. dipl. biol.

SODELAVCI:

V. D. DIREKTORJA IZVRS: Jernej Prevc, univ. dipl. inž. grad.

(žig)

KRAJ IN DATUM: LJUBLJANA, december 2012



KAZALO VSEBINE

KAZALO VSEBINE.....	I
KAZALO PREGLEDNIC.....	II
KAZALO SLIK.....	IV
POVZETEK.....	1
1 UVOD	1
2 PREGLED IZHODIŠČ	3
2.1 Ekološki tipi rek v Sloveniji.....	3
2.2 Referenčna mesta	5
2.3 Podporni kemijski in fizikalno-kemijski parametri	8
3 METODE	9
3.1 Izbor podatkov za določitev mejnih vrednosti celotnega fosforja	9
3.2 Izbor ustreznega izračuna statistik celotnega fosforja.....	12
3.3 Izbor referenčnih vzorčnih mest	12
3.4 Določitev TP skupin.....	16
3.5 Določitev za TP skupino značilnih izhodiščnih vrednosti	17
3.6 Določitev za TP skupino značilnih mejnih vrednosti med razredoma zelo dobro in dobro ekološko stanje	17
3.7 Določitev za TP skupino značilnih mejnih vrednosti med razredoma dobro in zmerno ekološko stanje	19
3.8 Določitev za ekološki tip značilnih mejnih vrednosti.....	21
4 REZULTATI	24
4.1 Izbor ustreznega izračuna statistik celotnega fosforja.....	24
4.2 Določitev TP skupin.....	26
4.3 Za TP skupino značilne mejne vrednosti celotnega fosforja.....	37
4.4 Predlog za ekološki tip značilnih mejnih vrednosti celotnega fosforja kot podpornega elementa za vrednotenje ekološkega stanja rek	38
5 RAZPRAVA	44
6 VIRI	46



KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 2-1: Seznam ekoloških tipov rek v Sloveniji	4
Preglednica 2-2: Splošni fizikalno-kemijski parametri ekološkega stanja za reke	8
Preglednica 3-1: Število in razpon individualnih (ind) vrednosti celotnega fosforja (TP), izračunov median (med), 90-tih percentilov (90ti), maksimumov podatkov (max) TP po vseh vzorčnih mestih in letih vzorčenja, individualnih vrednostih (ind) TP in izračunov median (med) po vzorčnih mestih in letih vzorčenja, kjer smo imeli tudi podatke o vrednosti trofičnega indeksa (TI) po TP skupinah	11
Preglednica 3-2: Razporeditev podatkov celotnega fosforja po TP skupinah glede na razred ekološkega stanja (ES) določenega na podlagi izračuna trofičnega indeksa	12
Preglednica 3-3: Število individualnih podatkov parametra celotni fosfor (TP) z referenčnih (R), nereferenčnih (N) mest in mest na meji med referenčnimi in nereferenčnimi (RN) po ekoloških tipih rek	14
Preglednica 3-4: Razlike v individualnih vrednostih celotnega fosforja (TP) na referenčnih (R), nereferenčnih (N) vzorčnih mestih in mestih na meji med referenčnimi in nereferenčnimi (RN) po TP skupinah. Vrednosti Mann-Whitney U z označeno stopnjo statistične značilnosti (*- $p < 0,05$)	16
Preglednica 3-5: Seznam ekoloških tipov rek po TP skupinah rek	21
Preglednica 4-1: Vrednosti Spearmanovega korelacijskega koeficienta med pari metrik oz. statistik celotnega fosforja (TP). TI – trofični indeks, SI – saprobni indeks, REK – razmerje ekološke kakovosti, 90ti – 90ti percentil, ind – vrednost izmerjena v sezoni vzorčenja fitobentosa, log – logaritmizirana vrednost. ** - $p < 0,01$	25
Preglednica 4-2: TP skupine rek v Sloveniji	31
Preglednica 4-3: Razlike v individualnih vrednostih celotnega fosforja (TP) z referenčnih vzorčnih mest med posameznimi TP skupinami. Vrednosti Mann-Whitney U z označeno stopnjo statistične značilnosti (*- $p < 0,05$)	33
Preglednica 4-4: Razlike v individualnih vrednostih celotnega fosforja (TP) z mest na meji med referenčnimi in nereferenčnimi med posameznimi TP skupinami. Vrednosti Mann-Whitney U z označeno stopnjo statistične značilnosti (*- $p < 0,05$)	34
Preglednica 4-5: Za TP skupino značilne izhodiščne vrednosti celotnega fosforja (TP) glede na statistiko izračuna TP (mediana, ind - vrednost izmerjena v sezoni vzorčenja fitobentosa) in podskupino podatkov (vsi – vsi podatki, TI – podatki, kjer smo imeli izračunan tudi trofični indeks)	37
Preglednica 4-6: Za TP skupino značilne mejne vrednosti celotnega fosforja (TP) zelo dobro/dobro ekološko stanje glede na statistiko izračuna TP (mediana, ind – vrednost izmerjena v sezoni vzorčenja fitobentosa) in podskupino podatkov (vsi – vsi podatki, TI – podatki, kjer smo imeli izračunan tudi trofični indeks)	37
Preglednica 4-7: Za TP skupino značilne mejne vrednosti celotnega fosforja (TP) dobro/zmerno ekološko stanje glede na statistiko izračuna TP (mediana, ind - vrednost izmerjena v sezoni vzorčenja fitobentosa, regresijska enačba – $y = 1,094x$)	38



Preglednica 4-8: Vrednosti Spearmanovega korelacijskega koeficienta med pari mejnih vrednosti za podporni fizikalno-kemijski parameter celotni fosfor (TP). R – izhodiščna vrednost, ZD – zelo dobro/dobro stanje, DZ – dobro/zmerno stanje, med – mediana, ind – vrednost izmerjena v sezoni vzorčenja fitobentosa, vsi – podatki z vseh vzorčnih mest, TI – podatki z vzorčnih mest na katerih smo imeli tudi podatek o vrednosti trofičnega indeksa. ** - $p < 0,01$, * - $p < 0,05$ 40

Preglednica 4-9: Za TP skupino značilne mejne vrednosti med razredi ekološkega stanja za podporni splošni fizikalno-kemijski parameter celotni fosfor (TP) izračunan kot mediana vrednosti TP..... 41

Preglednica 4-10: Za ekološki tip reke značilne mejne vrednosti med razredi ekološkega stanja za podporni splošni fizikalno-kemijski parameter celotni fosfor (TP) izračunan kot mediana vrednosti TP 42



KAZALO SLIK

Slika 2-1: Bioregije in ekološki tipi rek v Sloveniji.....	3
Slika 2-2: Potencialni referenčni odseki rek (modro obarvani odseki) v Sloveniji in potencialni referenčni odseki rek brez upoštevanja kriterija »biotske obremenitve« (rdeče obarvani odseki) (Urbanič, 2007b, 2011a,b).....	7
Slika 3-1: Lokacije vzorčnih mest, na katerih so bili pridobljeni podatki o vrednostih celotnega fosforja. Z zelenimi znaki so označena mesta, na katerih so bile vzorčene diatomeje	9
Slika 3-2: Lokacije skupin vzorčnih mest na katerih so bili pridobljeni podatki o vrednostih celotnega fosforja. Skupine vzorčnih mest; referenčna (modri krogi), na meji med referenčnimi in nereferečnimi (vijolični kvadrati), nereferečna (rumeni trikotniki)	13
Slika 3-3: Povezava med 75-tim percentilom izračunanih median razreda zelo dobro stanje posamezne TP skupine (TP-median _{1_75ti}) in 90-tim percentilom izračunanih median razreda zelo dobro in dobro stanje posamezne TP skupine (TP-median _{12_90ti}).	18
Slika 3-4: Povezava med vrednostmi izračunanih median podatkov celotnega fosforja (TP _{median}) individualnimi vrednostmi TP pridobljenimi v sezoni vzorčenja fitobentosa.	19
Slika 3-5: Povezava med izhodiščnimi vrednostmi na podlagi izračunov median TP skupin (TP-median _{izhodišče}) in 90-tim percentilom izračunanih median razreda zelo dobro in dobro stanje posamezne TP skupine (TP-median _{12_90ti}).	20
Slika 3-6: Povezava med izhodiščnimi vrednostmi na podlagi izračunov median TP skupin (TP-median _{izhodišče}) in 90-tim percentilom izračunanih median razreda zelo dobro in dobro stanje posamezne TP skupine (TP-median _{90ti}). Upoštevanje so le TP skupine za katere smo opazili podoben vzorec povezav.	20
Slika 4-1: Diagram kvantilov razpona vrednosti median celotnega fosforja (TP _{median}) na referenčnih mestih po hidroekoregijah. 4 – Alpe, 5 – Dinaridi, 113 – Panonska nižina (11) in Padska nižina (3).	26
Slika 4-2: Loess modeli odvisnosti trofičnega indeksa od mediane koncentracije celotnega fosforja (logaritmirane vrednosti) glede na hidroekoregijo. 4 – Alpe, 5 – Dinaridi, 113 – Panonska nižina (11) in Padska nižina (3)	26
Slika 4-3: Diagram kvantilov razpona vrednosti median celotnega fosforja (TP _{median}) na referenčnih mestih po subhidroekoregijah hidroekoregije Alpe. ED – evdinarska, SM – submediteranska	27
Slika 4-4: Diagram kvantilov razpona vrednosti median celotnega fosforja (TP _{median}) na referenčnih mestih po subhidroekoregijah hidroekoregije Alpe. AL-D – Alpe-donavsko porečje, AL-J – Alpe-jadransko povodje	27
Slika 4-5: Diagram kvantilov razpona vrednosti median celotnega fosforja (TP _{median}) na referenčnih mestih po bioregijah hidroekoregije Alpe. KB-AL-D – Karbonatne Alpe-donavsko porečje, KB-AL-J – Karbonatne Alpe-jadransko povodje, SI-AL – Silikatne Alpe, PAh-D – Predalpska hribovja- donavsko porečje, PAh-J – Predalpska hribovja-jadransko povodje	28



Slika 4-6: Diagram kvantilov razpona vrednosti median celotnega fosforja (TP_mediana) na referenčnih mestih po bioregijah hidroekoregije Dinaridi. ED-hrib – Evdinarska hribovja, ED-hrib – Evdinarski kras, PD-hrib – Preddinarska hribovja in ravnine, SM-hribb – Submediteranska hribovja brez površinskega odtoka, SM-hrbs – Submediteranska hribovja s površinskim odtokom, Obalna – Obalna gričevja	28
Slika 4-7: Diagram kvantilov razpona vrednosti median celotnega fosforja (TP_mediana) na referenčnih mestih po razredih velikosti prispevne površine v hidroekoregiji Alpe	29
Slika 4-8: Diagram kvantilov razpona vrednosti median celotnega fosforja (TP_mediana) na referenčnih mestih po razredih velikosti prispevne površine v hidroekoregiji Dinaridi .	29
Slika 4-9: Diagram kvantilov razpona vrednosti median celotnega fosforja (TP_mediana) na referenčnih mestih in mestih na meji med referenčnimi in nereferenčnimi po razredih velikosti prispevne površine (VPP) v Sloveniji.	30
Slika 4-10: Diagram kvantilov razpona vrednosti median celotnega fosforja (TP_mediana) na mestih na meji med referenčnimi in nereferenčnimi srednje velikih do velikih rek (VPP=3) glede na hidroekoregijo. 5 – Dinaridi, 11 – Panonska nižina.	31
Slika 4-11: Diagram kvantilov razpona vrednosti median celotnega fosforja (TP_mediana) na mestih na meji med referenčnimi in nereferenčnimi velikih rek (VPP=4) glede na hidroekoregijo. 4 - Alpe, 5 – Dinaridi, 11 - Panonska nižina.	31
Slika 4-12: TP skupine rek v Sloveniji. Za opis kod TP skupin glej preglednico 4-2	32
Slika 4-13: Kvantilni diagram razpona individualnih vrednosti skupnega fosforja (TP) na referenčnih vzorčnih mestih (R) in mestih na meji med referenčnimi in nereferenčnimi (RN) po TP skupinah.....	33
Slika 4-14: Povezava med mejnimi vrednosti dobro/zmerno ekološko stanje za podporni fizikalno-kemijski element celotni fosfor (TP) za vrednosti TP izmerjene v sezoni vzorčenja fitobentosa izračunani na podlagi vrednosti Trofičnega indeksa (DZ_TP_ind_TI) in iz enačbe soodvisnosti individualnih vrednosti in median (DZ_TP_ind_TI_enacba). Linija označuje krivuljo z enačbo $y=x$	41



POVZETEK

Ekološko stanje rek vrednotimo z biološkimi in podpornimi elementi kakovosti. Celotni fosfor (TP) je eden od podpornih splošnih fizikalno-kemijskih parametrov. Ugotovili smo, da TP dobro odraža spremembe v združbi fitobentosa glede na trofični indeks (TI). Najvišjo korelacijo med statistikami TP in TI smo ugotovili za mediane vrednosti TP. Na podlagi razlik v vrednosti median TP smo določili skupine ekoloških tipov oz. t.i. TP skupine. Razlike med skupinami ekoloških tipov smo ugotovili na ravni hidroekoregije, subhidroekoregije (le v hidroekoregiji Dinaridi) in razreda velikosti prispevne površine (VPP). Med bioregijami razlik v vrednosti TP nismo ugotovili. V hidroekoregiji Panonska nižina in v VPP razredih s prispevno površino $>1000 \text{ km}^2$ – VPP3 in VPP4 razlik v vrednostih TP nismo mogli testirati, ker nismo imeli podatkov z referenčnih vzorčnih mest. Za te skupine ekoloških tipov smo razlike med tipi testirali na podlagi podatkov z vzorčnih mest na meji med referenčnimi in nereferenčnimi. Na podlagi analiz razlik med vrednostmi TP (Kruskal-Wallis test) smo določili 11 TP skupin ekoloških tipov. Za vsako TP skupino smo določili izhodiščno vrednost in mejne vrednosti zelo dobro/dobro in dobro/zmerno ekološko stanje za statistiki mediana TP in vrednost TP izmerjena v sezoni vzorčenja fitobentosa. Izhodiščne in mejne vrednosti zelo dobro/dobro smo določili z uporabo dveh pristopov: na podlagi podatkov o obremenitvah in na podlagi ugotovljenih vrednosti TI. Mejno vrednost dobro/zmerno stanje smo določili na podlagi vrednosti TI oz. razredov ekološkega stanja na vzorčnih mestih, ki so bila uvrščena v razred zelo dobro ali dobro ekološko stanje. Kot podporni element za vrednotenje ekološkega stanja rek predlagamo, da se uporabijo mejne vrednosti določene za mediano vrednosti TP.

1 UVOD

V skladu z Vodno direktivo (Direktiva 2000/60/ES) je treba ekološko stanje rek vrednotiti z biološkimi elementi kakovosti, ki jih podpirajo kemijski in fizikalno-kemijski elementi in hidromorfološki elementi kakovosti. V Uredbi o stanju površinskih voda (Uradni list 14/09), so navedeni podporni splošni fizikalno-kemijski parametri, vendar so mejne vrednosti med razredi ekološkega stanja podane le za BPK_5 in nitrat. V skupino podpornih splošnih fizikalno-kemijskih parametrov, ki odražajo stanje hranil, uvrščamo tudi celotni fosfor. Celotni fosfor je pogosto ključni omejujoč dejavnik rasti primarnih producentov tako v stoječih kot tekočih vodah (Wolfram in sod. 2009, Rott in sod. 1999). Biološki element s katerim vrednotimo vpliv hranil na združbe organizmov oz. ekološko stanje rek je fitobentos in makrofiti (Uradni list 14/09, Urbanič 2011). Na podlagi fitobentosa izračunavamo trofični indeks (TI) (Rott in sod. 1999, Kosi in sod. 2006, Urbanič in Kosi 2012) in na podlagi makrofitov rečni indeks makrofitov (RMI). Zaradi omejujoče količine svetlobe in pogosto neprimerne substrata za pritrjevanje makrofitov v rekah, so makrofiti prisotni le v nekaterih tipih rek, medtem, ko je fitobentos prisoten v vseh tipih voda. Za TI je bilo ugotovljeno, da dobro odraža obremenitve s skupnim fosforjem (npr. Rott in sod. 1999, Urbanič in Kosi 2012). Za vrednotenje ekološkega stanja je pomembno, da so mejne vrednosti bioloških elementov in podpornih splošnih fizikalno-kemijskih elementov usklajene. Še posebej je to pomembno, kadar obstaja neposredni odziv združbe organizmov na to obremenitev.



Metodologija vrednotenja ekološkega stanja s podpornimi splošnimi fizikalno-kemijskimi elementi, za vrednotenje stanja hranil (celotni fosfor)

Namen tega dela je:

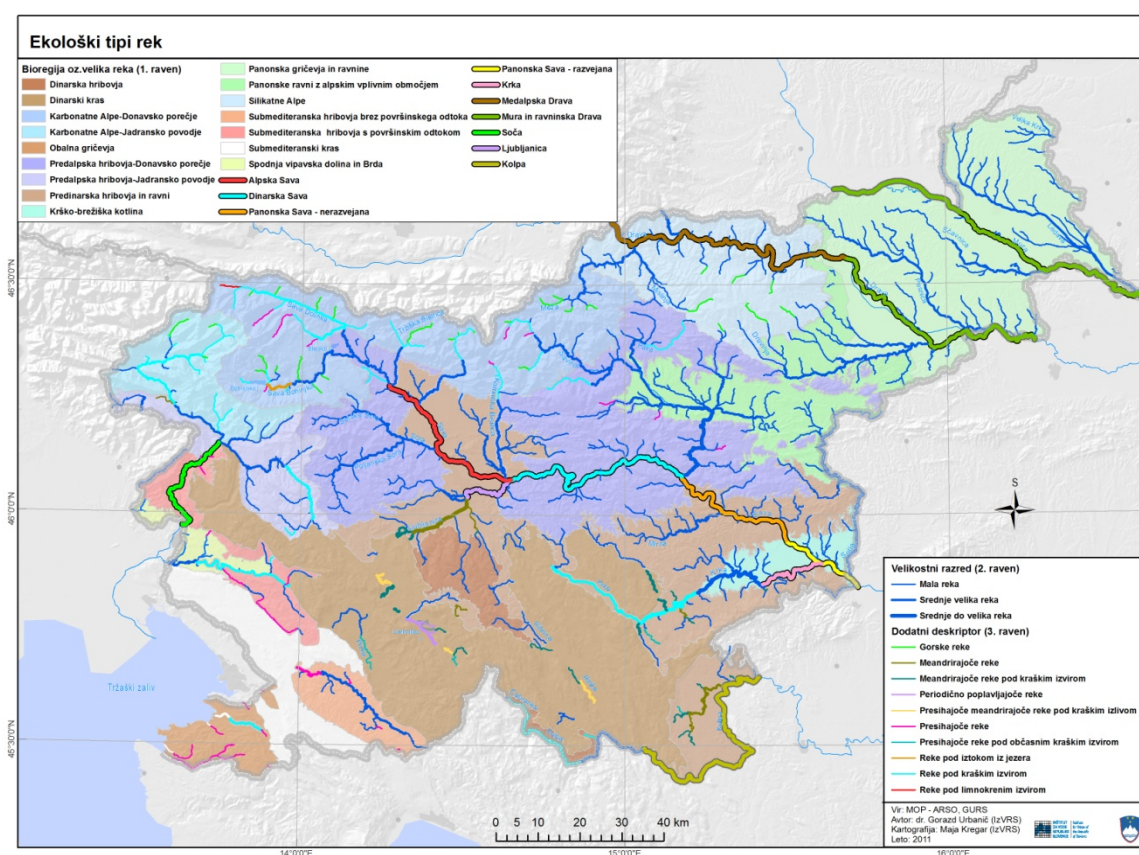
- a) ugotoviti katera statistika parametra TP najboljše odraža spremembe v združbi fitobentosa oz. trofičnega indeksa;
- b) določiti skupine ekoloških tipov glede na razlike v izhodiščnih vrednostih TP;
- c) za različne statistike parametra TP določiti za ekološki tip značilne mejne vrednosti zelo dobro/dobro ekološko stanje, dobro/zmerno ekološko stanje in izhodiščne vrednosti;
- d) določiti statistiko parametra TP, ki se naj uporablja kot podporni element za vrednotenje ekološkega stanja.



2 PREGLED IZHODIŠČ

2.1 Ekološki tipi rek v Sloveniji

Predlog nacionalne tipologije rek v Sloveniji je pripravljen po sistemu B Vodne direktive. Izhodišče je v 4 hidroekoregijah (2008a), ki jih je Urbanič (2008b) razdelil na 16 bioregij in 9 posebnih kategorij »velike reke«, v vsaki bioregiji pa uporabil še različne kombinacije dodatnih atributov (2011a, b). Rezultat je 74 tipov rek, ki so prikazani na sliki 2-1 in v preglednici 2-1.



Slika 2-1: Bioregije in ekološki tipi rek v Sloveniji



Metodologija vrednotenja ekološkega stanja s podpornimi splošnimi fizikalno-kemijskimi elementi, za vrednotenje stanja hranil (celotni fosfor)

Preglednica 2-1: Seznam ekoloških tipov rek v Sloveniji

Zap. št.	Ekološki tip reke - koda
1	R_SI_3_Vip-Brda_1
2	R_SI_3_Vip-Brda_2
3	R_SI_4_KB-AL-D_1
4	R_SI_4_KB-AL-D_1_>700
5	R_SI_4_KB-AL-D_1_KI
6	R_SI_4_KB-AL-D_1_LI
7	R_SI_4_KB-AL-D_1_Pres
8	R_SI_4_KB-AL-D_2
9	R_SI_4_KB-AL-D_2_IiJ
10	R_SI_4_KB-AL-D_2_KI
11	R_SI_4_SI-AL_1
12	R_SI_4_SI-AL_1_>700
13	R_SI_4_SI-AL_2
14	R_SI_4_PA-hrib-D_1
15	R_SI_4_PA-hrib-D_1_KI
16	R_SI_4_PA-hrib-D_1_Pres
17	R_SI_4_PA-hrib-D_2
18	R_SI_4_KB-AL-J_1
19	R_SI_4_KB-AL-J_1_>700
20	R_SI_4_KB-AL-J_1_KI
21	R_SI_4_KB-AL-J_2
22	R_SI_4_KB-AL-J_2_KI
23	R_SI_4_PA-hrib-J_1
24	R_SI_4_PA-hrib-J_1_KI
25	R_SI_4_PA-hrib-J_1_Mean
26	R_SI_4_PA-hrib-J_2
27	R_SI_4_PA-hrib-J_2_KI
28	R_SI_5_ED-kras_1
29	R_SI_5_ED-kras_1_KI_Mean
30	R_SI_5_ED-kras_1_KI_Pres_Mean
31	R_SI_5_ED-kras_1_OKI_Pres
32	R_SI_5_ED-kras_1_PerPop
33	R_SI_5_ED-kras_2_KI_Mean
34	R_SI_5_ED-kras_2_KI_Pres_Mean
35	R_SI_5_ED-kras_2_PerPop
36	R_SI_5_ED-hrib_1
37	R_SI_5_ED-hrib_1_KI
38	R_SI_5_ED-hrib_2_KI
39	R_SI_5_PD-hrib-ravni_1
40	R_SI_5_PD-hrib-ravni_1_KI_Mean
41	R_SI_5_PD-hrib-ravni_1_Mean
42	R_SI_5_PD-hrib-ravni_1_OKI_Pres



Zap.št.	Ekološki tip reke - koda
43	R_SI_5_PD-hrib-ravni_2
44	R_SI_5_PD-hrib-ravni_2_KI
45	R_SI_5_PD-hrib-ravni_2_KI_Mean
46	R_SI_5_PD-hrib-ravni_2_Mean
47	R_SI_5_PD-hrib-ravni_3_KI
48	R_SI_5_PD-hrib-ravni_3_Mean
49	R_SI_5_SM-hrib-brez_1
50	R_SI_5_SM-hrib-brez_1_Pres
51	R_SI_5_SM-hrib-brez_2
52	R_SI_5_SM-hrib-brez_2_Pres
53	R_SI_5_SM-hrib-s_1
54	R_SI_5_SM-hrib-s_1_Pres
55	R_SI_5_SM-hrib-s_2_KI
56	R_SI_5_Obalna_1_Pres
57	R_SI_11PN-gric_1
58	R_SI_11PN-gric_2
59	R_SI_11PN-zALvpliv_1
60	R_SI_11PN-zALvpliv_2
61	R_SI_11PN-zALvpliv_3
62	R_SI_11PN-KrBr-kotl_1
63	R_SI_11PN-KrBr-kotl_2
64	R_SI_11PN-KrBr-kotl_3
65	R_SI_4_VR1-AL-Sa
66	R_SI_5_VR2-So
67	R_SI_5_VR3-DN-Sa
68	R_SI_5_VR4-Lj
69	R_SI_5_VR5-Ko
70	R_SI_11_VR6-PN-Sa-raz
71	R_SI_11_VR6-PN-Sa-neraz
72	R_SI_11_VR7-Kk
73	R_SI_11_VR8-medAL-Dr
74	R_SI_11_VR9-Mu-ravDr

2.2 Referenčna mesta

Urbanič in Smolar-Žvanut (2005) sta določila kriterije za izbor referenčnih mest na rekah. Urbanič (2007;2011a,b) je pripravil dve različici potencialnih referenčnih odsekov. V prvem primeru so odseki glede na vse kriterije, ki sta jih določila, medtem ko v drugem primeru niso upoštevani kriteriji biotskih obremenitev, ki vključujejo tujerodne vrste in ribiško upravljanje (slika 2-2).

Za izbor referenčnih mest na rekah sta Urbanič in Smolar-Žvanut (2005) določila naslednje kriterije:



Metodologija vrednotenja ekološkega stanja s podpornimi splošnimi fizikalno-kemijskimi elementi, za vrednotenje stanja hranil (celotni fosfor)

a) Dolžina referenčnega mesta (RM) oziroma odseka v vodotoku

Dolžina referenčnega mesta oziroma odseka vodotoka je:

- 500 m, če je velikost prispevne površine vodotoka do RM 10 – 100 km²
- 1000 m, če je velikost prispevne površine vodotoka do RM 100 – 1000 km²
- 2000 m, če je velikost prispevne površine vodotoka do RM 1000 – 2500 km² in ni uvrščen v kategorijo »velike reke« (po Urbanič 2005)
- 5000 m, za vse »velike reke« (po Urbanič 2005)

b) Hidromorfološko stanje referenčnega mesta

Referenčno mesto je uvrščeno v 1. ali 1.–2. hidromorfološki razred po študiji Kategorizacija pomembnejših slovenskih vodotokov po naravovarstvenem pomenu (VGI, 2002)

c) Odvzem vode iz vodotoka gorvodno od referenčnega mesta

Odvzem vode iz vodotoka je pod 10% naravnega pretoka.

d) Obrežna vegetacija

Ohranjena je naravna obrežna vegetacija, ki ustreza tipu in geografski legi vodotoka.

e) Poplavne ravnice

V primeru tipsko specifičnih poplavnih ravnin mora biti ohranjena lateralna in vertikalna povezanost struge vodotoka s poplavno ravnico. Poplavne ravnice referenčnih mest ne smejo biti spremenjene zaradi človekove dejavnosti.

f) Raba zemljišča v zaledju vodotoka

Delež naravnih površin zaledja (določen po Corine Land Cover) vodotoka do referenčnega mesta je:

- > 70 % ali
- > 50 %, če vsaj 50 m od roba struge (velja za oba bregova) ali dvojne širine struge vodotoka (velja za vodotoke širše od 25 m) ni kmetijskih in urbanih površin (določeno po Corine Land Cover).

g) Fizikalno-kemijske razmere

- A) Na referenčnem mestu ni nobenega točkovnega vira onesnaženja, ki bi vplival na spremembe fizikalno-kemijskih parametrov (iztoki industrijskih odpadnih vod, iztoki komunalnih odpadnih vod, iztoki iz čistilnih naprav).
- B) Ni znanih virov onesnaženja ali obremenitev s posebnimi sintetičnimi in nesintetičnimi onesnaževali (podatki MOP-ARSO 2004)

h) Vrednost saprobnega indeksa na referenčnem mestu

- A) Hidroekoregija Alpe: $\leq 1,8$



B) Hidroekoregija Dinaridi:

- če je naklon terena $> 1^\circ$, mora biti vrednost saprobnega indeksa $\leq 1,8$
- če je naklon terena $< 1^\circ$, mora biti vrednost saprobnega indeksa $\leq 2,0$

C) Hidroekoregija Panonska nižina: $\leq 2,0$

D) Hidroekoregija Padska nižina: $\leq 2,0$

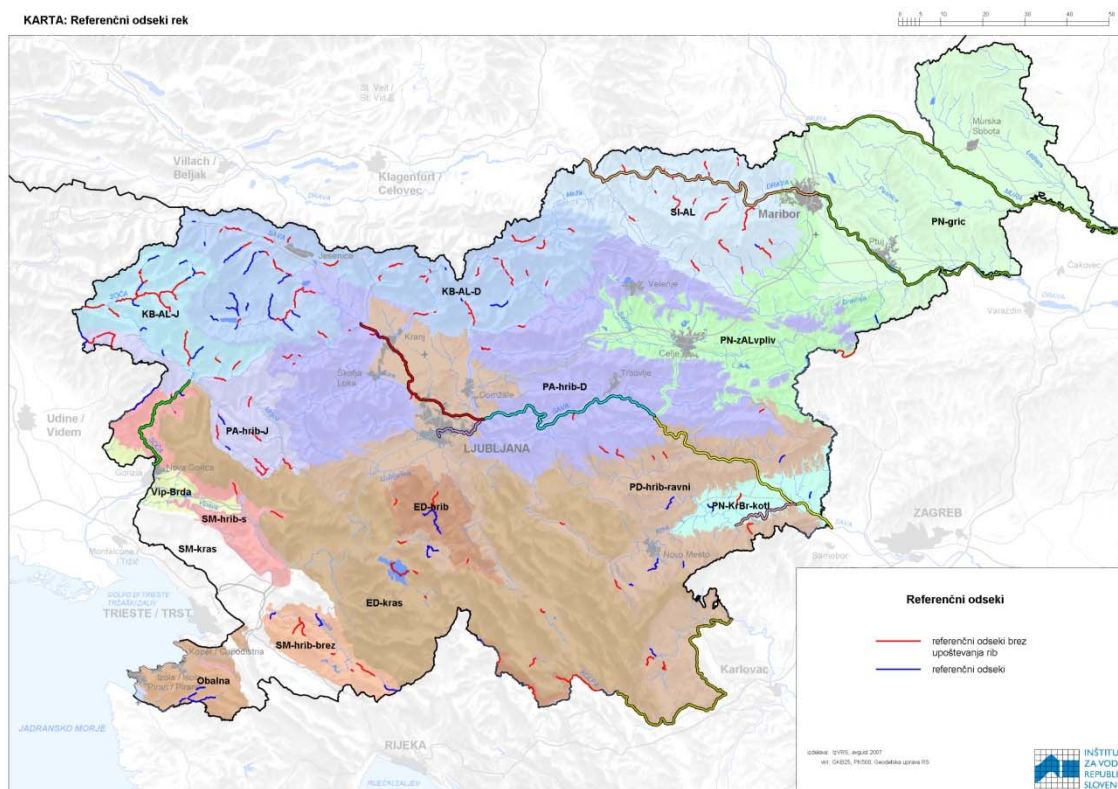
i) Biotske obremenitve

A) Ni vpliva tujerodnih vrst vodnih organizmov, ki bi s tekmovalnostjo ogrožale domače vrste, spremenile habitate in genetsko slabile populacije.

B) Ni vpliva ribištva ali pa je ta vpliv zelo majhen; referenčno mesto se izbere na odsekih vodotokov, ki so na osnovi rabe v ribištvu (Bertok in sod., 2000, 2003) razvrščeni v varstvene vode ali vode brez aktivnega ribiškega upravljanja.

j) Ostale obremenitve

Na referenčnih mestih ni množične rekreacije (kampiranje, plavanje, čolnarjenje).



Slika 2-2: Potencialni referenčni odseki rek (modro obarvani odseki) v Sloveniji in potencialni referenčni odseki rek brez upoštevanja kriterija »biotske obremenitve« (rdeče obarvani odseki) (Urbanič, 2007b, 2011a,b)



2.3 Podporni kemijski in fizikalno-kemijski parametri

V Uredbi o stanju površinskih voda (Uradni list 14/09), ki povzema Vodno direktivo (Direktiva 2000/60/ES) so navedeni naslednji kemijski in fizikalno-kemijski elementi, ki podpirajo biološke elemente:

1. splošni fizikalno-kemijski elementi:

- toplotne razmere,
- kisikove razmere,
- slanost,
- zakisanost,
- stanje hranil in

2. posebna onesnaževala:

- sintetična ali nesintetična onesnaževala, za katera se ugotovi, da se v pomembnih količinah odvajajo v to vodno telo.

V prilogi 7 Uredbe o stanju površinskih voda (Uradni list 14/09) so navedeni splošni fizikalno-kemijski parametri (preglednica 2-2). Mejne vrednosti med razredi ekološkega stanja so podane za splošna fizikalno-kemijska parametra biokemijska poraba kisika v petih dneh (BPK₅) in nitrat, za druge splošne fizikalno-kemijske parametre mejne vrednosti niso podane.

Preglednica 2-1: Splošni fizikalno-kemijski parametri ekološkega stanja za reke

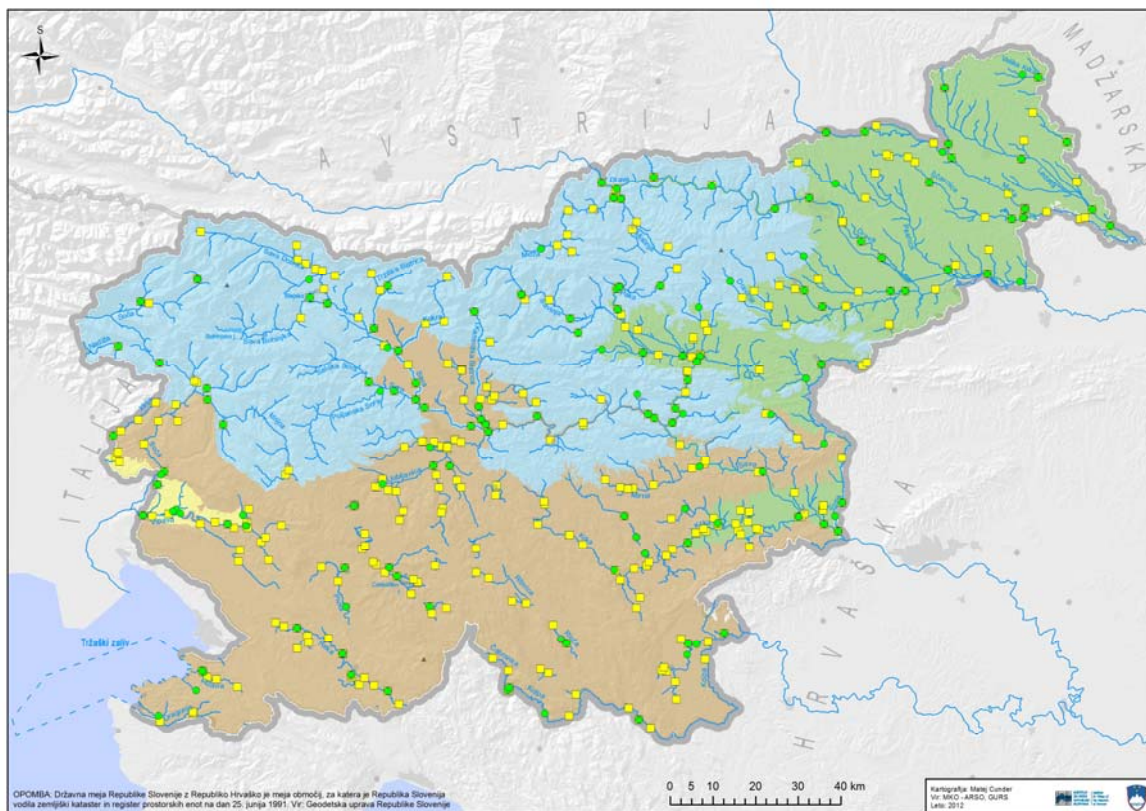
Element kakovosti	Fizikalno kemijski parameter	Izražen kot	Enota
toplotne razmere	temperatura vode		°C
kisikove razmere	biokemijska poraba kisika v petih dneh (BPK ₅)	O ₂	mg/L
	koncentracija v vodi raztopljenega kisika (O ₂)	O ₂	mg/L
	nasičenost vode s kisikom (%)	O ₂	%
	celotni organski ogljik (TOC)	C	mg/L
slanost	električna prevodnost (25 °C)		
zakisanost	m-alkalitet		m-ekv/L
	pH		
stanje hranil	amonij	NH ₄	mg/L
	nitrat	NO ₃	mg/L
	celotni dušik	N	mg/L
	celotni fosfor	P	mg/L
	ortofofat	PO ₄	mg/L
suspendirane snovi po sušenju			



3 METODE

3.1 Izbor podatkov za določitev mejnih vrednosti celotnega fosforja

Za določitev mejnih vrednosti smo uporabili podatke parametra celotni fosfor (TP), ki so bili pridobljeni v nacionalnem programu monitoringa Agencije Republike Slovenije za okolje (ARSO) v obdobju 1989—2011 in v programu razvoja metod vrednotenja ekološkega stanja površinskih voda v obdobju 2005—2011, katerega nosilec je Inštitut za vode Republike Slovenije (IzVRS) (slika 3-1). Poleg podatkov o vrednostih TP smo uporabili tudi podatke o vrednosti trofičnega indeksa (TI) (Rott in sod., 1999) izračunanega na podlagi diatomej. Uporabili smo le tiste podatke o vrednostih trofičnega indeksa, ki so bili pridobljeni na istih vzorčnih mestih in v istem letu kot so bile opravljene meritve celotnega fosforja (slika 3-1).



Slika 3-1: Lokacije vzorčnih mest, na katerih so bili pridobljeni podatki o vrednostih celotnega fosforja. Z zelenimi znaki so označena mesta, na katerih je bil vzorčen fitobentos

V preglednici 3-1 je po TP skupinah predstavljeno število in razpon individualnih vrednosti celotnega fosforja (TP), izračunov median, 90-tih percentilov, maksimumov vrednosti TP po vseh vzorčnih mestih in letih vzorčenja, individualnih vrednosti TP in izračunov median vrednosti TP po vzorčnih mestih in letih vzorčenja, kjer smo imeli tudi



Metodologija vrednotenja ekološkega stanja s podpornimi splošnimi fizikalno-kemijskimi elementi, za vrednotenje stanja hranil (celotni fosfor)

podatke o vrednosti trofičnega indeksa. V preglednici 3-2 je predstavljena razporeditev podatkov celotnega fosforja po TP skupinah glede na razred ekološkega stanja (ES) določenega na podlagi izračuna trofičnega indeksa.



Preglednica 3-1: Število in razpon individualnih (ind) vrednosti celotnega fosforja (TP), izračunov median (med), 90-tih percentilov (90ti), maksimumov (max) TP po vseh vzorčnih mestih in letih vzorčenja, individualnih vrednostih (ind) TP in izračunov median (med) po vzorčnih mestih in letih vzorčenja, kjer smo imeli tudi podatke o vrednosti trofičnega indeksa (TI) po TP skupinah

TP skupina	N	TP_ind_vsi (min-max)	N	TP_med_vsi (min-max)	TP_90ti_vsi (min-max)	TP_max_vsi (min-max)	N	TP_ind_TI (min-max)	TP_med_TI (min-max)
AL1	563	0,002-4,570	61	0,003-4,570	0,004-4,570	0,004-4,570	26	0,002-4,570	0,003-4,570
AL2	1298	0,001-2,381	104	0,002-0,844	0,003-2,319	0,003-2,319	39	0,003-0,898	0,003-0,844
ED1	730	0,001-6,346	123	0,006-1,267	0,007-3,320	0,007-3,320	30	0,005-1,344	0,006-0,910
ED2	940	0,002-0,403	69	0,003-0,137	0,005-0,337	0,005-0,337	24	0,004-0,202	0,005-0,137
ED3	160	0,007-0,157	12	0,019-0,040	0,019-0,072	0,019-0,072	2	0,023-0,026	0,022-0,025
SM1	201	0,002-1,190	49	0,004-1,190	0,005-1,190	0,005-1,190	14	0,009-0,219	0,012-0,207
SM2	604	0,003-0,349	31	0,008-0,100	0,009-0,239	0,009-0,239	12	0,014-0,239	0,014-0,100
NIZ1	313	0,006-4,207	81	0,009-0,579	0,009-4,080	0,009-4,080	23	0,017-0,858	0,017-0,579
NIZ2	1100	0,003-2,594	104	0,007-0,554	0,007-2,594	0,007-2,594	55	0,013-2,594	0,032-0,554
PN3	513	0,007-0,339	30	0,027-0,117	0,030-0,285	0,030-0,339	12	0,013-0,339	0,030-0,117
VR	3459	0,002-1,820	153	0,003-0,225	0,003-0,879	0,003-0,879	56	0,003-0,429	0,003-0,225



Preglednica 3-2: Razporeditev podatkov celotnega fosforja po TP skupinah glede na razred ekološkega stanja (ES) določenega na podlagi izračuna trofičnega indeksa

TP skupina	Vsi razredi ES (N)	Zelo dobro ES (N)	Zelo dobro in dobro ES (N)
AL1	26	18	24
AL2	39	38	39
ED1	31	17	25
ED2	24	8	17
ED3	2	1	2
SM1	13	9	11
SM2	13	5	10
NIZ1	25	2	8
NIZ2	55	10	31
PN3	12	10	11
VR	56	20	44

3.2 Izbor ustreznega izračuna statistik celotnega fosforja

Za posamezno vzorčno mesto in leto vzorčenja smo izračunali naslednje statistike celotnega fosforja (TP):

- mediana
- 90-ti percentil
- maksimum
- vrednost TP izmerjena v sezoni vzorčenja fitobentosa.

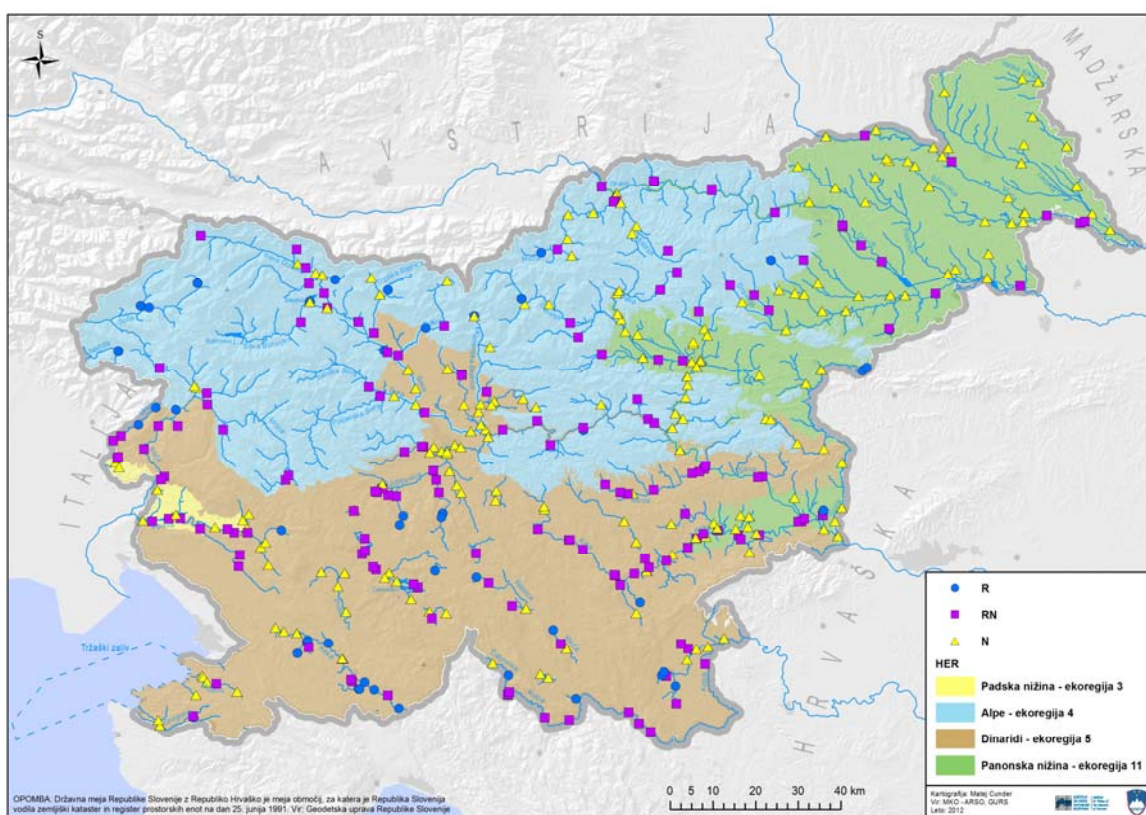
Zaradi logaritemske narave povezave med vrednostmi TP in trofičnim indeksom, smo vse statistike TP tudi logaritemsko transformirali po enačbi $y = \log_{10}(x+1)$. Posamezne statistike TP smo korelirali med sabo in z vrednostmi trofičnega indeksa. Uporabili smo Spearmanov korelacijski koeficient. Statistika TP za katero smo ugotovili najboljšo povezavo s trofičnim indeksom, smo izbrali kot podporni element za vrednotenje ekološkega stanja. Med izbrano statistiko celotnega fosforja in trofičnega indeksa smo izračunali tudi regresijske modele. Vse analize smo opravili v programskem paketu SPSS 17.0.

3.3 Izbor referenčnih vzorčnih mest

Kot kriterij za izbor referenčnih vzorčnih mest smo uporabili kriterije, ki sta jih za vodotoke Slovenije določila Urbanič in Smolar-Žvanut (2005), vendar nismo upoštevali kriterija biološka obremenitev. Poleg kriterijev za izbor referenčnih vzorčnih mest smo uporabili še kriterije za izbor vzorčnih mest na meji med referenčnimi in nereferenčnimi, ki so jih glede na obremenitve z organskimi snovmi v prispevnem območju vzorčnega mesta določili Urbanič in sodelavci (2006):



1. odstotek naravnih površin v prispevnem območju do vzorčnega mesta $>70\%$, ali odstotek naravnih površin v prispevnem območju do vzorčnega mesta $>60\%$, če je odstotek urbanih površin v prispevnem območju do vzorčnega mesta $<2\%$;
2. odstotek industrije v neposrednem prispevnem območju (HGO IV reda) $<5\%$, razen če je odstotek naravnih površin v neposrednem prispevnem območju $>50\%$;
3. v neposrednem prispevnem območju ni komunalnih čistilnih naprav velikosti nad 2000 PE.



Slika 3-2: Lokacije skupin vzorčnih mest na katerih so bili pridobljeni podatki o vrednostih celotnega fosforja. Skupine vzorčnih mest; referenčna (modri krogi), na meji med referenčnimi in nereferenčnimi (vijolični kvadrati), nereferenčna (rumeni trikotniki)

Skupaj smo imeli na voljo 9922 individualnih podatkov TP, od katerih je bilo 518 podatkov pridobljenih z referenčnih vzorčnih mest, 3374 podatkov z vzorčnih mest na meji med referenčnimi in nereferenčnimi in 6030 podatkov z nereferenčnih vzorčnih mest (slika 3-2, preglednica 3-3).



Metodologija vrednotenja ekološkega stanja s podpornimi splošnimi fizikalno-kemijskimi elementi, za vrednotenje stanja hranil (celotni fosfor)

Preglednica 3-3: Število individualnih podatkov parametra celotni fosfor (TP) z referenčnih (R), nereferenčnih (N) mest in mest na meji med referenčnimi in nereferenčnimi (RN) po ekoloških tipih rek

Zap. št.	Ekološki tip reke - koda	R	RN	N
1	R_SI_3_Vip-Brda_1	-	2	65
2	R_SI_3_Vip-Brda_2	-	2	152
3	R_SI_4_KB-AL-D_1	-	1	1
4	R_SI_4_KB-AL-D_1_>700	16	1	1
5	R_SI_4_KB-AL-D_1_KI	1	-	5
6	R_SI_4_KB-AL-D_1_LI	-	45	-
7	R_SI_4_KB-AL-D_1_Pres	68	-	-
8	R_SI_4_KB-AL-D_2	69	1	2
9	R_SI_4_KB-AL-D_2_IiJ	-	46	-
10	R_SI_4_KB-AL-D_2_KI	-	9	26
11	R_SI_4_SI-AL_1	-	19	2
12	R_SI_4_SI-AL_1_>700	13	-	-
13	R_SI_4_SI-AL_2	-	71	152
14	R_SI_4_PA-hrib-D_1	14	18	15
15	R_SI_4_PA-hrib-D_1_KI	-	8	-
16	R_SI_4_PA-hrib-D_1_Pres	-	-	-
17	R_SI_4_PA-hrib-D_2	17	351	368
18	R_SI_4_KB-AL-J_1	83	-	-
19	R_SI_4_KB-AL-J_1_>700	-	-	-
20	R_SI_4_KB-AL-J_1_KI	67	-	30
21	R_SI_4_KB-AL-J_2	-	8	62
22	R_SI_4_KB-AL-J_2_KI	5	17	-
23	R_SI_4_PA-hrib-J_1	33	69	-
24	R_SI_4_PA-hrib-J_1_KI	-	-	53
25	R_SI_4_PA-hrib-J_1_Mean	-	-	-
26	R_SI_4_PA-hrib-J_2	27	69	-
27	R_SI_4_PA-hrib-J_2_KI	-	-	-
28	R_SI_5_ED-kras_1	-	-	89
29	R_SI_5_ED-kras_1_KI_Mean	1	39	2
30	R_SI_5_ED-kras_1_KI_Pres_Mean	-	-	70
31	R_SI_5_ED-kras_1_OKI_Pres	-	1	8
32	R_SI_5_ED-kras_1_PerPop	-	1	-
33	R_SI_5_ED-kras_2_KI_Mean	-	186	12
34	R_SI_5_ED-kras_2_KI_Pres_Mean	-	1	-
35	R_SI_5_ED-kras_2_PerPop	-	-	129
36	R_SI_5_ED-hrib_1	18	1	1
37	R_SI_5_ED-hrib_1_KI	2	-	1
38	R_SI_5_ED-hrib_2_KI	-	148	-
39	R_SI_5_PD-hrib-ravni_1	-	106	273
40	R_SI_5_PD-hrib-ravni_1_KI_Mean	14	87	-



Zap. št.	Ekološki tip reke - koda	R	RN	N
41	R_SI_5_PD-hrib-ravni_1_Mean	2	-	13
42	R_SI_5_PD-hrib-ravni_1_OKI_Pres	1	-	-
43	R_SI_5_PD-hrib-ravni_2	-	93	27
44	R_SI_5_PD-hrib-ravni_2_KI	-	87	-
45	R_SI_5_PD-hrib-ravni_2_KI_Mean	-	190	2
46	R_SI_5_PD-hrib-ravni_2_Mean	-	-	65
47	R_SI_5_PD-hrib-ravni_3_KI	-	2	74
48	R_SI_5_PD-hrib-ravni_3_Mean	-	16	68
49	R_SI_5_SM-hrib-brez_1	17	26	-
50	R_SI_5_SM-hrib-brez_1_Pres	3	-	-
51	R_SI_5_SM-hrib-brez_2	2	-	85
52	R_SI_5_SM-hrib-brez_2_Pres	-	1	227
53	R_SI_5_SM-hrib-s_1	3	10	84
54	R_SI_5_SM-hrib-s_1_Pres	1	3	-
55	R_SI_5_SM-hrib-s_2_KI	-	23	266
56	R_SI_5_Obalna_1_Pres	15	2	102
57	R_SI_11_PN-gric_1	-	-	110
58	R_SI_11_PN-gric_2	-	-	470
59	R_SI_11_PN-zALvpliv_1	14	2	144
60	R_SI_11_PN-zALvpliv_2	-	1	370
61	R_SI_11_PN-zALvpliv_3	-	146	279
62	R_SI_11_PN-KrBr-kotl_1	12	14	10
63	R_SI_11_PN-KrBr-kotl_2	-	-	105
64	R_SI_11_PN-KrBr-kotl_3	-	2	-
65	R_SI_4_VR1-AL-Sa	-	173	223
66	R_SI_5_VR2-So	-	217	-
67	R_SI_5_VR3-DN-Sa	-	321	-
68	R_SI_5_VR4-Lj	-	-	147
69	R_SI_5_VR5-Ko	-	80	149
70	R_SI_11_VR6-PN-Sa-raz	-	104	385
71	R_SI_11_VR6-PN-Sa-neraz	-	81	99
72	R_SI_11_VR7-Kk	-	119	-
73	R_SI_11_VR8-medAL-Dr	-	94	257
74	R_SI_11_VR9-Mu-ravDr	-	260	750

Z Mann-Whitney testom smo ugotovili statistično značilne razlike ($p < 0,05$) med individualnimi vrednostmi TP na referenčnih, nereferenčnih vzorčnih mestih in mestih na meji med referenčnimi in nereferenčnimi po TP skupinah (preglednica 3-4).



Metodologija vrednotenja ekološkega stanja s podpornimi splošnimi fizikalno-kemijskimi elementi, za vrednotenje stanja hranil (celotni fosfor)

Preglednica 3-4: Razlike v individualnih vrednostih celotnega fosforja (TP) na referenčnih (R), nereferenčnih (N) vzorčnih mestih in mestih na meji med referenčnimi in nereferenčnimi (RN) po TP skupinah. Vrednosti Mann-Whitney U z označeno stopnjo statistične značilnosti (*- $p < 0,05$)

TP skupina	Referenčnost VM	Mann-Whitney U
AL1	R-RN	19360*
	RN-N	7313*
	N-R	15050
AL2	R-RN	15350*
	RN-N	109400*
	N-R	9397*
ED1	R-RN	3541*
	RN-N	19800*
	N-R	2622*
ED2	R-RN	-
	RN-N	73990*
	N-R	-
SM1	R-RN	495
	RN-N	2954*
	N-R	1135
SM2	R-RN	21
	RN-N	4440*
	N-R	413
NIZ1	R-RN	177
	RN-N	887*
	N-R	1126*
NIZ2	R-RN	-
	RN-N	374,5*
	N-R	-
S-VR	R-RN	-
	RN-N	45290*
	N-R	-
VR	R-RN	-
	RN-N	1397000*
	N-R	-

3.4 Določitev TP skupin

TP skupine smo določili na podlagi statistične analize podatkov TP, ki so bili pridobljeni na referenčnih vzorčnih mestih in mestih na meji med referenčnimi in nereferenčnimi. Porazdelitev individualnih vrednosti TP in vrednosti median TP po posameznih hidroekoregijah, subhidroekoregijah v kombinaciji z dodatnim deskriptorjem »velikost prispevne površine« smo grafično prikazali s kvantilnimi diagrami (angl. box and whiskers plot) in porazdelitve primerjali z uporabo neparametričnih statističnih preizkusov (Mann-Whitney test, Kruskal-Wallis test). Na podlagi statistično ugotovljenih razlik smo določili TP skupine rek.



3.5 Določitev za TP skupino značilnih izhodiščnih vrednosti

Za TP skupino značilne izhodiščne vrednosti smo določili na podlagi:

- individualnih podatkov celotnega fosforja (TP) in
- izračunov median podatkov TP po posameznih vzorčnih mestih in letih vzorčenja.

Izhodiščne podatke za vsako TP skupino smo izračunali ločeno na podlagi dveh skupin podatkov:

- podatkov TP pridobljeni z vseh vzorčnih mest in
- podatkov TP pridobljeni z vzorčnih mest, kjer smo imeli tudi podatke o vrednosti trofičnega indeksa.

Za vsako TP skupino smo izhodiščne vrednosti določili kot 10-ti percentil:

- individualnih podatkov TP pridobljenih z vseh vzorčnih mest posamezne TP skupine in
- izračunov median podatkov TP po vseh vzorčnih mestih in letih vzorčenja posamezne TP skupine.

3.6 Določitev za TP skupino značilnih mejnih vrednosti med razredoma zelo dobro in dobro ekološko stanje

Za TP skupino značilne mejne vrednosti med razredoma zelo dobro in dobro ekološko stanje smo določili na podlagi individualnih podatkov celotnega fosforja (TP) in na podlagi izračunov median podatkov TP po posameznih vzorčnih mestih in letih vzorčenja.

Mejne vrednosti za vsako TP skupino smo izračunali ločeno na podlagi dveh skupin podatkov:

- podatkov TP pridobljeni z referenčnih vzorčnih mest in z vzorčnih mest na meji med referenčnimi in nereferenčnimi mesti in
- podatkov TP pridobljeni z vzorčnih mest, kjer smo na podlagi trofičnega indeksa vzorčno mesto uvrstili v razred zelo dobro ali dobro ekološko stanje.

Na podlagi podatkov z referenčnih vzorčnih mest in z vzorčnih mest na meji med referenčnimi in nereferenčnimi mesti smo za vsako TP skupino mejno vrednost med razredoma zelo dobro in dobro ekološko stanje na podlagi individualnih podatkov TP določili:

- kot 75-ti percentil individualnih podatkov TP pridobljenih z referenčnih vzorčnih mest posamezne TP skupine, (če smo imeli na voljo več kot 10 podatkov TP);
- kot mediano individualnih podatkov TP pridobljenih z vzorčnih mest na meji med referenčnimi in nereferenčnimi mesti posamezne TP skupine;
- v primeru TP skupine NIZ2 kot aritmetično sredino med vrednostjo 75-tega percentila individualnih podatkov TP pridobljenih z referenčnih vzorčnih mest in vrednostjo mediane individualnih podatkov TP pridobljenih z vzorčnih mest na meji med referenčnimi in nereferenčnimi TP skupine NIZ1.

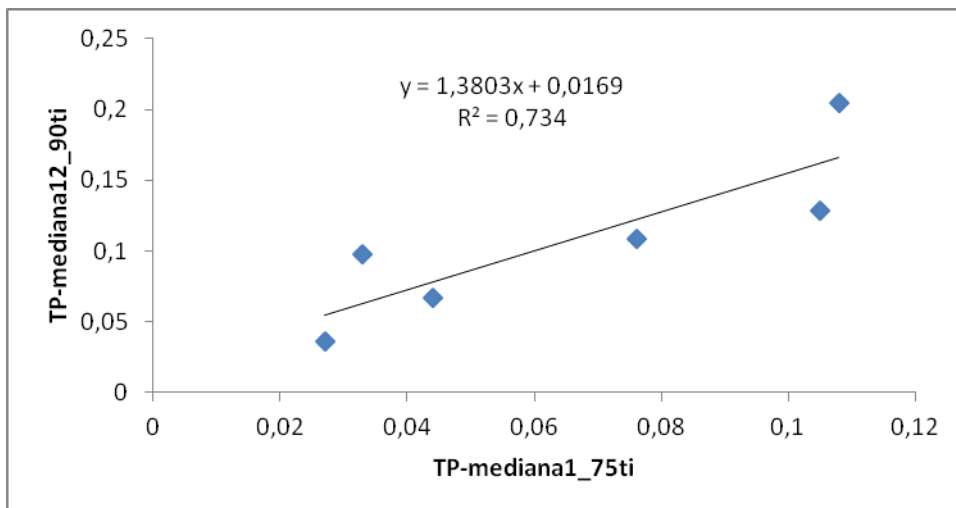


Na podlagi podatkov z referenčnih vzorčnih mest in z vzorčnih mest na meji med referenčnimi in nereferenčnimi mesti smo za vsako TP skupino mejno vrednost med razredoma zelo dobro in dobro ekološko stanje na podlagi izračunov median podatkov TP po posameznih mestih in letih vzorčenja določili:

- a) kot 75-ti percentil izračunanih median po referenčnih vzorčnih mestih in letih vzorčenja posamezne TP skupine, (če smo imeli na voljo več kot 10 izračunov median);
- b) kot mediano izračunanih median po vzorčnih mestih na meji med referenčnimi in nereferenčnimi mesti in letih vzorčenja posamezne TP skupine;
- c) v primeru TP skupine NIZ2 kot aritmetično sredino med vrednostjo 75-tega percentila izračunanih median po referenčnih vzorčnih mestih in letih vzorčenja in vrednostjo mediane izračunanih median po vzorčnih mestih na meji med referenčnimi in nereferenčnimi mesti in letih vzorčenja TP skupine NIZ1.

Na podlagi podatkov z vzorčnih mest, kjer smo s trofičnim indeksom vzorčno mesto uvrstili v razred zelo dobro ali dobro ekološko stanje, smo za vsako TP skupino mejno vrednost med razredoma zelo dobro in dobro ekološko stanje na podlagi izračunov median podatkov TP po posameznih mestih in letih vzorčenja določili:

- a) kot 75-ti percentil izračunanih median razreda zelo dobro ekološko stanje posamezne TP skupine brez upoštevanja osamelcev, (če smo imeli na voljo več kot 10 izračunov median);
- b) na podlagi regresijske enačbe med 75-tim percentilom izračunanih median razreda zelo dobro stanje posamezne TP skupine in 90-tim percentilom izračunanih median združenih razreda zelo dobro in dobro stanje posamezne TP skupine (slika 3-3).

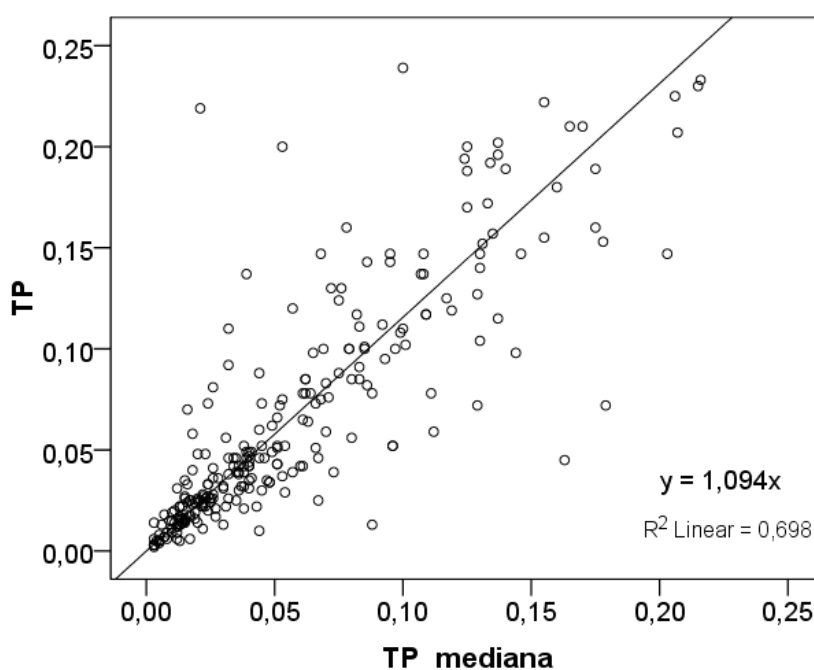


Slika 3-3: Povezava med 75-tim percentilom izračunanih median razreda zelo dobro stanje posamezne TP skupine (TP-median1_75ti) in 90-tim percentilom izračunanih median razreda zelo dobro in dobro stanje posamezne TP skupine (TP-median12_90ti).

Na podlagi podatkov z vzorčnih mest, kjer smo s trofičnim indeksom vzorčno mesto uvrstili v razred zelo dobro ali dobro ekološko stanje, smo za vsako TP skupino mejno vrednost med razredoma zelo dobro in dobro ekološko stanje na podlagi izračunov individualnih podatkov TP določili tako, da smo:



- najprej izračunali regresijsko enačbo med vrednostmi izračunanih median podatkov TP z vrednostmi $< 0,25$ mgP/L in individualnimi vrednostmi pridobljenimi v sezoni vzorčenja fitobentosa v skladu z metodologijo vrednotenja ekološkega stanja in
- nato na podlagi mejnih vrednosti določenih za mediane podatkov TP iz regresijske enačbe $y = 1,094x$ (slika 3-4) izračunali mejne vrednosti za individualne podatke TP.



Slika 3-4: Povezava med vrednostmi izračunanih median podatkov celotnega fosforja (TP_mediana) individualnimi vrednostmi TP pridobljenimi v sezoni vzorčenja fitobentosa.

3.7 Določitev za TP skupino značilnih mejnih vrednosti med razredoma dobro in zmerno ekološko stanje

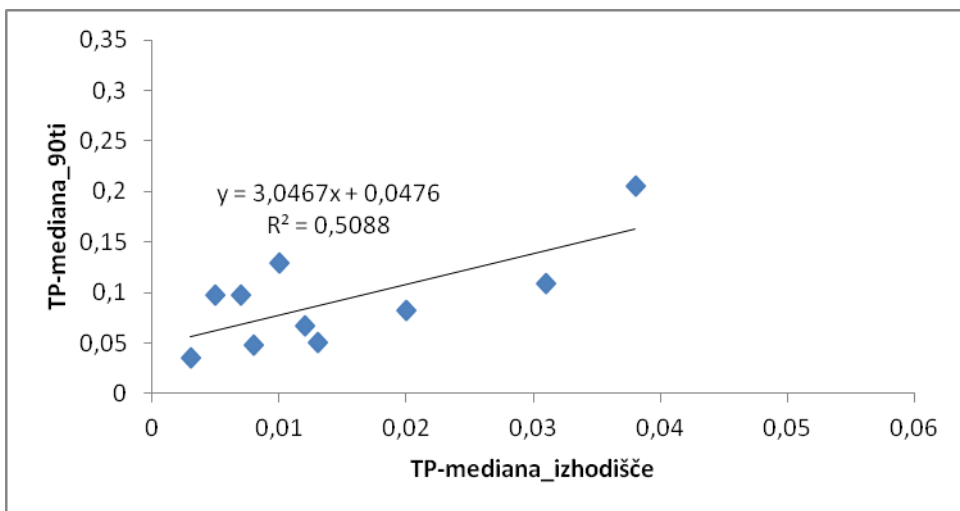
Za TP skupino značilne mejne vrednosti med razredoma dobro in zmerno ekološko stanje smo določili na podlagi podatkov TP pridobljenih z vzorčnih mest, kjer smo na podlagi trofičnega indeksa vzorčno mesto uvrstili v razred zelo dobro ali dobro ekološko stanje. Za vsako TP skupino smo mejno vrednost med razredoma dobro in zmerno ekološko stanje določili:

- kot 90-ti percentil izračunanih median združenih razredov zelo dobro in dobro ekološko stanje posamezne TP skupine brez upoštevanja osamelcev, (če smo imeli na voljo več kot 10 izračunov median);
- za TP skupino NIZ1 smo mejno vrednost izračunali iz regresijske enačbe, ki smo jo določili na podlagi povezave med izhodiščnimi vrednostmi na podlagi izračunov median TP skupin in 90-tim percentilom izračunanih median

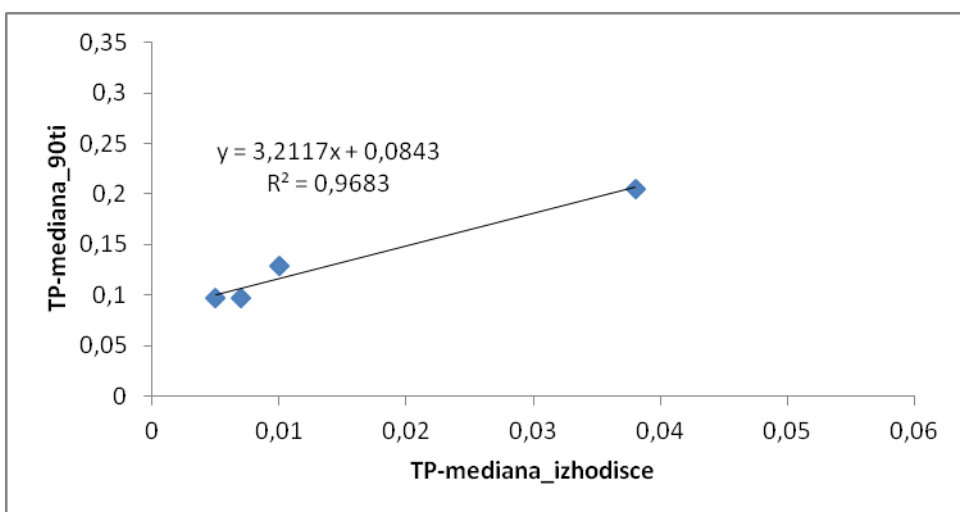


združenih razredov zelo dobro in dobro ekološko stanje posamezne TP skupine (slika 3-5). Upoštevali so le TP skupine za katere smo opazili podoben vzorec povezav.

Pri ugotavljanju povezav med določenimi izhodišči in mejno vrednostjo dobro/zmerno stanje za posamezno TP skupino na podlagi median podatkov TP smo ugotovili, da obstajata dve podskupini podatkov (slika 3-5). Glede na izračunane mejne vrednosti zelo dobro/dobro ekološko stanje smo TP skupino NIZ1 uvrstili v podskupino z visokimi mejnimi vrednostmi dobro/zmerno stanje glede na izhodiščne vrednosti (sliki 3-5 in 3-6).



Slika 3-5: Povezava med izhodiščnimi vrednostmi na podlagi izračunov median TP skupin (TP-median_izhodišče) in 90-tim percentilom izračunanih median razreda zelo dobro in dobro stanje posamezne TP skupine (TP-median12_90ti).



Slika 3-6: Povezava med izhodiščnimi vrednostmi na podlagi izračunov median TP skupin (TP-median_izhodišče) in 90-tim percentilom izračunanih median razreda zelo dobro in dobro stanje posamezne TP skupine (TP-median_90ti). Upoštewane so le TP skupine za katere smo opazili podoben vzorec povezav.



Mejne vrednosti za individualne podatke pridobljene v sezoni vzorčenja fitobentosa, smo določili na dva načina. V prvem načinu smo vrednosti določili na enak način, kot smo to storili za mediane vrednosti TP (glej opis zgoraj). V drugem načinu smo mejne vrednosti izračunali z uporabo enačbe soodvisnosti med vrednostmi median TP in individualnimi vrednostmi TP izmerjenimi v sezoni vzorčenja fitobentosa ($y = 1,094x$). Kot neodvisno spremenljivko smo uporabili za TP skupino značilne mejne vrednosti dobro/zmerno določene za mediane vrednosti TP.

3.8 Določitev za ekološki tip značilnih mejnih vrednosti

74 ekoloških tipov rek (preglednica 2-1) smo na podlagi statistično izbrane kombinacije deskriptorjev – hidroekoregije ali subhidroekoregije ter velikosti prispevne površine - razvrstili v 11 TP skupin rek (preglednica 3-5) in jim pripisali ustrezne, na različne načine določene, mejne vrednosti TP.

Preglednica 3-5: Seznam ekoloških tipov rek po TP skupinah rek

Ekološki tip reke - koda	TP skupina rek - koda
R_SI_4_KB-AL-D_1	AL1
R_SI_4_KB-AL-D_1_>700	AL1
R_SI_4_KB-AL-D_1_KI	AL1
R_SI_4_KB-AL-D_1_LI	AL1
R_SI_4_KB-AL-D_1_Pres	AL1
R_SI_4_SI-AL_1	AL1
R_SI_4_SI-AL_1_>700	AL1
R_SI_4_PA-hrib-D_1	AL1
R_SI_4_PA-hrib-D_1_KI	AL1
R_SI_4_PA-hrib-D_1_Pres	AL1
R_SI_4_KB-AL-J_1	AL1
R_SI_4_KB-AL-J_1_>700	AL1
R_SI_4_KB-AL-J_1_KI	AL1
R_SI_4_PA-hrib-J_1	AL1
R_SI_4_PA-hrib-J_1_KI	AL1
R_SI_4_PA-hrib-J_1_Mean	AL1
R_SI_4_KB-AL-D_2	AL2
R_SI_4_KB-AL-D_2_IiJ	AL2
R_SI_4_KB-AL-D_2_KI	AL2
R_SI_4_SI-AL_2	AL2
R_SI_4_PA-hrib-D_2	AL2
R_SI_4_KB-AL-J_2	AL2
R_SI_4_KB-AL-J_2_KI	AL2
R_SI_4_PA-hrib-J_2	AL2
R_SI_4_PA-hrib-J_2_KI	AL2
R_SI_5_ED-kras_1	ED1



Metodologija vrednotenja ekološkega stanja s podpornimi splošnimi fizikalno-kemijskimi elementi, za vrednotenje stanja hranil (celotni fosfor)

Ekološki tip reke - koda	TP skupina rek - koda
R_SI_5_ED-kras_1_KI_Mean	ED1
R_SI_5_ED-kras_1_KI_Pres_Mean	ED1
R_SI_5_ED-kras_1_OKI_Pres	ED1
R_SI_5_ED-kras_1_PerPop	ED1
R_SI_5_ED-hrib_1	ED1
R_SI_5_ED-hrib_1_KI	ED1
R_SI_5_PD-hrib-ravni_1	ED1
R_SI_5_PD-hrib-ravni_1_KI_Mean	ED1
R_SI_5_PD-hrib-ravni_1_Mean	ED1
R_SI_5_PD-hrib-ravni_1_OKI_Pres	ED1
R_SI_5_ED-kras_2_KI_Mean	ED2
R_SI_5_ED-kras_2_KI_Pres_Mean	ED2
R_SI_5_ED-kras_2_PerPop	ED2
R_SI_5_ED-hrib_2_KI	ED2
R_SI_5_PD-hrib-ravni_2	ED2
R_SI_5_PD-hrib-ravni_2_KI	ED2
R_SI_5_PD-hrib-ravni_2_KI_Mean	ED2
R_SI_5_PD-hrib-ravni_2_Mean	ED2
R_SI_5_SM-hrib-brez_1	SM1
R_SI_5_SM-hrib-brez_1_Pres	SM1
R_SI_5_SM-hrib-s_1	SM1
R_SI_5_SM-hrib-s_1_Pres	SM1
R_SI_5_Obalna_1_Pres	SM1
R_SI_5_SM-hrib-brez_2	SM2
R_SI_5_SM-hrib-brez_2_Pres	SM2
R_SI_5_SM-hrib-s_2_KI	SM2
R_SI_3_Vip-Brda_1	NIZ1
R_SI_11PN-gric_1	NIZ1
R_SI_11PN-zALvpliv_1	NIZ1
R_SI_11PN-KrBr-kotl_1	NIZ1
R_SI_3_Vip-Brda_2	NIZ2
R_SI_11PN-gric_2	NIZ2
R_SI_11PN-zALvpliv_2	NIZ2
R_SI_11PN-KrBr-kotl_2	NIZ2
R_SI_5_PD-hrib-ravni_3_KI	ED3
R_SI_5_PD-hrib-ravni_3_Mean	ED3
R_SI_11PN-zALvpliv_3	PN3
R_SI_11PN-KrBr-kotl_3	PN3
R_SI_4_VR1-AL-Sa	VR
R_SI_5_VR2-So	VR
R_SI_5_VR3-DN-Sa	VR
R_SI_5_VR4-Lj	VR
R_SI_5_VR5-Ko	VR



Ekološki tip reke - koda	TP skupina rek - koda
R_SI_11_VR6-PN-Sa-raz	VR
R_SI_11_VR6-PN-Sa-neraz	VR
R_SI_11_VR7-Kk	VR
R_SI_11_VR8-medAL-Dr	VR
R_SI_11_VR9-Mu-ravDr	VR



4 REZULTATI

4.1 Izbor ustreznega izračuna statistik celotnega fosforja

Med vsemi statistikami celotnega fosforja (TP) in trofičnega indeksa (TI) ter saprobnega indeksa (SI) smo ugotovili statistično značilne korelacije ($p < 0,01$) (preglednica 4-1). Med statistikami TP in TI smo ugotovili višje korelacijske koeficiente (Spearmanov korelacijski koeficient - ρ) kot med statistikami TP in SI (Wilcoxon signed-rank test, $Z = -2,52$, $p = 0,012$). Najvišji korelacijski koeficient smo ugotovili med TI in medianami vrednosti TP ($\rho = 0,75$), najnižjega pa med TI in maksimumom vrednosti TP ($\rho = 0,67$), vendar so bile v vseh primerih korelacije zelo primerljive. V nadaljevanju smo za TP skupine značilne mejne vrednosti med razredi ekološkega stanja določili za statistiki mediana vrednosti TP in vrednosti TP v sezoni vzorčenja fitobentosa.



Preglednica 4-1: Vrednosti Spearmanovega korelacijskega koeficienta med pari statistik celotnega fosforja (TP). TI – trofični indeks, SI – saprobni indeks, REK – razmerje ekološke kakovosti, 90ti – 90ti percentil, ind – vrednost izmerjena v sezoni vzorčenja fitobentosa, log – logaritmirana vrednost.

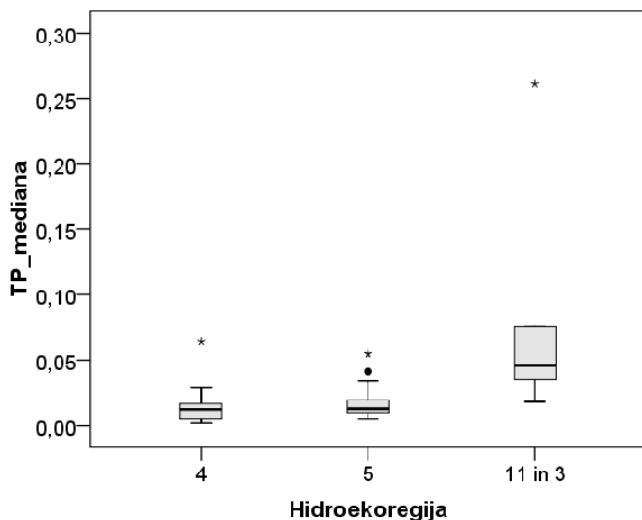
** - $p < 0,01$

Metrika oz. statistika	TI	SI	TI_REK	TP_mediana	TP_90ti	TP_maksimum	TP_mediana_log	TP_90ti_log	TP_maksimum_log	TP_ind
TP_mediana_log	0,746**	0,667**	-0,534**	1**	0,915**	0,907**	1	0,915**	0,907**	0,897**
TP_mediana	0,739**	0,663**	-0,528**	1	0,915**	0,907**	1**	0,915**	0,907**	0,897**
TP	0,704**	0,613**	-0,510**	0,897**	0,862**	0,853**	0,897**	0,861**	0,853**	1
TP_90ti_log	0,683**	0,611**	-0,495**	0,915**	1**	0,997**	0,915**	1	0,997**	0,861**
TP_maksimum_log	0,679**	0,610**	-0,495**	0,907**	0,997**	1**	0,907**	0,997**	1	0,853**
TP_90ti	0,673**	0,605**	-0,487**	0,915**	1	0,997**	0,915**	1**	0,997**	0,862**
TP_maximum	0,669**	0,604**	-0,487**	0,907**	0,997**	1	0,907**	0,997**	1**	0,853**
SI	0,821**	1	-0,651**	0,663**	0,605**	0,604**	0,667**	0,611**	0,610**	0,613**
TI_REK	-0,801**	-0,651**	1	-0,528**	-0,487**	-0,487**	-0,534**	-0,495**	-0,495**	-0,510**
TI	1	0,821**	-0,801**	0,739**	0,673**	0,669**	0,746**	0,683**	0,679**	0,704**

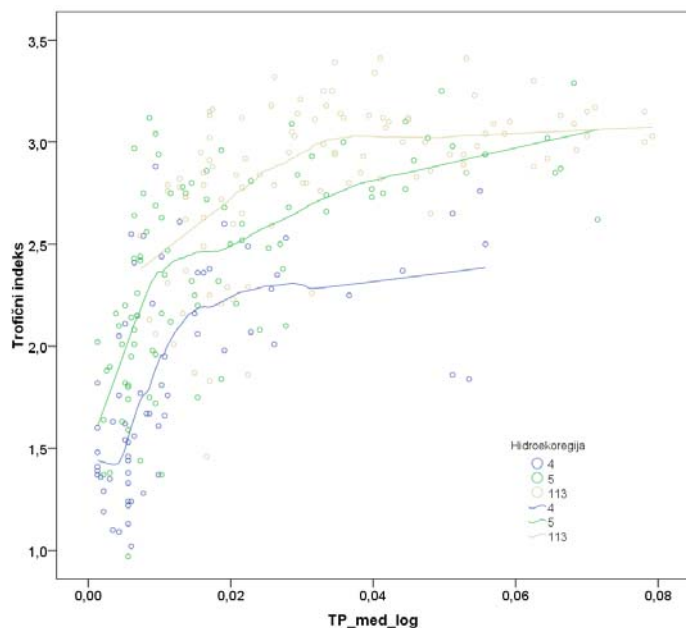


4.2 Določitev TP skupin

Vrednosti vseh statistik parametra celotni fosfor (mediana, 90-ti percentil, maksimum in vrednost izmerjena v obdobju vzorčenja fitobentosa) se statistično značilno razlikujejo med hidroekoregijami (Kruskal-Wallis $\chi^2 = 77,7$ – $187,6$, $p < 0,001$). V nižinskih hidroekoregijah smo ugotovili najvišje vrednosti (slika 4-1). Med hidroekoregijami smo opazili razlike tudi v odzivu fitobentosa (trofični indeks) na vrednosti celotnega fosforja (slika 4-2).



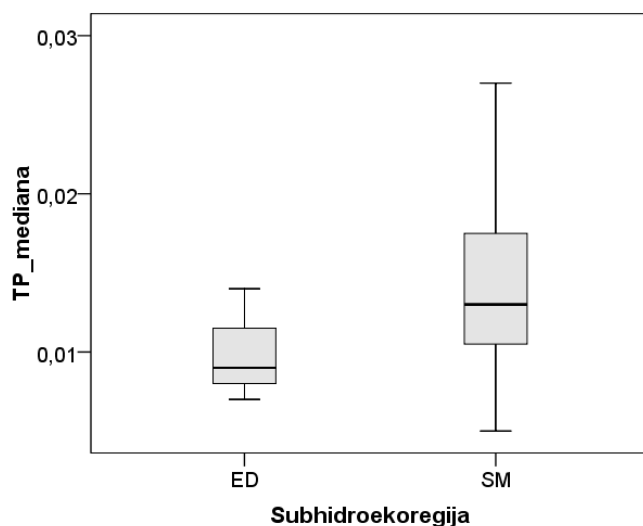
Slika 4-1: Diagram kvantilov razpona vrednosti median celotnega fosforja (TP_mediana) na referenčnih mestih po hidroekoregijah. 4 – Alpe, 5 – Dinaridi, 113 – Panonska nižina (11) in Padska nižina (3)



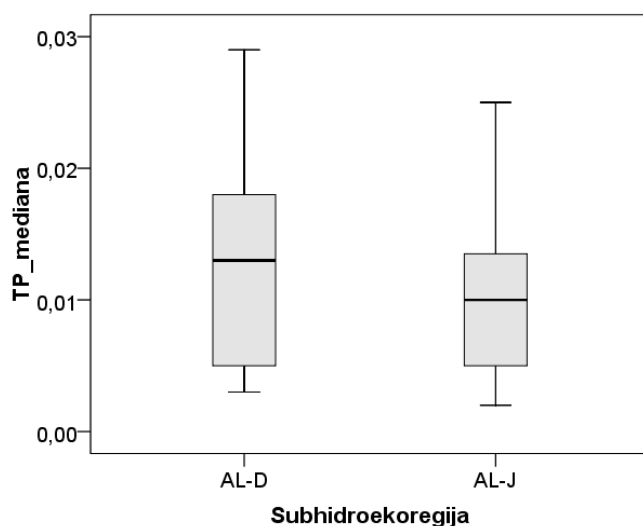
Slika 4-2: Loess modeli odvisnosti trofičnega indeksa od mediane koncentracije celotnega fosforja (logaritmirane vrednosti) glede na hidroekoregijo. 4 – Alpe, 5 – Dinaridi, 113 – Panonska nižina (11) in Padska nižina (3)



V hidroekoregiji Dinaridi smo ugotovili, da se vrednosti treh statistik TP (mediana, 90-ti percentil, maksimum) razlikujejo med evdinarsko in submediteransko subhidroekoregijo (slika 4-3, Mann-Whitney $U = 41\text{--}45,5$; $p < 0,05$). V hidroekoregiji Alpe statistično značilnih razlik v vrednostih TP katerekoli statistike med subhidroekoregijami nismo ugotovili (slika 4-4, Mann-Whitney $U = 184\text{--}193$; $p > 0,05$). V nižinskih hidroekoregijah subhidroekoregij nimamo.



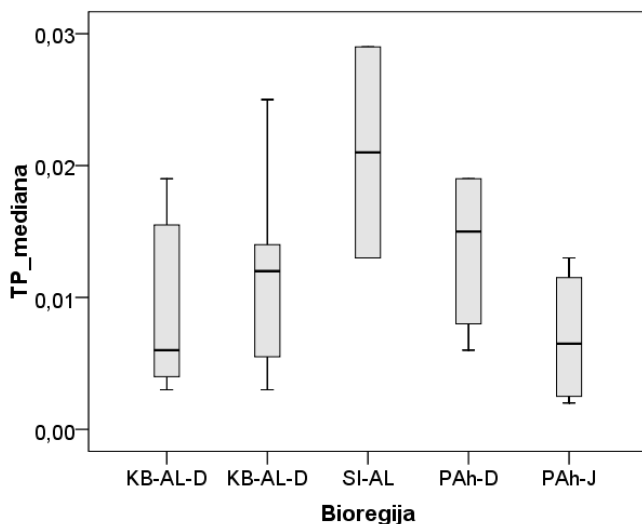
Slika 4-3: Diagram kvantilov razpona vrednosti median celotnega fosforja (TP_mediana) na referenčnih mestih po subhidroekoregijah hidroekoregije Alpe. ED – evdinarska, SM – submediteranska



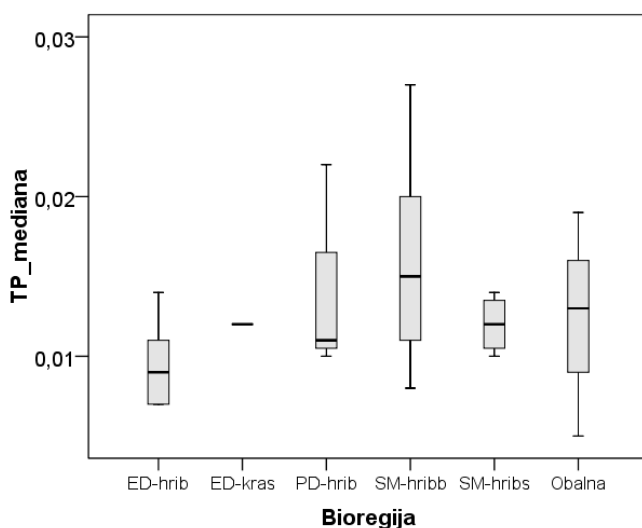
Slika 4-4: Diagram kvantilov razpona vrednosti median celotnega fosforja (TP_mediana) na referenčnih mestih po subhidroekoregijah hidroekoregije Alpe. AL-D – Alpe-donavsko porečje, AL-J – Alpe-jadransko povodje



V hidroekoregiji Alpe smo ugotovili, da se vrednosti median TP med bioregijami statistično značilno ne razlikujejo (slika 4-5, Kruskal-Wallis $\chi^2 = 0,50$ — $6,08$; $p > 0,05$). Tudi v hidroekoregiji Dinaridi se vrednosti median TP med bioregijami statistično značilno ne razlikujejo (slika 4-6, Kruskal-Wallis $\chi^2 = 0,16$ — $1,15$; $p > 0,05$), vendar zaradi majhnega števila podatkov vrednosti bioregije Evdinarski kras nismo mogli statistično primerjati.



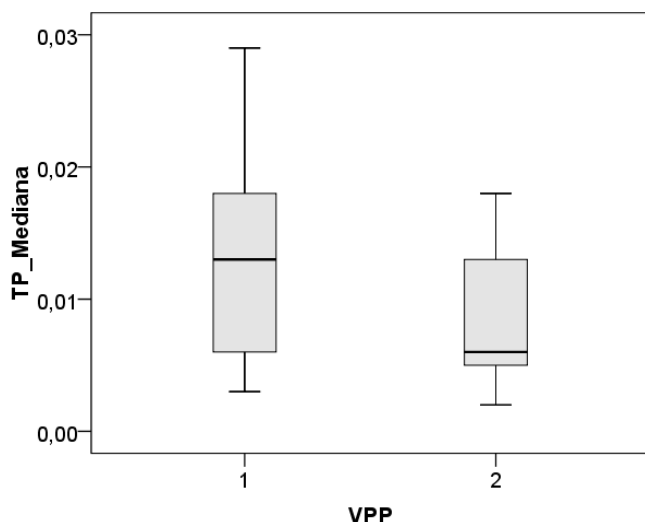
Slika 4-1: Diagram kvantilov razpona vrednosti median celotnega fosforja (TP_mediana) na referenčnih mestih po bioregijah hidroekoregije Alpe. KB-AL-D – Karbonatne Alpe-donavsko porečje, KB-AL-J – Karbonatne Alpe-jadransko povodje, SI-AL – Silikatne Alpe, PAh-D – Predalpska hribovja- donavsko porečje, PAh-J – Predalpska hribovja-jadransko povodje



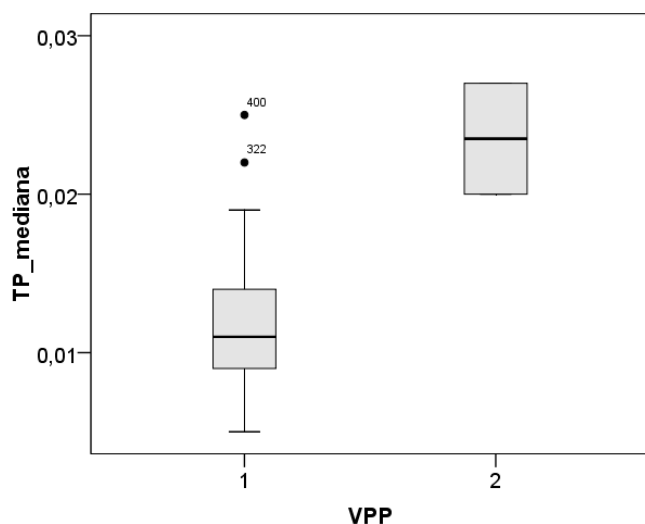
Slika 4-2: Diagram kvantilov razpona vrednosti median celotnega fosforja (TP_mediana) na referenčnih mestih po bioregijah hidroekoregije Dinaridi. ED-hrib – Evdinarska hribovja, ED-hrib – Evdinarski kras, PD-hrib – Predinarska hribovja in ravnine, SM-hribb – Submediteranska hribovja brez površinskega odtoka, SM-hribs – Submediteranska hribovja s površinskim odtokom, Obalna – Obalna gričevja



V hidroekoregijah Alpe in Dinaridi smo ugotovili, da se vrednosti median TP razlikujejo med razredi velikosti prispevne površine (sliki 4-7 in 4-8, Mann-Whitney $U = 2-137$, $p < 0,05$). V hidroekoregiji Alpe smo statistično značilne razlike ($p < 0,05$) ugotovili tudi za statistike 90-ti percentil TP in maksimum TP. V nižinskih hidroekoregijah smo imeli referenčna vzorčna mesta le na vodotokih z velikostjo prispevne površine (VPP) $< 100 \text{ km}^2$, zato primerjav med razredi VPP nismo mogli narediti.



Slika 4-3: Diagram kvantilov razpona vrednosti median celotnega fosforja (TP_mediana) na referenčnih mestih po razredih velikosti prispevne površine v hidroekoregiji Alpe

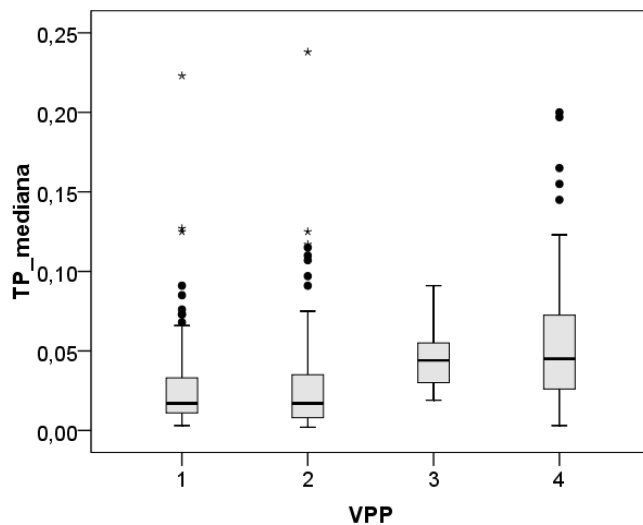


Slika 4-4: Diagram kvantilov razpona vrednosti median celotnega fosforja (TP_mediana) na referenčnih mestih po razredih velikosti prispevne površine v hidroekoregiji Dinaridi

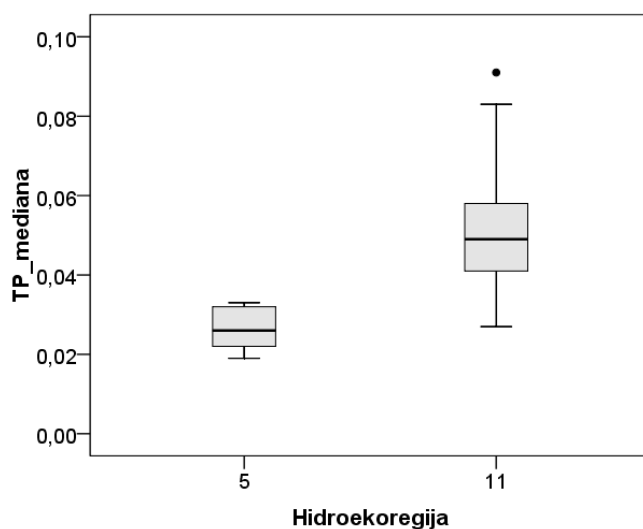
Na rekah s prispevno površino $> 1000 \text{ km}^2$ nismo imeli referenčnih vzorčnih mest, zato v analizo primerjav vrednosti TP na referenčnih mestih niso bile vključene. S primerjavo vrednosti TP med razredi velikosti prispevnih površin (VPP) v Sloveniji, pri čemer smo upoštevali podatke z referenčnih mest in mest na meji med referenčnimi in nereferenčnimi, smo ugotovili da se vrednosti TP za vse statistike (mediana, 90-ti



percentil, maksimum, vrednost TP v sezoni vzorčenja fitobentosa) statistično značilno razlikujejo (slika 4-9, Kruskal-Wallis $\chi^2 = 10,95$ — $51,29$; $p < 0,05$). Za srednje velike do velike reke (VPP=3) smo ugotovili, da se vrednosti TP treh statistik (mediana, 90-ti percentil, maksimum) statistično značilno razlikujejo med hidroekoregijama Dinaridi in Panonska nižina (slika 4-10, Mann-Whitney U = $6,5$ — $16,5$; $p < 0,05$). Statistično značilnih razlik med hidroekoregijama nismo ugotovili za vrednost TP izmerjene v sezoni vzorčenja fitobentosa (Mann-Whitney U = 2 , $p > 0,05$). Za velike reke (VPP=4) smo ugotovili, da se vrednosti TP nobene od statistik (mediana, 90-ti percentil, maksimum, vrednost izmerjena v sezoni vzorčenja fitobentosa) statistično značilno ne razlikujejo med hidroekoregijami (slika 4-11, Kruskal-Wallis $\chi^2 = 1,37$ — $5,64$; $p > 0,05$).

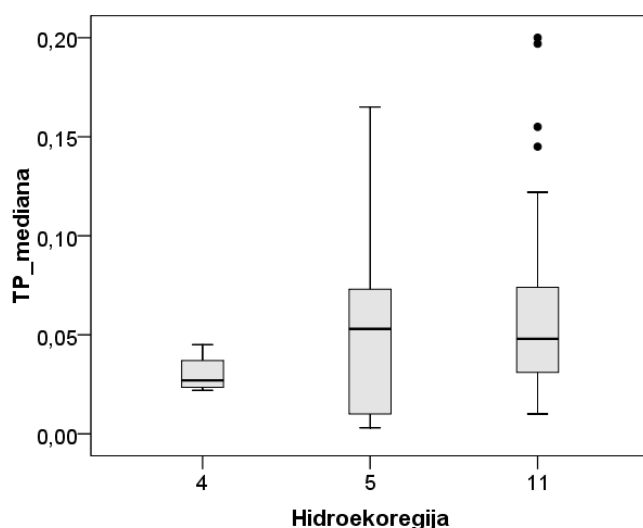


Slika 4-5: Diagram kvantilov razpona vrednosti median celotnega fosforja (TP_mediana) na referenčnih mestih in mestih na meji med referenčnimi in nereferenčnimi po razredih velikosti prispevne površine (VPP) v Sloveniji.





Slika 4-6: Diagram kvantilov razpona vrednosti median celotnega fosforja (TP_mediana) na mestih na meji med referenčnimi in nereferenčnimi srednje velikih do velikih rek (VPP=3) glede na hidroekoregijo. 5 – Dinaridi, 11 – Panonska nižina.

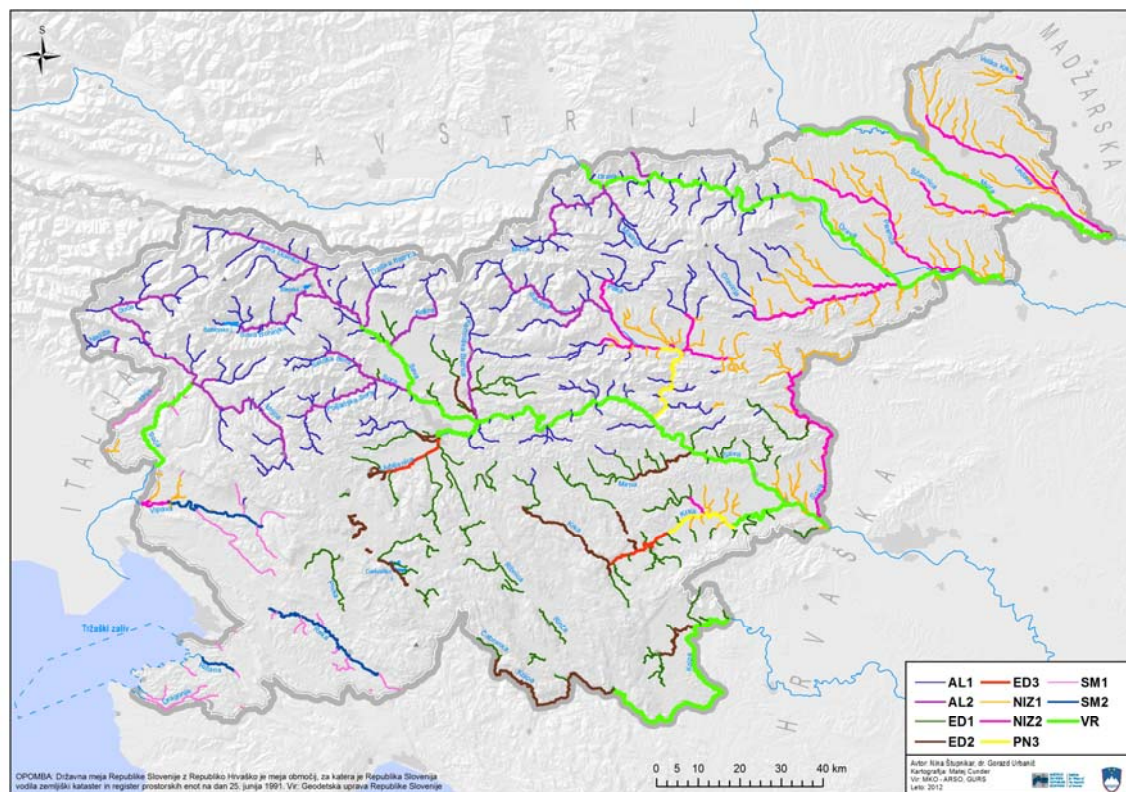


Slika 4-7: Diagram kvantilov razpona vrednosti median celotnega fosforja (TP_mediana) na mestih na meji med referenčnimi in nereferenčnimi velikih rek (VPP=4) glede na hidroekoregijo. 4 - Alpe, 5 – Dinaridi, 11 - Panonska nižina.

Na podlagi statistično ugotovljenih razlik med vrednostmi median TP na referenčnih vzorčnih mestih in mestih na meji med referenčnimi in nereferenčnimi na ravni hidroekoregij, subhidroekoregij in razredov velikosti prispevne površine smo določili 11 TP skupin (preglednica 4-2, slika 4-12).

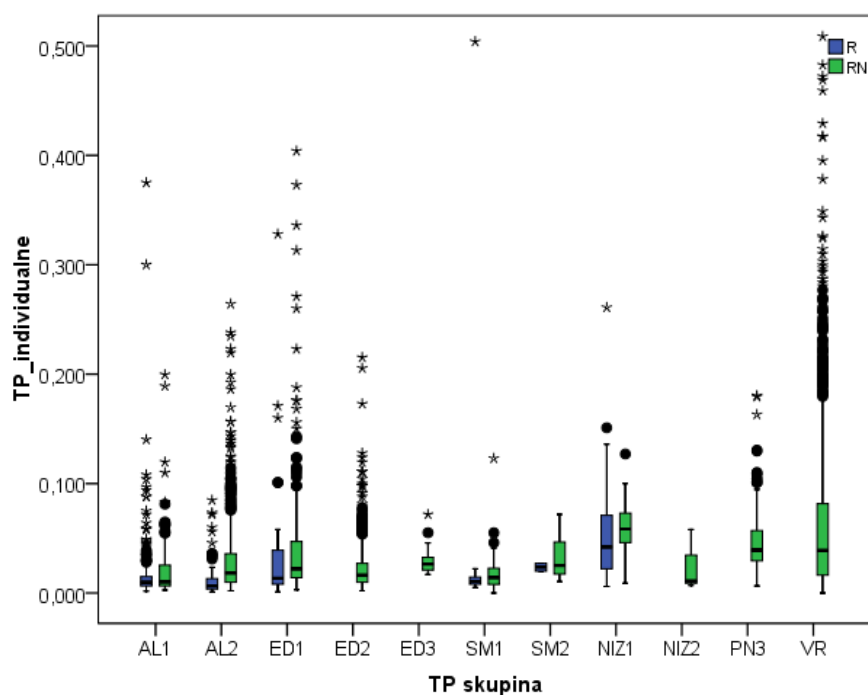
Preglednica 4-2: TP skupine rek v Sloveniji

TP skupina rek- koda	TP skupina rek-opis
AL1	male reke hidroekoregije Alpe, velikost prispevne površine 10—100 km ²
AL2	srednje velike reke hidroekoregije Alpe, velikost prispevne površine 100—1000 km ²
ED1	male reke evdinarske subhidroekoregije, velikost prispevne površine 10—100 km ²
ED2	srednje velike reke evdinarske subhidroekoregije, velikost prispevne površine 100—1000 km ²
ED3	srednje do velike reke evdinarske subhidroekoregije, velikost prispevne površine 1000—2500 km ² in sQs<50 m ³ /s
SM1	male reke submediteranske subhidroekoregije, velikost prispevne površine 10—100 km ²
SM2	srednje velike reke submediteranske subhidroekoregije, velikost prispevne površine 100—1000 km ²
NIZ1	male nižinske reke hidroekoregij Padska in Panonska nižina, velikost prispevne površine 10—100 km ²
NIZ2	srednje velike nižinske reke hidroekoregij Padska in Panonska nižina, velikost prispevne površine 100—1000 km ²
PN3	srednje do velike reke hidroekoregije Panonska nižina, velikost prispevne površine 1000—2500 km ² in sQs<50 m ³ /s
VR	velike reke, velikost prispevne površine > 2500 km ² ali sQs<50 m ³ /s



Slika 4-12: TP skupine rek v Sloveniji. Za opis kod TP skupin glej preglednico 4-2

S Kruskal-Wallis testom smo potrdili, da se individualne vrednosti TP z referenčnih vzorčnih mest ($\chi^2 = 62,84$; $p < 0,001$) in mest na meji med referenčnimi in nereferenčnimi ($\chi^2 = 530,6$; $p < 0,001$) statistično značilno razlikujejo med TP skupinami (slika 4-13). Z Mann-Whitney testom pa smo ugotovili, katere TP skupine se statistično značilno ločijo med seboj po individualnih vrednostih TP na referenčnih vzorčnih mestih (preglednica 4-3) in po individualnih vrednostih TP na mestih na meji med referenčnimi in nereferenčnimi (preglednica 4-4).



Slika 4-13: Kvantilni diagram razpona individualnih vrednosti skupnega fosforja (TP) na referenčnih vzorčnih mestih (R) in mestih na meji med referenčnimi in nereferenčnimi (RN) po TP skupinah

Preglednica 4-3: Razlike v individualnih vrednostih celotnega fosforja (TP) z referenčnih vzorčnih mest med posameznimi TP skupinami. Vrednosti Mann-Whitney U z označeno stopnjo statistične značilnosti (*- $p < 0,05$)

TP skupina		Mann-Whitney U
AL1	AL2	13620*
	ED1	4086*
	SM1	2560
	SM2	86
	NIZ1	1133*
	NIZ2	
AL2	AL1	13620*
	ED1	1270*
	SM1	751,5*
	SM2	27
	NIZ1	332,5*
	NIZ2	
ED1	AL1	4086*
	AL2	1270*
	SM1	308
	SM2	32
	NIZ1	297*
	NIZ2	
SM1	AL1	2560
	AL2	751,5*
	ED1	308
	SM2	3
	NIZ1	78,5*
	NIZ2	
SM2	AL1	86
	AL2	27
	ED1	32
	SM1	3
	NIZ1	16
	NIZ2	



Metodologija vrednotenja ekološkega stanja s podpornimi splošnimi fizikalno-kemijskimi elementi, za vrednotenje stanja hranil (celotni fosfor)

TP skupina		Mann-Whitney U
NIZ1	AL1	1133*
	AL2	332,5*
	ED1	297*
	SM1	78,5*
	SM2	16

Preglednica 4-4: Razlike v individualnih vrednostih celotnega fosforja (TP) z mest na meji med referenčnimi in nereferenčnimi med posameznimi TP skupinami. Vrednosti Mann-Whitney U z označeno stopnjo statistične značilnosti (*- $p < 0,05$)

TP skupina		Mann-Whitney U
AL1	AL2	35730*
	ED1	11420*
	ED2	48360*
	ED3	671,5*
	SM1	4680
	SM2	946,5*
	NIZ1	373,5*
	NIZ2	218
	PN3	6574*
	VR	55100*
AL2	AL1	35730*
	ED1	55520*
	ED2	181400*
	ED3	3573*
	SM1	13090*
	SM2	4855*
	NIZ1	2046*
	NIZ2	731
	PN3	34730*
	VR	266200*
ED1	AL1	11420*
	AL2	55520*
	ED2	59110*
	ED3	1778
	SM1	4168*
	SM2	2471
	NIZ1	114*
	NIZ2	228
	PN3	17930*
	VR	134000*



TP skupina		Mann-Whitney U
ED2	AL1	48360*
	AL2	181400*
	ED1	59110*
	ED3	3379*
	SM1	17910
	SM2	4805*
	NIZ1	1690*
	NIZ2	971
	PN3	31070*
	VR	275300*
ED3	AL1	671,5*
	AL2	3573*
	ED1	1778
	ED2	3379*
	SM1	204,5*
	SM2	199,5
	NIZ1	55*
	NIZ2	17
	PN3	1226*
	VR	10520
SM1	AL1	4680
	AL2	13090*
	ED1	4168*
	ED2	17910
	ED3	204,5*
	SM2	319,5*
	NIZ1	116*
	NIZ2	84
	PN3	1920
	VR	19530
SM2	AL1	946,5*
	AL2	4855*
	ED1	2471
	ED2	4805*
	ED3	199,5
	SM1	319,5*
	NIZ1	78,5*
	NIZ2	22
	PN3	1780*
	VR	13320



Metodologija vrednotenja ekološkega stanja s podpornimi splošnimi fizikalno-kemijskimi elementi, za vrednotenje stanja hranil (celotni fosfor)

TP skupina		Mann-Whitney U
NIZ1	AL1	373,5*
	AL2	2046*
	ED1	114*
	ED2	1690*
	ED3	55*
	SM1	116*
	SM2	78,5*
	NIZ2	10
	PN3	1285*
	VR	10320
NIZ2	AL1	218
	AL2	731
	ED1	228
	ED2	971
	ED3	17
	SM1	84
	SM2	22
	NIZ1	10
	PN3	1285*
	VR	1170
PN3	AL1	6574*
	AL2	34730*
	ED1	17930*
	ED2	31070*
	ED3	1226*
	SM1	1920
	SM2	1780*
	NIZ1	1285*
	NIZ2	1285*
	VR	166100
VR	AL1	55100*
	AL2	266200*
	ED1	134000*
	ED2	275300*
	ED3	10520
	SM1	19530
	SM2	13320
	NIZ1	10320
	NIZ2	1170
	PN3	166100



4.3 Za TP skupino značilne mejne vrednosti celotnega fosforja

V preglednici 4-5 so predstavljene za TP skupine značilne izhodiščne vrednosti celotnega fosforja (TP), v preglednici 4-6 pa za TP skupine značilne mejne vrednosti TP med razredoma zelo dobro in dobro ekološko stanje, ki smo jih določili na podlagi različnih načinov izračuna statistik TP (individualne vrednosti TP, mediane vrednosti TP, individualne vrednosti TP izmerjene v sezoni vzorčenja fitobentosa) ob upoštevanju različnih skupin podatkov TP (vseh ali le podatkov, kjer smo imeli tudi podatke trofičnega indeksa).

Preglednica 4-5: Za TP skupino značilne izhodiščne vrednosti celotnega fosforja (TP) glede na statistiko izračuna TP (mediana, ind – vrednost izmerjena v sezoni vzorčenja fitobentosa) in podskupino podatkov (vsi – vsi podatki, TI – podatki, kjer smo imeli izračunan tudi trofični indeks)

TP skupina	TP-mediana_vsi	TP-ind_vsi	TP-mediana_TI	TP-ind_TI
AL1	0,003	0,004	0,003	0,003
AL2	0,005	0,007	0,004	0,004
ED1	0,010	0,012	0,011	0,012
ED2	0,007	0,007	0,007	0,008
ED3	0,020	0,013	0,011	0,012
SM1	0,008	0,005	0,012	0,013
SM2	0,013	0,008	0,014	0,015
NIZ1	0,020	0,037	0,050	0,055
NIZ2	0,038	0,026	0,039	0,043
PN3	0,031	0,023	0,032	0,035
VR	0,012	0,011	0,015	0,016

Preglednica 4-6: Za TP skupino značilne mejne vrednosti celotnega fosforja (TP) zelo dobro/dobro ekološko stanje glede na statistiko izračuna TP (mediana, ind – vrednost izmerjena v sezoni vzorčenja fitobentosa) in podskupino podatkov (vsi – vsi podatki, TI – podatki, kjer smo imeli izračunan tudi trofični indeks)

TP skupina	TP-mediana_vsi	TP-ind_vsi	TP-mediana_TI	TP-ind_TI
AL1	0,019	0,015	0,027	0,030
AL2	0,013	0,013	0,033	0,036
ED1	0,022	0,040	0,105	0,115
ED2	0,018	0,016	0,054	0,059
ED3	0,026	0,026	0,043	0,047
SM1	0,016	0,015	0,018	0,020
SM2	0,023	0,025	0,020	0,022
NIZ1	0,046	0,072	0,091	0,100
NIZ2	0,084	0,066	0,108	0,118
PN3	0,049	0,039	0,076	0,083
VR	0,045	0,039	0,044	0,048



V preglednici 4-7 so predstavljene za TP skupine značilne mejne vrednosti celotnega fosforja (TP) med razredoma zelo dobro in dobro ekološko stanje, ki smo jih določili na podlagi različnih načinov izračuna statistik TP (mediane vrednosti TP, individualne vrednosti TP izmerjene v sezoni vzorčenja fitobentosa) ob upoštevanju podatkov TP, kjer smo imeli tudi podatke trofičnega indeksa in na podlagi enačbe soodvisnosti ($y = 1,094x$) med vrednostmi median TP in individualnimi vrednostmi TP izmerjenimi v sezoni vzorčenja fitobentosa.

Preglednica 4-7: Za TP skupino značilne mejne vrednosti celotnega fosforja (TP) dobro/zmerno ekološko stanje glede na statistiko izračuna TP (mediana, ind – vrednost izmerjena v sezoni vzorčenja fitobentosa, regresijska enačba – $y = 1,094x$)

TP-skupina-nova	TP-mediana_TI	TP-ind_TI	TP-ind_TI_enačba
AL1	0,036	0,048	0,039
AL2	0,098	0,108	0,107
ED1	0,129	0,146	0,141
ED2	0,098	0,139	0,107
ED3	0,083	0,110	0,090
SM1	0,048	0,208	0,053
SM2	0,051	0,073	0,056
NIZ1	0,149	0,202	0,163
NIZ2	0,205	0,303	0,224
PN3	0,109	0,088	0,119
VR	0,067	0,080	0,073

4.4 Predlog za ekološki tip značilnih mejnih vrednosti celotnega fosforja kot podpornega elementa za vrednotenje ekološkega stanja rek

Povezave med za TP skupino značilnimi mejnimi vrednostmi izračunane na različne načine so prikazane v preglednici 4-8. Med izhodiščnimi vrednostmi smo ugotovili statistično značilne in zelo močne korelacije (Spearman $\rho > 0,8$) neglede na način izračuna. Tudi med mejnimi vrednostmi zelo dobro/dobro smo ugotovili statistično značilne in močne korelacije, ki so presegale vrednosti Spearman $\rho = 0,6$. Med mejnimi vrednostmi dobro/zmerno stanje izračunane za mediane vrednosti TP in individualne vrednosti TP smo ugotovili močno korelacijo (Spearman $\rho = 0,6$), ki pa ni bila značilna ($p > 0,05$). Vzrok je v odstopanju mejne vrednosti za TP skupino SM1, za katero smo iz uporabljenih podatkov na mestih, kjer smo imeli tudi podatek o trofičnem indeksu, določili precej višjo mejno koncentracijo kot iz enačbe soodvisnosti med medianami vrednosti TP in individualnimi vrednostmi TP na podlagi vseh podatkov. Za večino mejnih vrednosti zmerno/dobro stanje za individualne vrednosti TP smo ugotovili, da so vrednosti izračunane iz enačbe nekoliko nižje v primerjavi z vrednostmi izračunane na podlagi podatkov z vzorčnih mest, kjer smo imeli tudi podatek o trofičnem indeksu (slika 4-14). Ker je pomembno, da so mejne vrednosti za podporne elemente kakovosti usklajene z mejnimi vrednostmi za biološke elemente kakovosti, menimo, da so mejne vrednosti dobro/zmerno stanje določene na podlagi rezultatov trofičnega indeksa primernejše kot



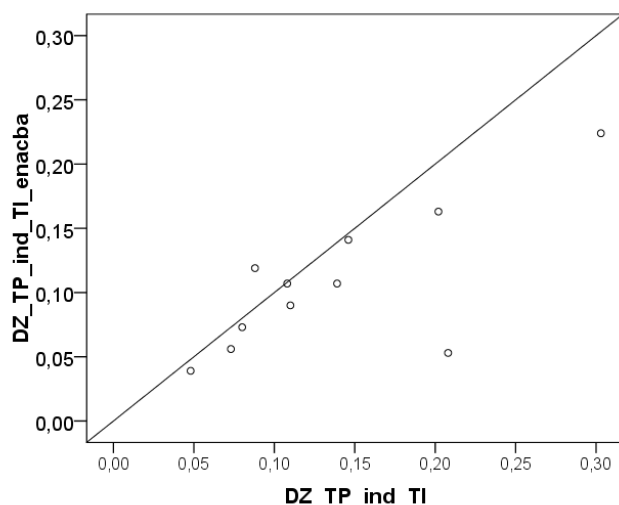
vrednosti določene na podlagi enačbe soodvisnosti median vrednosti in individualnih vrednosti.

Kot podporni element za vrednotenje ekološkega stanja predlagamo, da se uporabljajo mejne vrednosti, ki so določene za mediane vrednosti TP in so prikazane v preglednicah 4-9 in 4-10.



Preglednica 4-8: Vrednosti Spearmanovega korelacijskega koeficienta med pari mejnih vrednosti za podporni fizikalno-kemijski parameter celotni fosfor (TP). R – izhodiščna vrednost, ZD – zelo dobro/dobro stanje, DZ – dobro/zmerno stanje, med – mediana, ind – vrednost izmerjena v sezoni vzorčenja fitobentosa, vsi – podatki z vseh vzorčnih mest, TI – podatki z vzorčnih mest na katerih smo imeli tudi podatek o vrednosti trofičnega indeksa. **- $p < 0,01$, *- $p < 0,05$.

Mejna vrednost	R_TP_med_ vsi	R_TP_ind_ vsi	R_TP_med_ TI	R_TP_ind_ TI	ZD_TP_med_ vsi	ZD_TP_ind_ vsi	ZD_TP_med_ TI	ZD_TP_ind_ TI	DZ_TP_med_ TI	DZ_TP_ind_ TI	DZ_TP_ind_TI_ enačba
R_TP_med_vsi	1	0,895**	0,852**	0,852**	0,902**	0,778**	0,547	0,547	0,584	0,333	0,584
R_TP_med_TI	0,852**	0,795**	1	1**	0,820**	0,792**	0,478	0,478	0,525	0,383	0,525
R_TP_ind_vsi	0,895**	1	0,795**	0,795**	0,856**	0,902**	0,770**	0,770**	0,808**	0,401	0,808**
R_TP_ind_TI	0,852**	0,795**	1**	1	0,820**	0,792**	0,478	0,478	0,525	0,383	0,525
ZD_TP_med_vsi	0,902**	0,856**	0,820**	0,820**	1	0,849**	0,636*	0,636*	0,538	0,127	0,538
ZD_TP_med_TI	0,547	0,770**	0,478	0,478	0,636*	0,822**	1	1**	0,916**	0,473	0,916**
ZD_TP_ind_vsi	0,778**	0,902**	0,792**	0,792**	0,849**	1	0,822**	0,822**	0,732*	0,402	0,732*
ZD_TP_ind_TI	0,547	0,770**	0,478	0,478	0,636*	0,822**	1**	1	0,916**	0,473	0,916**
DZ_TP_med_TI	0,584	0,808**	0,525	0,525	0,538	0,732*	0,916**	0,916**	1	0,601	1**
DZ_TP_ind_TI_e	0,584	0,808**	0,525	0,525	0,538	0,732*	0,916**	0,916**	1**	0,601	1
DZ_TP_ind_TI	0,333	0,401	0,383	0,383	0,127	0,402	0,473	0,473	0,601	1	0,601



Slika 4-14: Povezava med mejnimi vrednostmi dobro/zmerno ekološko stanje za podporni fizikalno-kemijski element celotni fosfor (TP) za vrednosti TP izmerjene v sezoni vzorčenja fitobentosa izračunani na podlagi vrednosti Trofičnega indeksa (DZ_TP_ind_TI) in iz enačbe soodvisnosti individualnih vrednosti in median (DZ_TP_ind_TI_enacba). Linija označuje krivuljo z enačbo $y=x$.

Preglednica 4-9: Za TP skupino značilne mejne vrednosti med razredi ekološkega stanja za podporni splošni fizikalno-kemijski parameter celotni fosfor (TP) izračunan kot mediana vrednosti TP

TP-skupina	izhodiščna vrednost	zelo dobro/dobro	dobro/zmerno
AL1	0,003	0,019	0,036
AL2	0,005	0,013	0,098
ED1	0,010	0,022	0,129
ED2	0,007	0,018	0,098
ED3	0,020	0,026	0,083
SM1	0,008	0,016	0,048
SM2	0,013	0,023	0,051
NIZ1	0,020	0,046	0,149
NIZ2	0,038	0,084	0,205
PN3	0,031	0,049	0,109
VR	0,012	0,045	0,067



Metodologija vrednotenja ekološkega stanja s podpornimi splošnimi fizikalno-kemijskimi elementi, za vrednotenje stanja hranil (celotni fosfor)

Preglednica 4-10: Za ekološki tip reke značilne mejne vrednosti med razredi ekološkega stanja za podporni splošni fizikalno-kemijski parameter celotni fosfor (TP) izračunan kot mediana vrednosti TP

Ekološki tip reke - koda	izhodiščna vrednost	zelo dobro/dobro	dobro/zmerno
R_SI_4_KB-AL-D_1	0,003	0,019	0,036
R_SI_4_KB-AL-D_1_>700	0,003	0,019	0,036
R_SI_4_KB-AL-D_1_KI	0,003	0,019	0,036
R_SI_4_KB-AL-D_1_LI	0,003	0,019	0,036
R_SI_4_KB-AL-D_1_Pres	0,003	0,019	0,036
R_SI_4_SI-AL_1	0,003	0,019	0,036
R_SI_4_SI-AL_1_>700	0,003	0,019	0,036
R_SI_4_PA-hrib-D_1	0,003	0,019	0,036
R_SI_4_PA-hrib-D_1_KI	0,003	0,019	0,036
R_SI_4_PA-hrib-D_1_Pres	0,003	0,019	0,036
R_SI_4_KB-AL-J_1	0,003	0,019	0,036
R_SI_4_KB-AL-J_1_>700	0,003	0,019	0,036
R_SI_4_KB-AL-J_1_KI	0,003	0,019	0,036
R_SI_4_PA-hrib-J_1	0,003	0,019	0,036
R_SI_4_PA-hrib-J_1_KI	0,003	0,019	0,036
R_SI_4_PA-hrib-J_1_Mean	0,003	0,019	0,036
R_SI_4_KB-AL-D_2	0,005	0,013	0,098
R_SI_4_KB-AL-D_2_IiJ	0,005	0,013	0,098
R_SI_4_KB-AL-D_2_KI	0,005	0,013	0,098
R_SI_4_SI-AL_2	0,005	0,013	0,098
R_SI_4_PA-hrib-D_2	0,005	0,013	0,098
R_SI_4_KB-AL-J_2	0,005	0,013	0,098
R_SI_4_KB-AL-J_2_KI	0,005	0,013	0,098
R_SI_4_PA-hrib-J_2	0,005	0,013	0,098
R_SI_4_PA-hrib-J_2_KI	0,005	0,013	0,098
R_SI_5_ED-kras_1	0,010	0,022	0,129
R_SI_5_ED-kras_1_KI_Mean	0,010	0,022	0,129
R_SI_5_ED-kras_1_KI_Pres_Mean	0,010	0,022	0,129
R_SI_5_ED-kras_1_OKI_Pres	0,010	0,022	0,129
R_SI_5_ED-kras_1_PerPop	0,010	0,022	0,129
R_SI_5_ED-hrib_1	0,010	0,022	0,129
R_SI_5_ED-hrib_1_KI	0,010	0,022	0,129
R_SI_5_PD-hrib-ravni_1	0,010	0,022	0,129
R_SI_5_PD-hrib-ravni_1_KI_Mean	0,010	0,022	0,129
R_SI_5_PD-hrib-ravni_1_Mean	0,010	0,022	0,129
R_SI_5_PD-hrib-ravni_1_OKI_Pres	0,010	0,022	0,129
R_SI_5_ED-kras_2_KI_Mean	0,007	0,018	0,098
R_SI_5_ED-kras_2_KI_Pres_Mean	0,007	0,018	0,098
R_SI_5_ED-kras_2_PerPop	0,007	0,018	0,098
R_SI_5_ED-hrib_2_KI	0,007	0,018	0,098



Ekološki tip reke - koda	izhodiščna vrednost	zelo dobro/dobro	dobro/zmerno
R_SI_5_PD-hrib-ravni_2_KI	0,007	0,018	0,098
R_SI_5_PD-hrib-ravni_2_KI_Mean	0,007	0,018	0,098
R_SI_5_PD-hrib-ravni_2_Mean	0,007	0,018	0,098
R_SI_5_SM-hrib-brez_1	0,008	0,016	0,048
R_SI_5_SM-hrib-brez_1_Pres	0,008	0,016	0,048
R_SI_5_SM-hrib-s_1	0,008	0,016	0,048
R_SI_5_SM-hrib-s_1_Pres	0,008	0,016	0,048
R_SI_5_Obalna_1_Pres	0,008	0,016	0,048
R_SI_5_SM-hrib-brez_2	0,013	0,023	0,051
R_SI_5_SM-hrib-brez_2_Pres	0,013	0,023	0,051
R_SI_5_SM-hrib-s_2_KI	0,013	0,023	0,051
R_SI_3_Vip-Brda_1	0,020	0,046	0,149
R_SI_11PN-gric_1	0,020	0,046	0,149
R_SI_11PN-zALvpliv_1	0,020	0,046	0,149
R_SI_11PN-KrBr-kotl_1	0,020	0,046	0,149
R_SI_3_Vip-Brda_2	0,038	0,084	0,205
R_SI_11PN-gric_2	0,038	0,084	0,205
R_SI_11PN-zALvpliv_2	0,038	0,084	0,205
R_SI_11PN-KrBr-kotl_2	0,038	0,084	0,205
R_SI_5_PD-hrib-ravni_3_KI	0,020	0,026	0,083
R_SI_5_PD-hrib-ravni_3_Mean	0,020	0,026	0,083
R_SI_11PN-zALvpliv_3	0,031	0,049	0,109
R_SI_11PN-KrBr-kotl_3	0,031	0,049	0,109
R_SI_4_VR1-AL-Sa	0,012	0,045	0,067
R_SI_5_VR2-So	0,012	0,045	0,067
R_SI_5_VR3-DN-Sa	0,012	0,045	0,067
R_SI_5_VR4-Lj	0,012	0,045	0,067
R_SI_5_VR5-Ko	0,012	0,045	0,067
R_SI_11_VR6-PN-Sa-raz	0,012	0,045	0,067
R_SI_11_VR6-PN-Sa-neraz	0,012	0,045	0,067
R_SI_11_VR7-Kk	0,012	0,045	0,067
R_SI_11_VR8-medAL-Dr	0,012	0,045	0,067
R_SI_11_VR9-Mu-ravDr	0,012	0,045	0,067



5 RAZPRAVA

Celotni fosfor (TP) je eden od podpornih splošnih fizikalno-kemijskih parametrov za vrednotenje ekološkega stanja (Uradni list 14/09). Je parameter, ki odraža stanje hranil v vodi (Direktiva 2000/60/ES). Pogosto je ključni omejujoč dejavnik rasti primarnih producentov (Wolfram in sod. 2009). Tako kot v drugih raziskavah (npr. Rott in sod. 1999, Urbanič in Kosi 2012) smo tudi mi ugotovili, da obstaja dobra povezava med vrednostmi trofičnega indeksa (TI) izračunanega na podlagi fitobentosa in vrednostmi TP. Najboljšo povezavo smo ugotovili za mediane vrednosti TP izračunane na podlagi podatkov pridobljenih v koledarskem letu. Statistike kot so 90-ti percentil vrednosti TP, maksimalna vrednost TP in vrednost TP izmerjena v sezoni vzorčenja fitobentosa so bile nekoliko slabše soodvisne z vrednostmi TI, vendar so korelacije še vedno presegale vrednost Spearman $\rho = 0,6$. Glede na rezultate soodvisnosti in dejstvo, da v koledarskem letu pogosto opravimo le štiri meritve podpornih splošnih fizikalno-kemijskih parametrov (Direktiva 2000/60/ES, Uradni list 14/09, 10/09), predlagamo, da se kot podporni element vrednotenja ekološkega stanja uporabljajo mejne vrednosti določene za mediane vrednosti TP.

Podporne fizikalno-kemijske elemente kakovosti pri razvrščanju vodnih teles v razrede ekološkega stanja uporabimo šele, ko smo vodno telo razvrstili na podlagi bioloških elementov kakovosti in je bilo vodno telo uvrščeno v razred zelo dobro ali dobro ekološko stanje (Uradni list 14/09). Ker je TP element kakovosti, ki podpira biološke elemente, je pomembno, da so usklajene vsaj mejne vrednosti dobro/zmerno ekološko stanje med biološkimi elementi in tistimi podpornimi elementi, na katere obstaja neposredni odziv združb organizmov. Ker med TP in trofičnim indeksom obstaja dobra povezava, smo mejne vrednosti dobro/zmerno za TP določili tako, da so mejne vrednosti usklajene z mejnimi vrednostmi dobro/zmerno stanje ugotovljenimi za trofični indeks (Kosi in sod. 2006, Urbanič in Kosi 2012). Težava je bila, ker smo za nekatere skupine TP imeli na voljo premalo bioloških podatkov z vzorčnih mest, kjer je bilo ovrednoteno dobro ali zelo dobro stanje na podlagi trofičnega indeksa. V teh primerih smo mejne vrednosti določili na podlagi kombinacije ekspertnega mnenja in regresijskih modelov. V prihodnosti bi bilo treba pridobiti dodatne podatke z vzorčnih mest z dobrim in zelo dobrim ekološkim stanjem, da bi ustreznost ugotovljenih mejnih vrednosti na podlagi regresijskih modelov lahko preverili in ustrezno dopolnili.

Mejne vrednosti med razredi ekološkega stanja smo podali tudi za vrednosti izmerjene v sezoni vzorčenja fitobentosa. Ugotovili smo, da obstajajo dobre povezave med temi individualnimi vrednostmi TP in vrednostmi median TP. Tudi korelacija med individualnimi vrednostmi TP in vrednostmi trofičnega indeksa je bila visoka oz. primerljivo visoka kot med TI in vrednostmi median TP. Vzrok dobre povezave je verjetno v dejstvu, da se vzorčenje fitobentosa izvaja v sezonah nizkih vodostajev in ugodnih temperaturnih razmer (za večino rek poleti), ko je vpliv hranil na združbe organizmov lahko največji. Vrednost TP izmerjena v poletnem obdobju je lahko dober podporni parameter za vrednotenje ekološkega stanja s fitobentosom in bi ga lahko uporabili, kadar bi bilo treba narediti analize ekološkega stanja oz. oceno potencialnega vpliva obremenitve na vodni ekosistem v relativno kratkem času.

Mejne vrednosti med razredi ekološkega stanja smo določili za parameter TP kot podporni splošni fizikalno-kemijski element. Na podlagi tega parametra bomo sedaj lahko vrednotili stanje, vendar ocena stanja reke ne more biti narejena le na podlagi podpornih

Metodologija vrednotenja ekološkega stanja s podpornimi splošnimi fizikalno-kemijskimi elementi, |
za vrednotenje stanja hranil (celotni fosfor)



elementov, ampak le v kombinaciji z biološkimi elementi, ki odražajo odzive združbe organizmov na obremenitve, ki jih s podpornimi elementi merimo.



6 VIRI

Direktiva 2000/60/ES Evropskega parlamenta in Sveta z dne 23. oktobra 2000. Bruselj, 72 str.

Kosi G., Šiško M., Bricelj M., Urbanič G., Grbovič J., Rotar B., Stanič K. Prilagoditev trofičnega indeksa zahtevam Vodne direktive (Direktiva 2000/60/ES) za vrednotenje ekološkega stanja rek v Sloveniji na podlagi fitobentosa : (zaključno poročilo). Ljubljana: Nacionalni inštitut za biologijo, 2006.

Rott E., Binder N., Van Dam H., Ortler K., Pall K., Pfister P., Pipp E. (1999). Indikationslisten für Aufwuchsalgen. Teil 2: Trophieindikation und autökologische Anmerkungen. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft Wien

Uradni list 10/2009. Pravilnik o monitoringu stanja površinskih voda, str. 832

Uradni list RS 14/2009 Uredba o stanju površinskih voda, str. 1757

Urbanič G., Smolar-Žvanut N. (2005). Kriteriji za izbor referenčnih mest. V: Urbanič G. (ur.) Ekološko stanje za reke in jezera, poročilo o delu v letu 2005. Inštitut za vode Republike Slovenije, Ljubljana, str. 19-25

Urbanič G., Ambrožič Š., Toman M. J., Rotar B., Grbovič J. (2006). Prilagoditev saprobnega indeksa zahtevam vodne direktive (Direktiva 2000/60/ES) za vrednotenje ekološkega stanja rek v Sloveniji na podlagi bentoških nevretenčarjev. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo, 130 str.

Urbanič G. (2007). Tipologija rek v Sloveniji. V: Urbanič, G. (ur.). Dopolnitev referenčnih razmer. Končno poročilo o delu v letu 2007. Inštitut za vode RS, Ljubljana, str. 4-13

Urbanič G. (2008a). Inland water sub-ecoregions and bioregions of Slovenia. *Natura Sloveniae* 10: 5-19

Urbanič G. (2008b). Redelineation of European Inland water Ecoregions in Slovenia. *Review of Hydrobiology* 1: 17-25

Urbanič G. (2011a). Ecological status assessment of rivers in Slovenia – an overview. *Natura Sloveniae* 13: 5-16

Urbanič G. (2011b). Ekološki tipi rek - dopolnitev. Inštitut za vode Republike Slovenije, Ljubljana. 7 str.

Urbanič G., Kosi G. (2012). Phyto-benthos-based assessment of the ecological status of large rivers in Slovenia. Institute for Water of the Republic of Slovenia, Ljubljana

Wolfram G., Remec-Rekar Š., Urbanič G. (2009). Reference conditions and WFD compliant class boundaries for phytoplankton biomass and chlorophyll-a in Alpine lakes. *Hydrobiologia* (Den Haag), vol. 633, no. 1, str. 45-58