

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*



Jamova cesta 2
1000 Ljubljana, Slovenija
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

DRUGG – Digitalni repozitorij UL FGG
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvirna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

Majcen, A., 2013. Analiza hidroloških metod za ocenjevanje ekološko sprejemljivega pretoka. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Mikoš, M., somentor Smolar-Žvanut, N.): 94 str.

University
of Ljubljana

Faculty of
*Civil and Geodetic
Engineering*



Jamova cesta 2
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

DRUGG – The Digital Repository
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is original version of final thesis.

When citing, please refer to the publisher's bibliographic information as follows:

Majcen, A., 2013. Analiza hidroloških metod za ocenjevanje ekološko sprejemljivega pretoka. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Mikoš, M., co-supervisor Smolar-Žvanut, N.): 94 pp.

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



Jamova 2
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500
faks (01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si

UNIVERZITETNI ŠTUDIJ
VODARSTVA IN
KOMUNALNEGA
INŽENIRSTVA

Kandidatka:

ANJA MAJCEN

**ANALIZA HIDROLOŠKIH METOD ZA OCENJEVANJE
EKOLOŠKO SPREJEMLJIVEGA PRETOKA**

Diplomska naloga št.: 212/VKI

**THE ANALYSIS OF HYDROLOGIC METHODS USED
FOR THE DETERMINATION OF THE
ENVIRONMENTAL FLOW**

Graduation thesis No.: 212/VKI

Mentor:

prof. dr. Matjaž Mikoš

Predsednik komisije:

doc. dr. Dušan Žagar

Somentorica:

asist. dr. Nataša Smolar Žvanut

Član komisije:

izr. prof. dr. Jože Panjan

Ljubljana, 25. 10. 2013

STRAN ZA POPRAVKE

Stran z napako	Vrstica z napako	Namesto	Naj bo

IZJAVE

Podpisana **ANJA MAJCEN** izjavljam, da sem avtorica diplomskega dela z naslovom
»**ANALIZA HIDROLOŠKIH METOD ZA DOLOČANJE EKOLOŠKO SPREJEMLJIVEGA
PRETOKA**«.

Izjavljam, da je elektronska različica v vsem enaka tiskani različici.

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v repozitoriju UL FGG.

Ljubljana, 28. 9. 2013

Anja Majcen

BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	502 : 532.5 : 627.1 (043.2)
Avtor:	Anja Majcen
Mentor:	prof. dr. Matjaž Mikoš
Somentorica:	doc. dr. Nataša Smolar-Žvanut
Naslov:	Analiza hidroloških metod za določanje ekološko sprejemljivega pretoka
Tip dokumenta:	Diplomska naloga – univerzitetni študij
Obseg in oprema:	94 str., 22 preg., 16 sl., 1 pril.
Ključne besede:	ekološko sprejemljiv pretok, hidrologija, vodna zakonodaja

IZVLEČEK

V diplomski nalogi so z uporabo konkretnih podatkov iz vodomernih postaj v SZ delu Slovenije izračunani ekološko sprejemljivi pretoki po izbranih hidroloških metodah, ki se uporabljajo in/ali so zakonsko določene v Sloveniji, Švici, Nemčiji, Avstriji, Italiji, Bosni in Hercegovini, ter po Tennantovi metodi. Cilj diplomske naloge je bil s primerjavo in analizo vrednosti izračunanih po različnih metodah ugotoviti, kakšne so razlike in odstopanja med različnimi metodami ocenjevanja ekološko sprejemljivega pretoka, ter oceniti primernost izbrane metodologije, ki jo je Republika Slovenija sprejela v Uredbi o kriterijih za določitev ter načinu spremljanja in poročanja ekološko sprejemljivega pretoka (Ur.l. RS, št. 97/2009). Vrednosti Qes izračunane po slovenski Uredbi o Qes (2009) so najbolj podobne vrednostim, ki so bile izračunane po metodi iz Bosne in Hercegovine, če jih uporabimo za izračun specifičnih pretokov, pa primerljive tudi z vrednostmi specifičnih pretokov, potrebnih za zagotovitev Qes na gorskih vodotokih v Italiji.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC: 502 : 532.5 : 627.1 (043.2)
Author: Anja Majcen
Supervisor: Prof. Matjaž Mikoš, PhD.
Cosupervisor: Assist. Prof. Nataša Smolar-Žvanut, PhD.
Title: The analysis of hydrologic methods used for the determination of the environmental flow
Document type: Graduation Thesis – University studies
Scope and tools: 94 p., 22 tab., 16 fig., 1 ann.
Keywords: environmental flow, hydrology, water legislation

SUMMARY

In the diploma thesis, concrete data from gauging stations located in the northwestern part of Slovenia are used to calculate environmental flow according to the selected hydrologic methods that are used and/or are specified by legislation in Slovenia, Switzerland, Germany, Austria, Italy, Bosnia and Herzegovina as well as the Tennant method. The aim of the diploma thesis has been to determine the differences and deviations between different methods and evaluate the suitability of the selected methodology accepted by the Republic of Slovenia in the Decree on the criteria for determination and on the mode of monitoring and reporting on environmental flow (OG RS, No. 97/ 2009) by comparing and analyzing values calculated through various methods. Qes values calculated according to the Slovene Decree on Qes (2009) are most similar to the values calculated according to the method used in Bosnia and Herzegovina, and if they are used to calculate specific flows are also comparable to the specific flows required to ensure Qes on alpine streams in Italy.

ZAHVALA

Za vso pomoč, napotke in usmerjanje pri pisanju diplomske naloge se iskreno zahvaljujem mentorju prof. dr. Matjažu Mikošu in somentorici doc. dr. Nataši Smolar-Žvanut.

Hvala tudi vsem mojim: staršem za podporo in spodbudo, sošolcem, prijateljem in L-ju pa za nepozabna študentska leta.

KAZALO VSEBINE

STRAN ZA POPRAVKE.....	I
IZJAVE	II
BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK	III
BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT	IV
ZAHVALA	V
KAZALO VSEBINE	VI
KAZALO PREGLEDNIC.....	VIII
KAZALO SLIK.....	X
1 UVOD	1
2 EKOLOŠKO SPREJEMLJIV PRETOK	2
2.1 Cilji pri določanju Qes	3
2.2 Zakonska podlaga	4
3 RAZVOJ METOD ZA DOLOČANJE EKOLOŠKO SPREJEMLJIVEGA PRETOKA	6
3.1 Geomorfološke zahteve vodnih ekosistemov	7
3.2 Podlaga	9
3.2 Ohranjanje mokrišč, obrežne in poplavne vegetacije	10
3.3 Pretočne zahteve za ohranitev ribjih populacij	11
3.4 Pretočne zahteve za ohranitev vodnih nevretenčarjev	11
4 METODE ZA DOLOČANJE EKOLOŠKO SPREJEMLJIVEGA PRETOKA	13
4.1 Hidrološke metode.....	14
4.1.1. Metode za približno oceno in tabelarične vrednosti	14
4.1.2 Namizne analize	16

4.2 Hidravlične metode.....	18
4.3 Metode simulacije habitatov	19
4.4 Celovite metodologije	22
5 PRIMERJALNA ANALIZA HIDROLOŠKIH METOD	24
5.1 Hidrološki podatki v Republiki Sloveniji.....	24
5.2 Krivulje trajanja pretokov	34
5.3 Ekološko sprejemljiv pretok	36
5.3.1 Slovenija	36
5.3.2 Švica.....	44
5.3.3 Nemčija.....	48
5.3.4 Avstrija.....	55
5.3.5 Italija	58
5.3.6 Bosna in Hercegovina	62
5.3.7 Tennantova metoda	65
5.4 Primerjava metod in razprava.....	68
6 ZAKLJUČEK.....	87
VIRI	89

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Značilnosti bioregij v Sloveniji.....	29
Preglednica 2: Velike reke v Sloveniji.....	30
Preglednica 3: Podatki o izbranih vodomernih postajah	33
Preglednica 4: Skupine ekoloških tipov vodotokov za izračun Qes	38
Preglednica 5: Vrednosti faktorja f za izračun Qes pri nepovratnem odvzemu	40
Preglednica 6: Vrednosti faktorja f za izračun Qes pri povratnem odvzemu	41
Preglednica 7: Vrednosti ekološko sprejemljivega pretoka na izbranih vodomernih postajah izračunane po Uredbi o Qes	42
Preglednica 8: Mejne vrednosti ekološko sprejemljivih pretokov za velikostne skupine vodotokov.	44
Preglednica 9: Vrednosti ekološko sprejemljivega pretoka na izbranih vodomernih postajah, izračunane po Zakonu o varstvu voda.....	47
Preglednica 10: Vrednosti ekološko sprejemljivega pretoka na izbranih vodomernih postajah, izračunane za 4 zvezne dežele.	54
Preglednica 11: Izhodiščne vrednosti Qes, ki so zakonsko določene v Avstriji.....	56
Preglednica 12: Vrednosti ekološko sprejemljivega pretoka na izbranih vodomernih postajah, izračunane po 2 metodah, ki se uporabljata v Avstriji.....	57
Preglednica 13: Vrednosti ekološko sprejemljivega pretoka na izbranih vodomernih postajah	61
Preglednica 14: Vrednosti ekološko sprejemljivega pretoka na izbranih vodomernih postajah, izračunane po Pravilniku o načinu določanja ekološko sprejemljivega pretoka.	64
Preglednica 15: Odstotek srednjega letnega pretoka in pripadajoče stanje vodnega habitata po metodi Tennant.....	66
Preglednica 16: Vrednosti ekološko sprejemljivega pretoka na izbranih vodomernih postajah, izračunane po metodi Tennant.....	67

Preglednica 17: Vrednosti ekološko sprejemljivih pretokov po zgoraj opisanih metodah.....	75
Preglednica 18: Primerjava najvišjih in najnižjih vrednosti Qes	79
Preglednica 19: Vrednosti specifičnih pretokov, izračunanih na izbranih vodomernih postajah.	80
Preglednica 20: Primerjava specifičnih pretokov izračunanih na izbranih vodomernih postajah	82
Preglednica 21: Analiza male hidroelektrarne na vodotoku Brugga, v kraju Dietenbach	85
Preglednica 22: Učinek predlaganih predpisov o Qes v Švici, Avstriji in Nemčiji na primeru male hidroelektrarne na srednjem gorskem vodotoku.....	86

KAZALO SLIK

Slika 1: Komponente naravnega pretočnega režima.	3
Slika 2: Integracija hidrologije in ved o ekosistemih vključuje različne koncepte za vsako posamezno vrsto ekosistema. Trajnostno urejanje voda temelji na teh informacijah, na določitev pristopov za upravljanje z vodami pa vplivajo tudi drugi dejavniki.....	6
Slika 3: Prikaz odnosov med hidrologijo, hidravliko, geomorfologijo in ekologijo v strugi vodotoka.	9
Slika 4: Število metod za določanje ekološko sprejemljivega pretoka po skupinah in njihov delež v primerjavi s skupnim številom metod.	14
Slika 5: Primer krivulje omočenega oboda v odvisnosti od pretoka in prelomne točke	19
Slika 6: Mreža vseh vodomernih postaj.....	25
Slika 7: Hidroekoregije v Sloveniji	26
Slika 8: Hidroekoregije in subhidroekoregije v Sloveniji.....	27
Slika 9: Bioregije v Sloveniji	28
Slika 10: Uporabljeni nizi podatkov v letih za 26 izbranih vodomernih postaj.....	31
Slika 11: Krivulje trajanja pretokov za izbrane vodomerne postaje	35
Slika 12: Grafični prikaz metode za določanje Qes v Švici.	44
Slika 13: Primerjava vrednosti specifičnih pretokov med metodo Jäger in slovensko metodo.	83
Slika 14: Primerjava vrednosti specifičnih pretokov med italijansko in slovensko metodo.	83
Slika 15: Primerjava vrednosti specifičnih pretokov med metodo v Bosni in Hercegovini ter slovensko metodo.	84
Slika 16: Zmanjšanje učinkovitosti v odvisnosti od ekološko sprejemljivega pretoka.	86

1 UVOD

Zaradi vse večjega izkoriščanja vodnih virov in odvzema vode iz vodotokov za potrebe hidroenergije, pitne vode, industrije, namakanja ali turizma se je pojavila potreba po optimizaciji strategij za upravljanje z vodami. Zahteve po ekološko sprejemljivem pretoku so se pojavile z opredelitvijo minimalnih pretokov. Izkazalo se je, da zagotavljanje minimalnih pretokov v vodotokih ni dovolj za ohranitev vodnih ekosistemov. Pri opredelitvi ekološko sprejemljivega pretoka je tako potrebno upoštevati značilnosti naravnih pretokov (Poff in sod., 1997 cit. po Mielach in sod., 2012).

Različni avtorji ocenjujejo, da je razvitih že več kot 200 različnih metod za določanje ekološko sprejemljivega pretoka (Tharme, 2003). Težko je določiti, katera metoda je najboljša in za dano situacijo tudi najprimernejša, zato se po navadi ekološko sprejemljiv pretok (tudi okoljski pretok, ekološki pretok) določi po več metodah, rezultati pa se med sabo primerjajo v študiji. Slovenija je leta 2009 s sprejetjem Uredbe o kriterijih za določitev ter načinu spremljanja in poročanja ekološko sprejemljivega pretoka (Ur.l. RS, št. 97/2009) uzakonila enotno metodologijo za določanje ekološko sprejemljivega pretoka. V Uredbi je jasno predpisan način določitve ekološko sprejemljivega pretoka z upoštevanjem različnih parametrov. Vrednost ekološko sprejemljivega pretoka se določi v vodnem dovoljenju na podlagi strokovnega mnenja, ki ga izdelata pooblaščenca oseba na podlagi metodologije določene v Uredbi (2009).

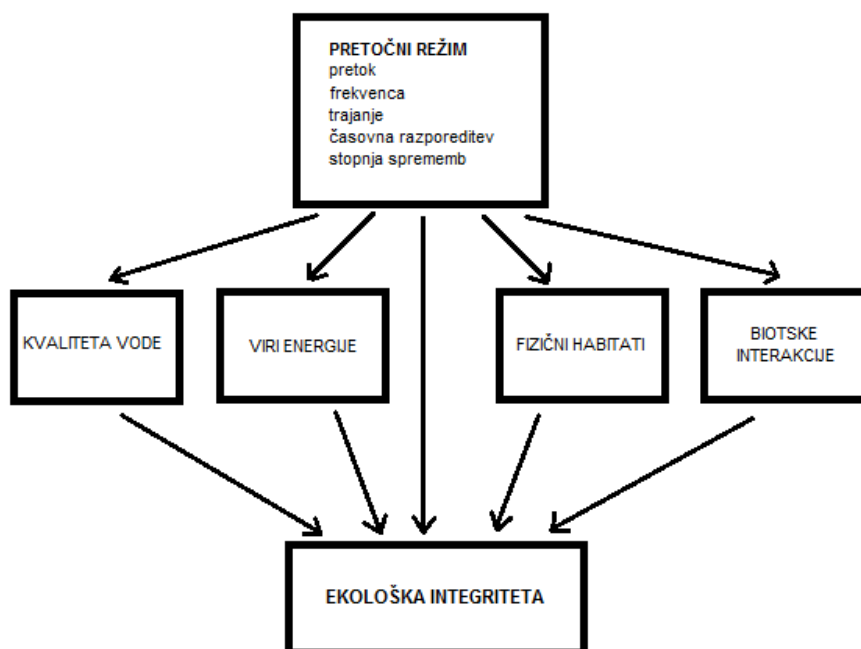
Namen diplomskega dela je bil izračunati vrednosti ekološko sprejemljivih pretokov na izbranih vodomernih postajah v Sloveniji po metodologiji, ki je določena v Uredbi (2009). Z uporabo podatkov iz vodomernih postaj sem izračunala tudi vrednosti ekološko sprejemljivih pretokov po hidroloških metodah, ki so v uporabi v izbranih evropskih državah. Cilj tega dela je bil s primerjavo in analizo rezultatov med različnimi metodami ugotoviti, koliko se vrednosti ekološko sprejemljivih pretokov razlikujejo med sabo, ter oceniti primernost izbrane metodologije, ki jo je Slovenija sprejela v Uredbi (2009).

2 EKOLOŠKO SPREJEMLJIV PRETOK

Družbeni interes za obnovo rečnih ekosistemov povsod po svetu narašča. Večina teh aktivnosti je osredotočenih na obnovo ali zaščito nekaterih podobnosti naravnih rečnih pretokov, potrebnih za podporo izboljšanja stanja ekosistema. Večina teh obnovitvenih aktivnosti je spodbujenih s strani zakonodaje ali političnih odločitev, ki zahtevajo ponovno presojo delovanja zajezitev ali zahtevajo boljšo zaščito stanja rek. Potrebam rečnih ekosistemov po vodi je namenjeno vse več pozornosti pri dejavnostih oskrbe z vodo (Richter in sod., 2006).

Upravljanje z vodotoki zato zahteva tudi določitev tiste količine vode, ki je potrebna za izpolnjevanje ekoloških potreb od vode odvisnih organizmov vzdolž rečnega koridorja (Petts, 2007). Tako se je pojavila potreba po določitvi tiste količine in kvalitete vode (ekološko sprejemljiv pretok), ki zagotavlja ohranjanje naravnega ravnovesja v vodotoku in ob njem ter zagotavlja obstoj in reprodukcijo vodnih organizmov v različnih hidroloških okoljih in vodotokih, od habitatov na brzicah do tistih na zajezitvah. Ekološko sprejemljiv pretok ni konstanten vzdolž vodotoka, ampak se spreminja prostorsko glede na lokacijo in tip odvzema vode, ki je prisoten vzdolž vodotoka (Smolar-Žvanut in sod., 2008).

Po podatkih Mednarodnega vodnogospodarskega inštituta (International Water Management Institute, IWMI, 2008 cit. po Mielach in sod., 2012) ne obstaja splošno dogovorjena opredelitev izraza ekološko sprejemljiv pretok (ang. environmental flow). Danes velja splošno strinjanje, da je za zaščito biotske raznovrstnosti tekočih voda potrebno posnemanje raznolikosti naravnih pretokov ob upoštevanju obsega, pogostosti, časa, trajanja, hitrosti sprememb, predvidljivosti dogodkov (poplave, suše) ter zaporedja vseh teh pogojev (Arthington in sod., 2006). Zagotavljanje ekološko sprejemljivih pretokov v večini primerov ne more vrniti vodotoka v njegovo naravno stanje, temveč skuša upoštevati ekološke zahteve skupaj s socialnimi in ekonomskimi potrebami (Mielach in sod., 2012).



Slika 1: Komponente naravnega pretočnega režima (po Karr, 1991, prirejeno po Mielach in sod., 2012).

2.1 Cilji pri določanju Qes

Cilj upravljanja z ekosistemi je vzdrževati integriteto ekosistemov z varovanjem avtohtone biodiverzitete in ekoloških procesov, ki biodiverzitetu ustvarjajo in vzdržujejo. Za vzdrževanje naravne biodiverzitete v celinskih vodah, obrežnih in močvirnih ekosistemih, je nujno zagotavljanje spremenljivosti hidroloških režimov med letom (Richter in sod. 1996).

Ekološko sprejemljiv pretok je določen z namenom, da bi zagotavljal kvantitativno in kvalitativno dovolj vode za:

- omejitev rasti perifitona v strugi, da ta ne preseže naravnih razmer;
- zagotovitev, da se vrstna sestava ne bo spremenila za več kot 20–30% v primerjavi z vrstno sestavo pred odvzemom vode;
- ohranitev obstoječe raznolikosti tipov vodnih habitatov;
- ohranitev ustrezne kvalitete vode za organizme v strugi;
- zagotovitev, da voda ne zastaja;
- preprečitev radikalnih sprememb fizikalno-kemijskih lastnosti vode (Smolar-Žvanut in sod., 2008).

2.2 Zakonska podlaga

Skrb za ohranjanje biotske raznovrstnosti, izboljšanje stanja ter celovita obnova ekosistemov so kot prednostne naloge vgrajene tudi v strateških dokumentih, kot je Evropska vodna direktiva (Water Framework Directive, 2000/60/EC-WFD) (Barth in Fawell 2001, cit. po Petts, 2007), ki je v Evropski uniji eden glavnih dokumentov na področju varstva in urejanja voda. Vodna direktiva daje državam članicam pravna in strokovna izhodišča za skupno upravljanje čezmejnih vodotokov, vodonosnikov in morja. S spreminjanjem in dopolnjevanjem predpisov, strategij in zakonov se evropska direktiva prenaša v nacionalno zakonodajo.

Evropska unija je s sprejemom Evropske vodne direktive uvedla globalen in enoten pristop k zakonodaji o vodah. Cilj Evropske vodne direktive je varovanje in ohranjanje čistih voda po vsej Evropi ter zagotavljanje njihove dolgoročne in trajnostne rabe. Ker zaradi velikega števila različnih ekosistemov po Evropi ne bi bilo smiselno uporabljati ene metode za ocenjevanje vseh vodnih teles, Evropska vodna direktiva namesto metode določa skupno opredelitev »dobrega ekološkega stanja«, ki jo morajo članice uporabiti pri izdelavi svojih metod ocenjevanja. Direktiva opredeljuje štiri skupne »elemente kakovosti«, na podlagi katerih se ugotavlja ekološko stanje: fitoplankton, drugo vodno rastlinstvo, bentoški nevretenčarji in ribe (Obvestila o vodi: izvajanje okvirne direktive o vodah, 2008). Določa tudi petstopenjsko lestvico za ocenjevanje kakovosti površinskih voda od »zelo dobrega«, »dobrega«, »zmerno dobrega«, »slabega« do »zelo slabega«, pri čemer naj bi do leta 2015 vsa vodna telesa dosegla razred »dobrega« stanja (Izvajanje vodne direktive v Sloveniji, 2006). Direktiva državam članicam določa posebne roke za doseganje okoljskih ciljev na področju vodnih ekosistemov. Za doseg ciljev morajo države članice pripraviti programe ukrepov za vsako vodno območje (ali del mednarodnega vodnega območja), ki leži na njihovem ozemlju (Obvestila o vodi: izvajanje okvirne direktive o vodah, 2008).

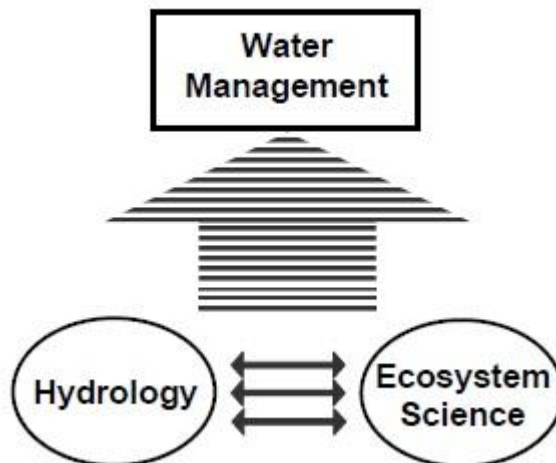
Nekatere države so že sprejele zakonsko določene natančne predpise, po katerih se določa ekološko sprejemljiv pretok, v sklopu nacionalnih zakonov na področju urejanja voda. V drugih, kjer določanje ekološko sprejemljivega pretoka ni zakonsko definirano, pa se predpisi navajajo v okoljskih zakonih in zakonu o vodah posredno, kot nekakšne smernice, ki jih je pri upravljanju z vodami potrebno upoštevati.

Ekološko sprejemljiv pretok se v Sloveniji določa na podlagi sprejete Uredbe o kriterijih za določitev ter načinuspremljanja in poročanja ekološko sprejemljivega pretoka (Ur.l. RS, št. 97/2009). Uredba določa kriterije za določitev ekološko sprejemljivega pretoka (Qes) ter način spremljanja in poročanja o ekološko sprejemljivem pretoku. Uporablja se za posebno rabo površinske vode, ki lahko povzroči zmanjšanje pretoka vode, znižanje gladine ali

poslabšanje stanja vode, prav tako se uporablja za posebno rabo površinske vode iz izvirov ter tudi za rabo površinske vode za bogatenje podzemne vode za oskrbo prebivalcev s pitno vodo (Ur.l. RS, št. 97/2009). Namen Uredbe je določitev izhodišč in kriterijev za določitev Qes, ki so skladni z zahtevami evropske zakonodaje s področja upravljanja z vodami.

3 RAZVOJ METOD ZA DOLOČANJE EKOLOŠKO SPREJEMLJIVEGA PRETOKA

Tradicionalno upravljanje z vodami temelji na informacijah, ki izvirajo iz hidrologije. Celostni pristop k upravljanju z vodami je odvisen od integriranega študija hidroloških in ekoloških procesov (Slika 2). Kakorkoli, znanost sama ne določa upravljanja. Celovit pristop upravljanja z vodami poleg znanstvenega znanja določajo še drugi dejavniki (Nuttle, 2002). Veliko agencij in znanstvenih krogov na splošno priznava potrebo in potencialne koristi, ki izhajajo iz okoljskih raziskav, ki prečkajo tradicionalne znanstvene discipline. Ta potreba po interdisciplinarnih raziskavah je povečala zanimanje za hibridno disciplino »ekohidrologijo«. Ekohidrologija poskuša pojasniti, kako hidrološki procesi vplivajo na porazdelitev, zgradbo, funkcijo in dinamiko življenjskih združb, ter povratni učinek, kako življenjske združbe vplivajo na vodni krog (Newman in sod. 2006).



Slika 2: Integracija hidrologije in ved o ekosistemih vključuje različne koncepte za vsako posamezno vrsto ekosistema. Trajnostno urejanje voda temelji na teh informacijah, k določitvi pristopov za upravljanje z vodami pa vplivajo tudi drugi dejavniki (Nuttle, 2002).

Ekohidrologija je znanstveni koncept, ki se uporablja za reševanje problemov pri okoljskih vprašanjih. Trenutna praksa, ki se za reševanje okoljskih problemov opira skoraj izključno na inženirske posege, je neuspešna pri obnovitvi vodnega okolja do nivoja, na katerem se lahko ohranja zahtevana kvaliteta življenja. Ekohidrologija temelji na sposobnosti, da se znanstveno količinsko opredelijo in pojasnijo odnosi med hidrološkimi procesi in biotsko dinamiko na nivoju povodja, ter te procese manipulira, da bi povečali stabilnost vodnega sistema in s tem njegovo sposobnost za spopadanje z obremenitvami, ki jih povzroča človek (Chícharo in Chícharo, 2006).

Priznavanje potrebe po ugotavljanju, v kolikšni meri je naravni pretočni režim vodotoka možno spreminjati za namene razvoja in upravljanja z vodnimi viri, hkrati pa ohranjati celovitost rečnih sistemov in sprejemljivo stopnjo degradacije, je zagotovilo spodbudo za razvoj relativno nove potrebe po določanju ekološko sprejemljivega pretoka. Določanje ekološko sprejemljivega pretoka za vodotok se lahko preprosto opredeli kot ocena, kolikšna količina prvotnega pretoka vodotoka mora še naprej teči dolvodno in po poplavnih območjih, da se ohranjajo določene vrednotene značilnosti ekosistemov (Tharme in King, 1998 cit. po Tharme, 2003).

Koncept za določanje pretokov v strugi se je pojavil zaradi potrebe po vzpostavitvi obsega, v katerem se režim pretoka vodotoka lahko spreminja glede na naravno stanje, medtem ko se še vedno ohranja celovitost rečnega sistema (Tharme, 1996 cit. po McCosker, 1998). Prvotni pretočni režim naravnega pretoka se pogosto uporablja kot vodilo pri določanju elementov pretočnega režima, ki se štejejo kot bistveni za ohranjanje živih organizmov v vodotoku in ob njem (McCosker, 1998).

Tehnike za presojo zahtev ekološko sprejemljivih pretokov so lahko zelo enostavne, ki za oceno vrednosti minimalnih pretokov in pretočnih konic uporabljajo hidrološke zapise pretokov, ali pa gre za bolj sofisticirane postopke za modeliranje, ki povezujejo spremembe v rečnem pretoku z geomorfološkim in ekološkim odzivom. Novejše študije ekološko sprejemljivih pretokov so kombinacija številnih tehnik v širšem metodološkem okviru, zasnovane za zagotavljanje varstva vodnih ekosistemov (Arthington, 1998).

Metode za določanje ekološko sprejemljivih pretokov bi morale upoštevati različne zahteve vodnih ekosistemov, ki jih povzemamo v naslednjih poglavjih.

3.1 Geomorfološke zahteve vodnih ekosistemov

Pretok je ključnega pomena za rečne geomorfološke procese in ohranjanje morfologije rečne struge. Obstaja veliko literature, ki preučuje, kako spremembe v hidroloških razmerah vodijo do morfoloških sprememb. Morfologija struge je ključni dejavnik strukture habitatov, geomorfološki procesi (erozija, sedimentacija) pa imajo ekološke posledice. Geomorfološki procesi vplivajo tudi na človeško uporabo vodotokov in bližnjih zemljišč (navigacija, prečkanje vodotokov, pridobivanje peska in gramoza, poplavne površine, erozija bregov). Hidravlični, geomorfološki in ekološki odzivi na hidrološke spremembe so soodvisni. Tako mora biti določanje pretoka, potrebnega pri ohranjanju geomorfoloških procesov, bistven element pri določanju ekološko sprejemljivih pretokov (Brizga, 1998).

Po Millerju in Boultonu (2005) spremembe v vodnem režimu vodotoka vplivajo na:

- povečanje pogostosti in obsežnosti zelo močnih poplav,
- povečanje pogostosti erozivnih obrežnih poplav,
- povečanje letne prostornine površinskega odtoka,
- večje hitrosti vodnega toka,
- manjši vodni tok med sušo;

spremembe v geomorfologiji vodotoka pa vplivajo na:

- razširjenje in poglobljanje struge,
- povečanje erozije bregov,
- nestabilnost oz. gibljivost večjih usedlin,
- izgubo značilnega naravnega zaporedja tolmun/brzica,
- zadrževanje substrata v strugi,
- stopnjo odplavljanja in erozije,
- kanaliziranje,
- pregraditve struge, ki ustvarjajo ovire za ribe.

Morfologija struge je opredeljena kot velikost in oblika struge vodotoka. Spremenljivke, ki jih opredeljuje, vključuje, so oblika in velikost prečnega prereza struge (širina, globina, razmerje med širino in globino), valovna dolžina in amplituda meandrov, vijugavost, pregrade, oblike dna (zaporedje slapovi – tolmini, sipine). Morfologija struge je v študijah o ekološko sprejemljivem pretoku pomemben dejavnik, ker določa strukturo habitata in razpoložljivost habitatov (v primeru ožanja struge pride do izgube habitatov v njej), vpliva na poplavne procese in stabilnost brežin (odklanjanje toka zaradi pregrad lahko poveča erozijo), vpliva pa tudi na gibanje sedimentov (Brizga, 1998).

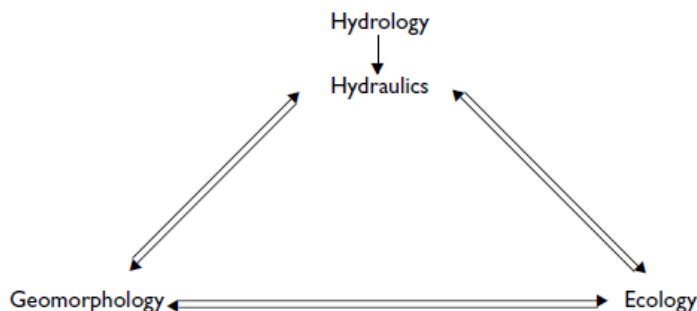
Transport sedimentov je pomemben dejavnik pri določanju ekološko sprejemljivega pretoka, saj vpliva na lastnosti dna (gramoz, pesek, blato), morfologijo struge, stabilnost struge in prenos sedimentov dolvodno. Upravljanje z vodnimi viri vpliva na gibanje sedimentov na dva načina:

- zaježitve in pregrade ovirajo nadaljnjo kontinuiteto transporta plavin in
- spremembe v pretočnem režimu vplivajo na vstopne, transportne procese ter procese odlaganja sedimentov.

Zaježitve in pregrade izzovejo gorvodno odlaganje sedimentov na dva načina, z zmanjšanjem hitrosti gorvodno od zaježitve, zaradi česar so razmere za odlaganje

ugodnejše ter kot fizična ovira za nadaljnji pretok rinjenih plavin; to so tiste plavine, ki se po strugi vodotoka prenašajo s kotaljenjem, drsenjem in poskakovanjem (Brizga, 1998).

Vzdrževanje morfologije struge je običajno obravnavano v študijah o ekološko sprejemljivem pretoku z zagotavljanjem konic naravnih pretokov in pretoka, potrebnega za ohranjanje struge. Ti pretoki so praviloma enoletni ali dvoletni dogodki, ki so podobni skupni frekvenci pretokov v celotnem prečnem profilu vodotoka (Brizga, 1998).



Slika 3: Prikaz odnosov med hidrologijo, hidravliko, geomorfologijo in ekologijo v strugi vodotoka (Brizga, 1998).

3.2 Podlaga

Substrat zagotavlja življenjski prostor za številne aktivnosti organizmov, kot so mirovanje, gibanje, razmnoževanje, pritrditev, prehranjevanje, zatočišče pred plenilci in vodnim tokom. Sestavljajo ga različne anorganske in organske snovi. Anorganska snov je običajno erodirana s porečja, iz struge ali z bregov vodotoka. Organski substrat pa so organski delci, listje, podrta drevesa iz obrežne cone in višje ležečih delov struge ter vodne rastline (nitaste alge in makrofiti). Tip substrata je soodvisen od hitrosti toka, večja hitrost zagotavlja večje delce. Stabilnost substrata pa je obratno sorazmerna s silo vode. Delci se premikajo s povečanim tokom, ki sledi nalivom, zato se razporeditev substrata v reki spreminja s časom (Giller in Malmqvist, 1998).

Različen substrat ne vpliva le na združevanje različnih živali temveč tudi na njihovo številčnost, diverzitetu in biomaso. S povečanjem zamuljenosti se biotska produktivnost habitata zmanjšuje. Pri regulaciji rek se tip substrata oziroma habitata hitro spreminja, saj ga vodni tok premešča, kar posledično vpliva na življenjsko združbo (Vallania in Corigliano, 2007).

3.2 Ohranjanje mokrišč, obrežne in poplavne vegetacije

Skoraj vsaka strukturna in funkcionalna značilnost mokrišč je neposredno ali posredno določena s hidrološkim režimom (Gosselink in Turner, 1978 cit. po McCosker, 1998), ki je odvisen od regionalnih hidroloških ciklov in pokrajine (Bedford in Preston, 1988 cit. po McCosker, 1998). Strukturno floristične sestave in vegetacijskih skupnosti v mokriščih določajo pogostost, trajanje, globina in čas poplav. Rastlinska sestava močvirskih habitatov je posledica zlasti poplavnega režima, ki se pojavlja skozi čas. Metode za presojo zahtev poplavnih območij v glavnem uporabljajo analizo preteklih dogodkov, zabeleženih s fotografijami iz zraka in evidenc pretokov. S primerjavo fotografij se lahko oceni sprememba v vegetaciji na območjih mokrišč, analiza podatkov pretokov na bližnjih vodomernih postajah pa omogoča določanje pogostosti poplav (McCosker, 1998).

Pomembni pa so še drugi dejavniki, kot so časovna razporeditev poplav ter njihovo trajanje in pogostost, ki jih je treba upoštevati za ohranjanje močvirnih habitatov. Časovna razporeditev, trajanje in pogostost poplav so ocenjeni s kombinacijo analize zgodovinskih zapisov pretokov in ocene zahtev nekaterih elementov živih organizmov na poplavnih območjih, najpogosteje vodnih ptic. Tehnike, ki se uporabljajo za oceno potreb po vodi na močvirnih območjih, niso razvite do te mere, da jih je mogoče formalno šteti kot metodologije (McCosker, 1998).

Prispevno območje, ki vključuje območje bregov in bližnjo obrežno vegetacijo, je pomembna meja med vodnim in terestričnim sistemom. Obrežna vegetacija vpliva na količino in naravo vnosa organske snovi v vodotok, kar ustvarja zelo pomembno in pogosto prevladujočo energetska bazo prehranjevalne verige. Obrežna cona vpliva na relativno vlogo primarne avtohtone produkcije v strugi in na vnos alohtone organske snovi v energetska bilanco potokov in rek, sposobna je zadrževati hranila iz razpršenih virov prispevnega območja ter neposredno vpliva na temperaturo vode s senčenjem. Prispevno območje oziroma obrežna vegetacija uravnava tudi erozijo bregov in vnos anorganskih snovi (Giller in Malmqvist, 1998). Obrežna vegetacija tako obsega eno najbolj dinamičnih območij v vsaki pokrajini. V porazdelitvi in sestavi obrežnih rastlinskih združb se odražajo rečne motnje zaradi poplav in drugi naravni pojavi, kot so požar, veter, bolezni rastlin, izbruhi žuželk (Gregory in sod. 1991 cit. po McCosker, 1998).

Upoštevanje obrežne vegetacije pri določanju ekološko sprejemljivih pretokov je bilo šele nedavno dodano k študijam na tem področju. Priporočila ekološko sprejemljivih pretokov za obrežno vegetacijo so običajno izdelana na predpostavki, da bo spremenjen pretočni režim, ki posnema naravnega, najboljši za obrežno vegetacijo (McCosker, 1998).

3.3 Pretočne zahteve za ohranitev ribjih populacij

Ocenjevanje potreb sladkovodnih rib po določenem pretoku se je začelo že zgodaj. Od takrat področje ekološko sprejemljivega pretoka dobiva nove razsežnosti, posledica katerih je veliko število vedno bolj prefinjenih metod, ki se uporabljajo za ocenjevanje in opredeljevanje potreb po določenem pretoku (Pusey, 1998).

Ena prvih hidroloških metod, ki je bila razvita v Severni Ameriki z namenom ohraniti ribje populacije, je bila Tennantova metoda, ki je tudi najpogosteje uporabljena metoda po celem svetu (Pusey, 1998).

Filozofija v razvoju upravljanja z ekološko sprejemljivim pretokom teži k bolj celoviti obravnavi interakcij med krajino, hidrologijo in živimi organizmi v vodotokih. Današnje metode za določanje ekološkega pretoka se za razliko od prvih ne osredotočajo izključno na populacije sladkovodnih rib, temveč vključujejo tudi druge taksone v teh ekosistemih. To ne pomeni, da so sladkovodne ribe nepomembna komponenta, temveč le, da so del integrirane celote. Žal je še vedno veliko pomanjkanje kvantitativnih podatkov v zvezi s povezavo med hidrologijo in biologijo rib, vendar imajo kljub vsemu sladkovodne ribe vodilni status v vodnih ekosistemih in bodo verjetno še naprej imele velik vpliv na odločitve o vrednostih ekološko sprejemljivih pretokov (Pusey, 1998).

3.4 Pretočne zahteve za ohranitev vodnih nevretenčarjev

Študije o vrednostih ekološko sprejemljivih pretokov so se le redko sklicevale na združbe ali posamezne vrste nevretenčarjev, saj ti niso imeli pomembnih tržnih vrednosti. Ocene potrebnih pretokov v strugah so bile na splošno izvedene le za ribje vrste (Growth, 1998).

Združbo makroinvertebratov po definiciji predstavljajo vodni nevretenčarji, ki pri vzorčenju ostanejo v mreži z odprtinami 0,5 x 0,5 mm. Navadno so to organizmi, večji od 1 mm, vidni s prostim očesom (Urbanič in Toman, 2003). Makroinvertebrati se hitro odzovejo na motnje, kar izzove spremembe v strukturi združbe in zmanjševanje vrstnega bogastva vseh skupin. Pomembni so za vzdrževanje vodnih ekosistemov, saj predstavljajo pomemben del kroženja hranil in so vir hrane za druge vodne in terestrične organizme (Couceiro in sod., 2007). Prostorska raznolikost makroinvertebratske združbe je rezultat biotskih interakcij v združbi, okolja in zgodovine. Biotske interakcije bolj vplivajo na regionalno razporeditev vrst, okoljske značilnosti in čas pa imata odločilno vlogo v strukturi makroinvertebratske združbe na širšem

geografskem območju (Murphy in Davy-Bowker, 2005). Pomembno vlogo pri ustvarjanju primernih habitatov za nevretenčarje ima tudi sestava substrata. Za vodne nevretenčarje so konice pretokov izrednega pomena, saj lahko v času velikih pretokov pride do odstranitve finih sedimentov; te fine usedline lahko zapolnijo vrzeli med elementi substrata, kar lahko zmanjša heterogenost habitata za nevretenčarje in dovod kisika v spodnjem delu substrata, in izolirajo hiporeično cono (Growth, 1998).

Pri ekoloških ocenah vodnih ekosistemov oz. vrednotenju kakovosti vod se zaradi svoje specifične vloge v njih najpogosteje uporabljajo makroinvertebrati. Makroinvertebrati odražajo celovite ekološke razmere posameznega vzorčnega mesta, vključno s fizikalnimi lastnostmi (tip usedlin, hitrost vodnega toka, pretok itd.). Niso le odraz organske obremenitve, ampak tudi različnih drugih stresov:

- anorganskega onesnaževanja,
- toksičnosti,
- kislosti,
- morfoloških sprememb vodnih habitatov (kanaliziranje, regulacije vodotokov) in
- zmanjšanje količine vode (Urbanič in Toman, 2003).

Po Urbaniču in Tomanu (2003) so najpomembnejše prednosti makroinvertebratov pred ostalimi skupinami organizmov v vodah:

- veliko število vrst, različno občutljivih na polutante
- prisotnost v vseh tipih voda
- relativna pogostost in sedentarnost
- enostavnost vzorčenja in določanja višjih taksonov (vsaj do ravni družine)
- relativno dolga življenjska doba (od nekaj tednov do nekaj let).

Znano je, da številni nevretenčarji v svojem življenju prepotujejo relativno velike razdalje s pomočjo posebnega plavljenja. Plavljenje («drift») je premik dolvodno po vodnem stolpcu. Vodni nevretenčarji lahko to tehniko uporabljajo za način širjenja, pobega pred plenilci ali kot način za iskanje boljših virov hrane. Odnos med plavljenjem in pretokom je zapleten, pojavljajo se tudi drugi faktorji, ki lahko ta odnos spreminjajo, povečanje pretokov ali hitrosti vode pa navadno vodi do večjega plavljenja nevretenčarjev (Growth, 1998).

4 METODE ZA DOLOČANJE EKOLOŠKO SPREJMLJIVEGA PRETOKA

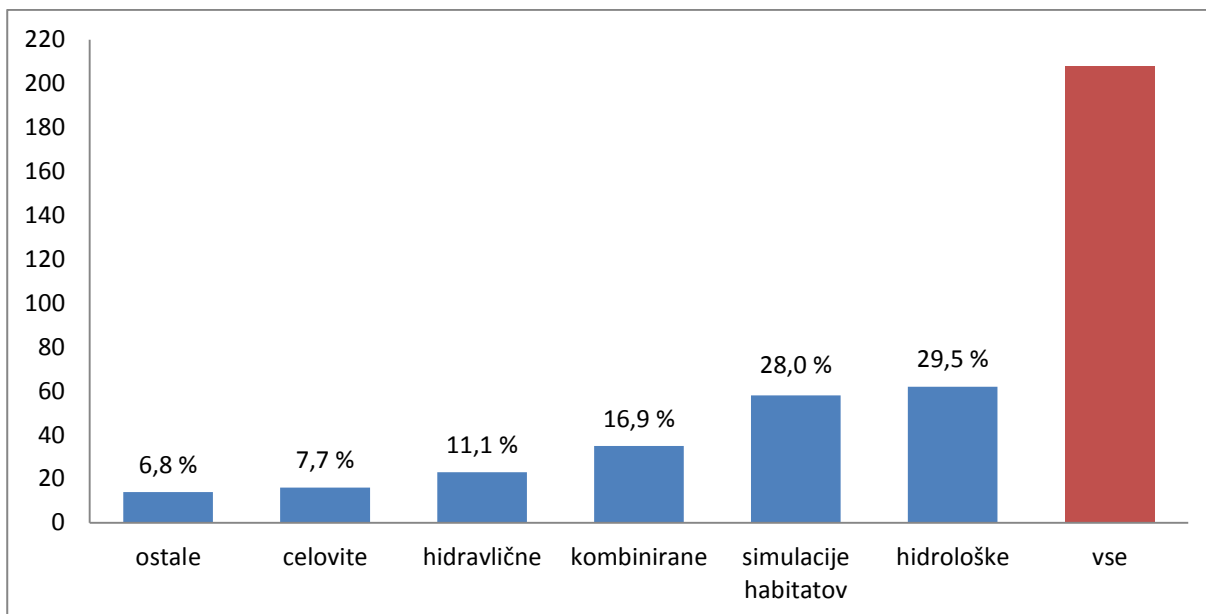
Obstoječe in predvideno prihodnje povpraševanje po uporabi vode je na svetovni ravni povzročilo intenzivnejši, zapleten konflikt med razvojem in uporabo rek (in drugih sladkovodnih ekosistemov) v vodne in energetske namene ter ohranjanjem njihovih biološko raznolikih, celostnih ekosistemov (Dynesius and Nilsson, 1994 cit. po Tharme, 2003). Razvoj na področju ekološko sprejemljivega pretoka in raziskave, namenjene ocenjevanju potreb rečnih ekosistemov po vodi, omogočajo zadovoljive kompromise pri dodeljevanju vodnih pravic uporabnikom vodnih virov glede na razpoložljivosti samega vira (Tharme, 2003).

Številne metode, ki jih je mogoče uporabiti za opredelitev zahtev po ekološko sprejemljivem pretoku, so bile razvite v različnih državah. Vsaka izmed njih lahko vključuje več ali manj strokovnih prispevkov in lahko obravnava celoten ali samo del rečnega sistema. Kot značilnosti metod sta tako izpostavljeni strokovna vrednost ter stopnja, do katere metode celovito zajamejo vse dele obravnavanega sistema. Glavni namen je izdelati preprosto klasifikacijo, ki je zlahka dostopna tudi nestrokovni javnosti (Dyson in sod. 2008).

Ocenjevanje ekološko sprejemljivega pretoka opisuje morebitne spremenjene hidrološke režime vodotokov in zahteve ekološko sprejemljivega pretoka, povezane z vnaprej določenim ciljem glede prihodnjega stanja ekosistemov. Ti cilji so lahko usmerjeni v ohranjanje ali izboljšanje celotnega rečnega ekosistema, vključno z raznolikostjo vodnih in obvodnih živih organizmov ter sestavnih delov vodotoka od izvira do izliva v morje, čim večje ohranjanje ribjih vrst, določenih ogroženih vrst ali zaščito lastnosti, ki imajo pomembno znanstveno, kulturno ali rekreacijsko vrednost (Tharme, 2003).

Po Tharme (2003) lahko večino metodologij za določanje ekološko sprejemljivega pretoka razdelimo v štiri (od šestih) smiselno različne kategorije (med različnimi avtorji se pojavljajo razlike v klasifikaciji skupin), in sicer:

- hidrološke metode,
- hidravlične ocene,
- simulacije habitatov in
- celovite metodologije.



Slika 4: Število metod za določanje ekološko sprejemljivega pretoka po skupinah in njihov delež v primerjavi s skupnim številom metod (Tharme, 2003).

4.1 Hidrološke metode

Metode, ki temeljijo na hidroloških osnovah, predstavljajo največji delež skupnega števila evidentiranih metod (30 %) za določanje ekološko sprejemljivega pretoka. Le malo število hidroloških metod je postalo s časom zastarelih, velika večina jih je v uporabi še danes, bodisi v izvorni obliki ali z določeno stopnjo sprememb za izboljšanje prenosljivosti metod med različnimi hidrološkimi regijami in rečnimi ekotipi (Tharme, 2003).

4.1.1. Metode za približno oceno in tabelarične vrednosti

Najpogosteje uporabljene metode za opredelitev ciljev v povodjih so v svetu približne metode oz. metode za približno oceno, ki temeljijo na enostavnih podatkih, navedenih v pripravljenih tabelah. Najpogostejši podatki, potrebni za izračun, so zgolj hidrološki, so pa bile že v 70. letih prejšnjega stoletja razvite nekatere metode, ki so vključevale tudi okoljske podatke. Prednost teh metod je, da ko je razvit splošni postopek, uporaba zahteva relativno malo sredstev. Žal ni dokazov, da so preproste hidrološke metode, ki temeljijo na hidroloških indeksih prenosljive med regijami, prilagoditi jih je potrebno vsaki novi regiji, vendar tudi takrat ne upoštevajo lokacijsko specifičnih pogojev. Kazalnike, ki temeljijo le na hidroloških

podatkih, je za novo regijo lažje ponovno kalibrirati, ker pa nimajo ekološkega ozadja, je negotovost za doseganje dobrih rezultatov zelo visoka (Dyson in sod. 2008).

Pri upravljanju z vodami se hidrološki podatki uporabljajo za določanje pravil za upravljanje z vodami ter določanje pretokov v strugi po odvzemu vode za zbiralniki in akumulacijami. Po navadi so te vrednosti pretokov, ki jih je v strugi po odvzemu potrebno zagotoviti, nek odstotek vrednosti srednjih pretokov ali odstotek pretoka, določen po krivulji trajanja pretokov (Dyson in sod. 2008). Krivulja trajanja pretokov je orodje, ki se uporablja pri upravljanju z vodnimi viri in prikazuje razmerje med pretokom in odstotkom časa, ko je ta pretok dosežen ali presežen. Takšen pristop je primeren za določitev vrednosti ekološko sprejemljivih pretokov v primeru določitve enostavnih pravil upravljanja z jezovi ali strukturami za odvzem vode, kjer je na voljo malo ali nič ekoloških podatkov (Acreman in Dunbar, 2004).

Odstotki pretokov so po navadi vnaprej določeni, ali pa so vrednosti pretokov prikazane v tabelah, kjer je ta del pretoka pogosto imenovan minimalni pretok (Cavendish in Duncan, 1989 cit. po Tharme, 2003). Minimalni pretok predstavlja priporočilo za oceno ekološko sprejemljivega pretoka, da so zadovoljeni vzdrževanje ribjih populacij v sladkih vodah, določene izpostavljene ekološke funkcije vodotoka in stanje rečnih ekosistemov na sprejemljivi ravni, običajno na letni, mesečni ali sezonski osnovi (Tharme, 2003).

Kot priporočilo vrednosti minimalnih pretokov se najpogosteje uporabljajo:

- pretoki Q_{95} (vrednost pretoka, ki teče po strugi vsaj 95 % časa) so pogosto uporabljeni na sezonski ravni v Veliki Britaniji, na Tajvanu in v Avstraliji,
- pretoki Q_{90} v Braziliji, Kanadi, tudi v Veliki Britaniji,
- pretok Q_{364} (naravni pretok, ki je presežen 364 dni v letu) in podobni, ki se uporabljajo po vsej Evropi (Tharme, 2003).

V to skupino metod spada tudi Tennantova metoda, ki je najverjetneje najbolj znana v tej skupini. Metoda predpostavlja potreben odstotek pretoka za vzdrževanje določenega stanja v vodotoku. V svojih raziskavah je Tennant ugotovil, da se širina toka, hitrost in globina vode v vodotoku hitro povečujejo do 10 odstotkov vrednosti srednjega pretoka, potem pa se stopnja rasti zmanjšuje. Pretoki, manjši od vrednosti 10 odstotkov srednjega pretoka, zagotavljajo kratkotrajno preživetje vodnih organizmov (Jowett, 1997).

Če hidrološke metode vključujejo spremenljivke povodij, so lahko tako spremenjene, da upoštevajo hidravlične, biološke in/ali geomorfološke kriterije ali vsebujejo različne hidrološke formule in indekse. Za hitro oceno, pri kateri ne potrebujemo veliko sredstev, se hidrološke metode štejejo za najprimernejše na ravni načrtovanja razvoja vodnih virov ali v situacijah, v

katerih ne prihaja do polemik in kjer so uporabljene kot ciljne vrednosti ekološko sprejemljivih pretokov (Tharme, 1997 cit. po Tharme, 2003).

4.1.2 Namizne analize

Med najenostavnejše hidrološke metode navadno sodijo tudi namizne metode za ocenjevanje ekološko sprejemljivega pretoka. Temeljijo predvsem na uporabi hidroloških podatkov, običajno v obliki naturalizirane, zgodovinske evidence mesečnih ali dnevnih pretokov, za izdelavo priporočil vrednosti ekološko sprejemljivih pretokov (Tharme, 2003). Metode v tej skupini imajo poudarek na analizi podatkov. Za analizo uporabljajo obstoječe podatke, kot so pretoki iz vodomernih postaj in/ali podatke o ribjih združbah iz aktualnih raziskav. Po potrebi se na določenem mestu ali mestih lahko zbirajo tudi drugi podatki, ki dopolnjujejo obstoječe informacije. Te metode se lahko delijo na tiste, ki temeljijo samo na hidroloških podatkih, na tiste, ki v izračunih uporabljajo tudi hidravlične parametre, ter tiste, ki uporabljajo ekološke podatke (Dyson in sod. 2008).

Od leta 1990 naprej se je razvilo vse več metod za ocenjevanje ekološko sprejemljivega pretoka, ki temeljijo na podlagi hidroloških indeksov, ki ustrezneje obravnavajo spremenljivost pretoka in/ali veljajo za ekološko pomembnejše (Tharme, 2003).

Hidrološke metode namiznih analiz preučujejo celoten režim pretoka, ne samo predhodno pridobljenih statistik. Temeljno načelo je ohranitev celovitosti, naravnih sezonskih pretokov in njihove spremenljivosti, ki vključujejo tako poplave kot nizke pretoke. Primer takšne metode je Richterjeva metoda (metoda RVA, »the range of variability approach«). Metoda definira referenčne pretoke vodotokov, katerih glavni namen je varovanje naravnega ekosistema. Opredelijo se komponente naravnega sistema pretokov, tako visoki kot nizki pretoki, čas pretokov (mesečne statistike), pogostost in trajanje dogodkov. Podatki o pretokih se pridobijo iz vodomernih postaj ali z modeliranjem dnevnih pretokov, v metodi pa se uporabi še niz 32 parametrov. Vsak parameter je izračunan na letni osnovi za vsako leto v hidrološkem zapisu, s poudarkom na spremenljivosti parametrov med hidrološkim letom. Za sprejemljiv obseg variacij parametrov se nato s + ali -1 določi standardni odklon od povprečja ali odstotek v območju od 25 do 75 odstotkov. Ta metoda je namenjena opredelitvi začasnih standardov, ki jih je mogoče spremljati in popravljati, vendar pa doslej ni bilo izvedenih dovolj raziskav, ki bi statistike pretokov povezale s specifičnimi elementi ekosistema (Dyson in sod. 2008).

RVA-pristop, predvsem programska oprema njegovih sestavnih kazalnikov hidroloških sprememb (IHA, »indicators of hydrologic alteration«), je bil uporabljen v več kot 30 študijah,

povezanih z ekološko sprejemljivimi pretoki v Združenih državah Amerike in v Kanadi, kot tudi v Južni Afriki. Cilj RVA-pristopa je zagotoviti celovito statistično opredelitev ekološko pomembnih značilnosti pretočnega režima, kjer se naravno območje hidrološke spremenljivosti opiše z uporabo 32 različnih kazalnikov hidroloških sprememb, ki izhajajo iz dolgoročnih evidenc dnevnih pretokov (Rihter in sod. 1997 cit. po Tharme, 2003). Hidrološki kazalniki, IHA, so razvrščeni v pet kategorij na podlagi značilnosti pretočnega režima in ciljev upravljanja pretokov. Določeni so kot območje variacije posameznega kazalnika, ki ga je mogoče spremljati v daljšem časovnem obdobju (Richter in sod. 1996 cit. po Tharme, 2003). V večini primerov je bila metodologija uporabljena za analizo pretokov pred izvedenimi regulacijami in po njih za opredelitev sprememb pretokov, ki se pojavijo v reguliranih vodotokih. V številnih primerih so te spremembe povezali z ekološkimi dejavniki (ribja populacija, vegetacija, kakovost vode, geomorfološki procesi in habitati) ali pa so jih uporabili za dopolnitev rezultatov fizičnega modeliranja mikrohabitata. Omeniti je potrebno, da več strokovnjakov meni, da je RVA-pristop holističen (Arthington, 1998 cit. po Tharme, 2003) ali ekološko utemeljen (Bragg in sod. 1999 cit. po Tharme, 2003).

Metode namiznih analiz, ki uporabljajo ekološke podatke, se poskušajo v osnovi sklicevati na statistične vrednosti pretokov, ki se nanašajo na neodvisne spremenljivke, kot sta število populacij ali vrstna struktura v vodotoku, izračunana po seznamu zabeleženih vrst. Prednost teh metod je, da se neposredno nanašajo na dve zadevani področji (pretočno spremenljivost in ekologijo), vendar pa obstajajo tudi nekatere pomanjkljivosti:

- težko ali celo nemogoče je izpeljati biotske indekse, ki so občutljivi le na pretok in ne na ostale faktorje, kot na primer na strukturo habitatov in kakovost vode,
- pomanjkanje tako bioloških kot hidroloških podatkov je pogosto omejevalni faktor, včasih so podatki zbrani za druge namene in za te analize niso primerni,
- časovni podatki o pretokih in ekoloških kazalcih morda niso neodvisni, kar lahko krši predpostavke klasičnih statističnih tehnik in je zato potrebna posebna previdnost (Dyson in sod. 2008).

Povzetek značilnosti hidroloških metod po Özdemírju in sod. (2013):

- ekološko sprejemljiv pretok se izračuna z uporabo dnevnih in mesečnih meritev pretokov,
- rezultati niso zelo natančni, vendar jih je mogoče dobiti v kratkem času,
- metode so primerne za uporabo v fazi načrtovanja projektov, povezanih z vodo,
- najpogosteje uporabljena metoda je Tennantova metoda (ali modificirana Tennantova metoda),

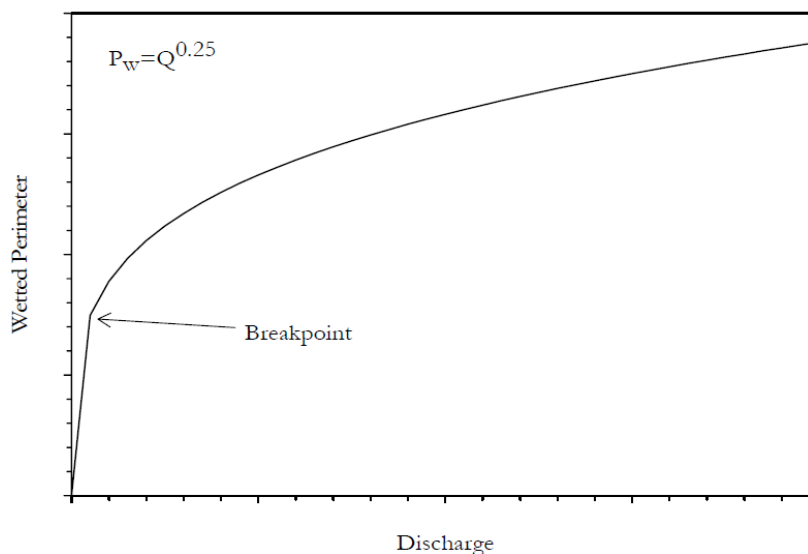
- druga najbolj razširjena metoda pa vsebuje različne pretoke trajanja (Q_{95} , Q_{75}) ali enojne kazalnike nizkih pretokov (7Q10, 7Q2)

4.2 Hidravlične metode

Hidravlične metode, ki predstavljajo 11 odstotkov vseh metod, so bile večinoma razvite za določitev priporočljivih pretokov v strugah, potrebnih za ohranjanje gospodarsko pomembnega salmonidnega ribištva v Združenih državah Amerike, v letih med 1960 in 1970 (Stalnaker in Arnette, 1976 cit. po Tharme, 2003). V zadnjih letih jih nadomeščajo simulacije habitatov ali pa so uporabljene v okviru celovitih metod za določanje ekološko sprejemljivih pretokov (Tharme, 2003).

Hidravlične metode za svoje izračune uporabljajo spremembe hidravličnih spremenljivk, kot sta na primer omočeni obod struge, območje potopljenega dna vodotoka. Te spremenljivke določajo podatke o razpoložljivih habitatih v vodotoku ob določenem pretoku. Kot pri hidroloških metodah tudi ti rezultati kažejo, da široke, plitve reke navadno pokažejo večjo občutljivost glede omočenosti struge v odvisnosti od pretokov kot ozki in globoki vodotoki. V nekaterih primerih se opravijo omejene raziskave na terenu, medtem ko se v drugih uporabljajo obstoječe pretočne krivulje in podatki vodomernih postaj (Dyson in sod. 2008).

Najpogosteje uporabljena metoda iz te skupine je splošna metoda omočenosti struge. Pri tej metodi je bilo najprej predpostavljeno, da je integriteta vodotoka lahko neposredno povezana z omočenim obodom ter da bo ohranitev kritičnih območij zagotovila ustrezno zaščito habitatov na splošno (Tharme, 2003). Omočeni obod predstavlja dolžino substrata na dnu struge, ki je moker vzdolž prečnega prereza, pravokotnega na vodotok. Podatke o prečnih prerezih lahko prikažemo s krivuljo odnosa med pretokom in omočenim obodom (glej Sliko 5), ki jih lahko analiziramo na prelomnih točka ali točkah prevoja (Reinfelds in sod. 2004 cit po Mann, 2006). Predlagana sta bila dva pogoja za določitev zahtev minimalnih pretokov s pomočjo hidravličnih metod. Prvi, da se omočeni obod navadno povečuje s pretokom, ter drugi pogoj – odstotek zadržanja habitata ohranja odstotek omočenosti oboda vodotoka pri srednjem pretoku. Na primer Tennant (1976) je uporabil za merilo prvega pogoja prevojno točko, pri kateri sta globina in širina omočenosti struge začeli strmo upadati, to se je zgodilo pri vrednosti 10 odstotkov srednjih pretokov vodotokov, ki jih je uporabil v študiji. Bartschi (1976) pa je kot merilo drugega pogoja predlagal, da je 20-odstotno zmanjšanje omočenosti oboda pri srednjih pretokih lahko maksimalno dopustna degradacija habitatov (Jowett, 1997).



Slika 5: Primer krivulje omočenega oboda v odvisnosti od pretoka in prelomne točke (Mann, 2006).

Za določitev minimalnih ali ekološko sprejemljivih pretokov se tako uporablja določeno empirično ali hidravlično oblikovano razmerje med omočenim obodom in pretokom. Zahteve za določitev ekološko sprejemljivega pretoka so načeloma opredeljene s pretoki v bližini mejnih vrednosti krivulj, za katere se predvideva, da predstavljajo optimalne pretoke, za vrednosti, manjše od teh, pa se habitati hitro izgubljajo. Na področju hidravličnih metod je nedavno prišlo do napredka, vendar se zdi, da je njihova vloga spodbujati razvoj naprednejše skupine metod simulacij habitatov in kot orodje sodelovati v celostnih metodologijah za določanje ekološko sprejemljivih pretokov (Tharme, 2003).

4.3 Metode simulacije habitatov

Metode simulacije habitatov so na drugem mestu po številu evidentiranih metod, takoj za hidrološkimi metodami (28 %), uporabljajo jih v približno 58 državah po celem svetu. Najpomembnejše je, da ta podskupina kompleksnih metod za določanje ekološko sprejemljivega pretoka predstavlja najvišjo raven splošnega razvoja na tem področju (»state of art«), ki se je postopno razvijala iz prejšnjih, preprostejših metod. V to skupino spada metoda IFIM (»instream flow incremental methodology«), ki temelji na metodi PHABSIM (»physical habitat simulation model«) ter ostale, novejšje metode simulacije habitatov, podobnega značaja in podatkovnih zahtev (Tharme, 2003).

Metoda PHABSIM temelji na znanju iz kombinacije parametrov globine vode, hitrosti toka, temperature in sedimentov in je najprimernejša za ribjo populacijo. V okviru teh predpostavk in opredeljenega zelenega spektra ribjih vrst je mogoče z izračunom določiti ekološko sprejemljiv pretok. PHABSIM je najpogosteje uporabljen model biološkega odziva. Metoda temelji na dveh načelih. Vsaka izbrana vrsta kaže pogoje znotraj območja habitata, ki jih lahko prenaša. Območje vodotoka, ki te pogoje zagotavlja, pa je lahko določeno kot funkcija odtoka in strukture struge (Petts, 2007).

Prizadevanja za razvoj metod, ki bi jih lahko uporabili v zakonodajne namene, so v poznih 1960 spodbudila ekološke raziskave, ki so vodile k večjemu razumevanju odnosov med pretoki vodotokov in vodnimi habitatami. Večina podatkov, ki so jih zbrali do sedaj, je osredotočena na zahteve rib in habitatov makro nevretenčarjev, z nedavnim poudarkom na odnosu med vodotokom in obrežno vegetacijo. Upravljanje z vodami je od določanja fiksnih minimalnih pretokov, ki so bili brez kakršne koli koristi za določen vodni habitat, preraslo v posamezne metode, v katerih so vodni habitatami ovrednoteni kot funkcija pretokov (USGS, 2013).

Metoda IFIM se je razvijala v ozadju minimalnih standardov pretokov, analize kvantitativnih vplivov, vodnatosti in interdisciplinarnih analiz. Razvila se je z interdisciplinarnim pristopom ekipe strokovnjakov, osnovana pa je bila na podlagi osnovnega razumevanja in opisa oskrbe z vodo ter habitatov v delih vodotoka, ki so bili zaskrblijujoči. Zgodovinska analiza pretočnega režima vodotoka z uporabo mesečnih, tedenskih ali drugih ustreznih časovnih korakov je bila bistvena za opis izhodiščnih hidroloških pogojev. Takšne analize omogočajo primerjavo pogostosti in trajanja suhih in mokrih obdobj, preučitev razlike med sezonskimi pojavi (taljenje snega, deževno obdobje) ter določitev intenzivnosti in trajanja kratkotrajnih dogodkov, kot so cikli konic. Razviti je bilo potrebno orodje, analitično metodologijo, ki bo lahko ravnala z vrsto težav pri določanju pretokov v strugi vodotoka. Metoda je morala biti primerna za ocenjevanje alternativ, koristna pri prepoznavanju, ocenjevanju in primerjanju možnih rešitev, sposobna prilagoditi se določenemu delu vodotoka ter imeti možnost razširitve, tako da je podatke mogoče uporabljati na vseh delih povodja. Na podlagi vseh zahtev se je IFIM razvila v metodo, ki v svojo analizo vključuje ribje habitate, priložnosti za rekreacijo, odziv obrežne lesne vegetacije in alternativnih sistemov upravljanja z vodami. Informacije so predstavljene kot časovna vrsta pretoka in življenjskega prostora na izbranih točkah v rečnem sistemu za različne predlagane alternative rabe vode (USGS, 2013).

Po metodi IFIM je bil razvit računalniško podprt model simulacije zahtev pretokov v strugah reguliranih vodotokov ter najprej uporabljen za modeliranje odnosov med časovnimi in prostorskimi vzorci v strižnih napetostih na dnu vodotoka in spremembami v pretoku ter

povezan s krivuljami primernosti habitatov za nevretenčarje. V uporabi je bil najprej v šestih državah, od tega v petih evropskih. Norveški simulator rečnih sistemov (RSS) obsega hidrološke, hidravlične in simulacije modelov habitatov za uporabo v rekah, ki so regulirane zaradi hidroenergetskih sistemov (Alfredsen, 1998 cit. po Tharme, 2003). Tudi francoska metoda za vrednotenje habitatov (EVHA, Dunbar in sod. 1998 cit. po Tharme, 2003) je bila uporabljena v nekaterih evropskih državah. Druge, podobno napredne metode za določanje ekološko sprejemljivega pretoka, ki so trenutno v uporabi na svetovni ravni, so še novozelandska simulacija rečne hidravlike in habitatov (RHYHABSIM; Jowett, 1989 cit. po Tharme, 2003), kanadski sistem modeliranja mikrohabitatov (HABIOSIM; Dunbar in sod. 1998 cit. po Tharme, 2003) ter metoda ocene obrežnih življenjskih skupnosti ter koncepta obnove (RCHARC; Nestler in sod. 1996 cit. po Tharme, 2003).

Trend razvoja, ki je skupen več metodam za določanje ekološko sprejemljivega pretoka v tej skupini, se nadaljuje v smeri naprednejšega hidravličnega in habitatnega modeliranja, na dvo- ali trodimenzionalnih ravneh reševanja problemov (Hardy, 1996 cit. po Tharme, 2003), na vključevanju kompleksnih prostorskih eksplicitnih meritev habitatov in uporabi prostorskega prikaza na podlagi geografskega informacijskega sistema (GIS) (Geganje, 1998 cit. po Tharme, 2003).

Metode simulacije habitatov lahko na kratko povzamemo po Özdemirju in sod. (2013):

- poskušajo oceniti zahteve ekološko sprejemljivih pretokov na podlagi podrobne analize primernosti fizičnih habitatov v strugi pri različnih pretokih, z uporabo podatkov o celovitih hidroloških, hidravličnih in bioloških odzivih,
- pretok se običajno modelira z uporabo podatkov o globini pretoka, nagibu struge, obliki prereza, zbranih na več prerezih v okviru študije primera,
- rezultati imajo običajno obliko krivulje habitatov v odvisnosti od pretoka, za napovedovanje optimalnih pretokov, kot zahteva ekološko sprejemljiv pretok.

4.4 Celovite metodologije

Čeprav metode, ki spadajo v to skupino, predstavljajo le 7,7 % metod, ki so v uporabi, so celovite metode za določanje ekološko sprejemljivega pretoka v zadnjih letih veliko prispevale k razvoju tega področja. Prvi dve celoviti metodi, ki sta bili razviti, sta južnoafriška metoda BBM (»Building Block Methodology«) (King in O'Keeffe, 1989 in Bruwer, 1991 cit. po Tharme, 2003) in kot rezultat nadaljnjega razvoja te metode v sodelovanju z avstralskimi strokovnjaki, ki izhaja iz vzpostavitve konceptualnega okvira, še celovit pristop (Arthington, 1992 cit. po Tharme, 2003). Obe metodi sta spodbudili hiter razvoj ostalih metodologij na tem področju (Tharme, 2003).

Pomembno pri celovitih metodah je to, da si prizadevajo obravnavati potrebo po vodi celotnega rečnega ekosistema (Arthington in sod. 1992 cit. po Arthington in sod. 2004), namesto potreb le nekaterih taksonov (navadno rib ali nevretenčarjev). Te metodologije temeljijo na konceptu »paradigme naravnih pretokov« (Poff in sod. 1997 cit. po Arthington in sod. 2004) in vodilnih temeljnih načel za obnovo rečnih koridorjev (Ward in sod. 2001 cit. po Arthington in sod. 2004). Druži jih skupen cilj, ohraniti ali obnoviti biofizikalne komponente in ekološke procese, povezane s pretoki v tekočih in podtalnih vodah, na poplavnih področjih ter drugih od vode odvisnih ekosistemov (jezera, močvirja, priobalni morski ekosistemi). Komponente ekosistemov, ki so pogosto obravnavane v celovitem ocenjevanju, vključujejo geomorfologijo, hidravlične habitate, kakovost vode, obrežno in vodno vegetacijo, nevretenčarje, ribe in druge vretenčarje, ki so tako ali drugače povezani z rečnimi ali obalnimi ekosistemi (dvoživke, plazilci, ptice, sesalci) (Arthington in sod. 2004).

Metodo BBM so v Južni Afriki razvili lokalni strokovnjaki in pristojni organi z uporabo v številnih projektih razvoja vodnih virov, za reševanje zahtev po ekološko sprejemljivem pretoku v celotnih rečnih ekosistemih. Metoda je strogo in obširno dokumentirana, na voljo so priročnik za uporabo ter različne študije primerov. Konceptualna osnova je enaka kot pri celovitem pristopu, metoda temelji na več reprezentativnih ali kritičnih delih vodotoka, vključuje tudi dobro uveljavljeno socialno komponento (odvisnost od sredstev za preživetje). Celovit pristop je bil razvit v Avstraliji za določanje zahtev ekološko sprejemljivega pretoka na področju celotnega ekosistema vodotoka. Ta pristop predstavlja konceptualno in teoretično osnovo večini drugih celovitih metod za določanje ekološko sprejemljivega pretoka. V Avstraliji je bil naprej razvit in uporabljen v različnih oblikah, na primer za ocene skupin strokovnjakov, v »metodi pretočnih dogodkov« (»flow events method«) ter v metodologijah »benchmarking« in »obnove pretokov« (»flow restoration«) (Arthington in sod. 2004).

Metode, ki so se v zadnjem času razvijale iz BBM in ostalih podobnih metod, so interaktivne, celostne metodologije, sestavljene iz štirih modulov – biofizikalnega, socialnega, razvojnega in gospodarskega. Metoda »nadaljnega odgovora na predpisane transformacije pretoka« (DRIFT; »downstream response to imposed flow transformations«) ponuja inovativen napredek v ocenjevanju ekološko sprejemljivega pretoka. Osredotoča se na identifikacijo posledic zmanjšanja naravnih pretokov s serijo pretočnih pasov, povezanih s posameznimi sklopi biofizikalnih funkcij in posebnega hidrološkega in hidravličnega učinka, v smislu poslabšanja stanja sistema. Metodologija je zasnovana kot »scenarij«, obstaja precej možnosti za primerjalno vrednotenje posledic številnih priporočenih režimov pretokov (Tharme, 2003).

Po Özdemírju in sod. (2013) so značilnosti celovitih metod:

- integrirane in upoštevane so zahteve celotnega ekosistema (vključno s strugo, izvirom, obrežnim pasom, poplavnimi površinami ...),
- naravni režim vodotoka je glavno vodilo, ki ga je potrebno vključiti v spremenjene pretočne režime,
- merila kritičnega pretoka so določena za nekatere ali vse sestavne dele rečnega ekosistema,
- osnova za večino pristopov je sistematična gradnja spremenjenega pretočnega režima za vsak mesec posebej, prav tako posebej za vsak element, ki definira značilnost pretočnega režima, za dosego določenih ekoloških, geomorfoloških, socialnih in drugih ciljev ter kakovost vode spremenjenih sistemov,
- napredne celostne metode rutinsko uporabljajo več orodij, ki jih najdemo v hidroloških, hidravličnih in habitatnih metodah za ocenjevanje ekološko sprejemljivega pretoka.

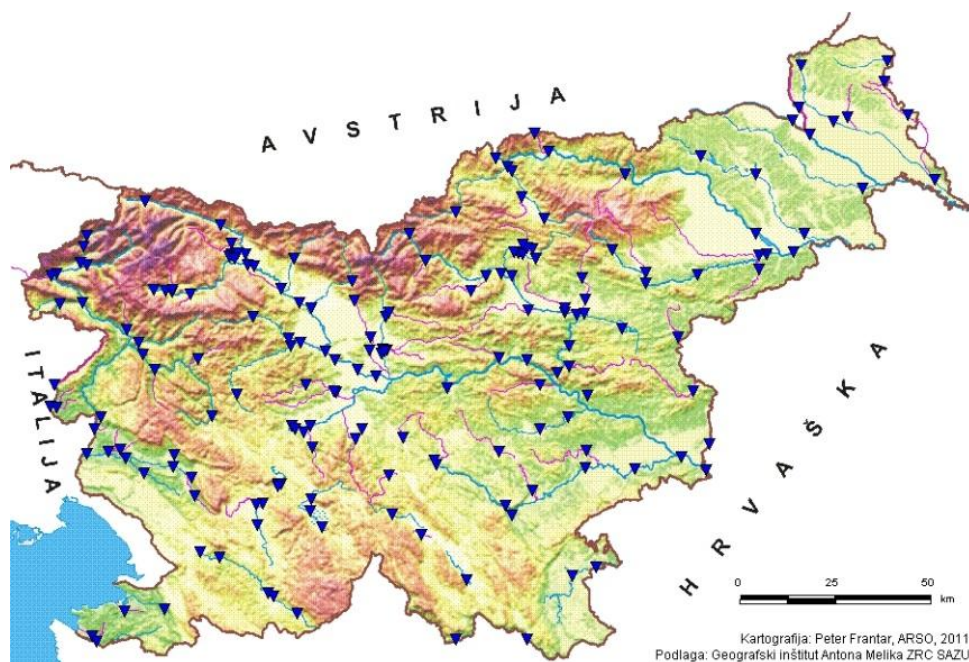
5 PRIMERJALNA ANALIZA HIDROLOŠKIH METOD

5.1 Hidrološki podatki v Republiki Sloveniji

Osnovna podpora celotni hidrološki dejavnosti v Republiki Sloveniji je merilna mreža oziroma hidrološki monitoring. Sistem opazovanj in meritev temelji na klasični mreži vodomernih postaj (Kolbezen, 1998). Za popis regionalnih vodnih virov ter za oblikovanje dolgoročnega razvojnega načrta za upravljanje z vodnimi viri je potrebno vzpostaviti mrežo vodomernih postaj. Splošne lokacije vodomernih postaj je potrebno izbrati tako, da zagotavljajo optimalno količino in kvaliteto pridobljenih podatkov za denar, porabljen pri njihovem zbiranju (WMO, 2010).

Odtok je pojem, ki opisuje premikanje določenega dela padavinske vode do kanaliziranega vodotoka oz. pretok vode v njem. Višek padavin, ki ne izhlapi oz. se ga ne porabi za transpiracijo, odteče, je odtok. V primerih, ko je ta presežek dovolj velik, se odtok zbere v vodotokih, ki predstavljajo večino odtoka z določenega vodozbirnega zaledja. Na mestih, kjer se torej večina odtoka zbere, lahko odtok merimo kot pretok (Dolinar, 2008). Pretok je definiran kot prostorninska ocena količine vode v strugi, vključno z vsemi sedimenti ali drugimi trdnimi snovmi, ki so lahko raztopljene ali zmešane. Pretok se izraža v kubičnih metrih na sekundo (m^3/s). Ni ga mogoče izmeriti neposredno, ampak ga je potrebno izračunati iz merjenih spremenljivk, kot so širina, globina in hitrost toka vode v strugi (WMO, 2010). Izmerjeni pretoki vodotokov so osnovni podatki za večino hidroloških analiz in so praviloma najzanesljiveje izmerjeni element vodnega kroga. Značilnosti pretoka na določeni točki so odraz celotnega vodozbirnega zaledja (Dolinar, 2008).

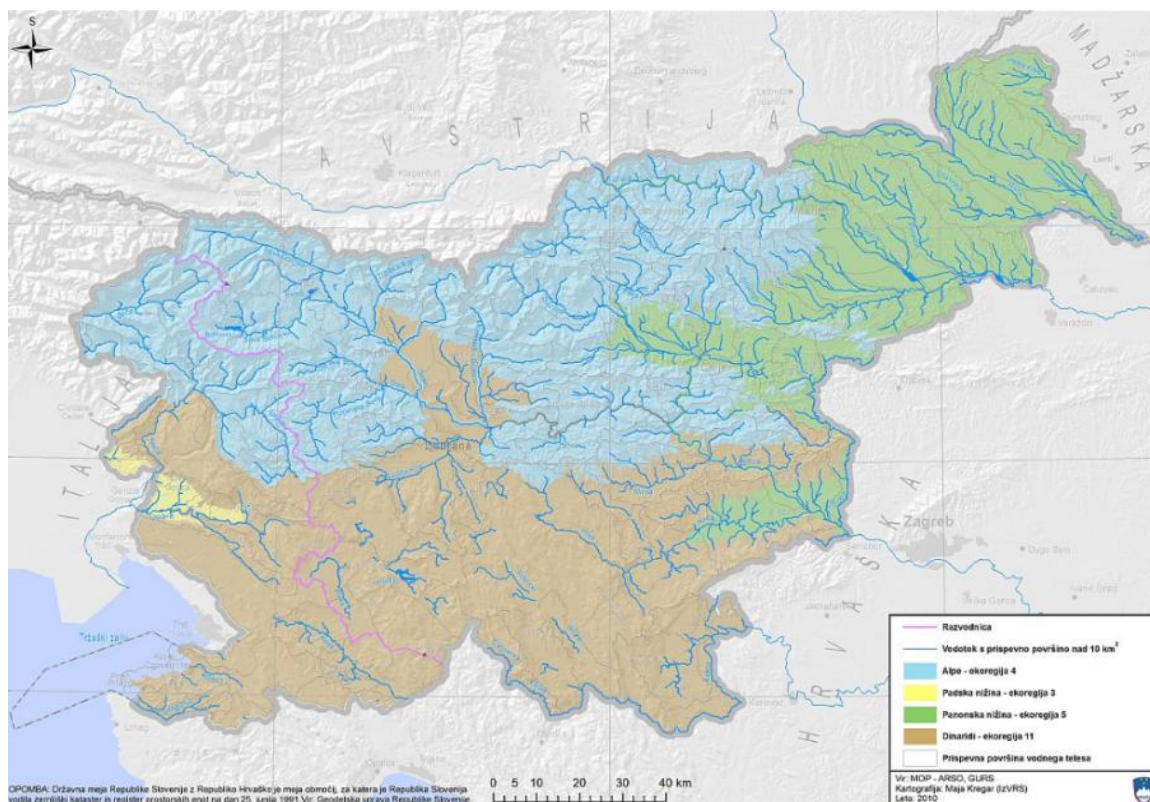
Agencija Republike Slovenije za okolje (ARSO) podatke o pretokih redno spremlja na mreži vodomernih postaj po Sloveniji in jih ureja v obširni podatkovni bazi. Podatki so javni, po zaključeni obdelavi vsakega leta pa se objavijo v hidrološkem letopisu.



Slika 6: Mreža vseh vodomernih postaj.

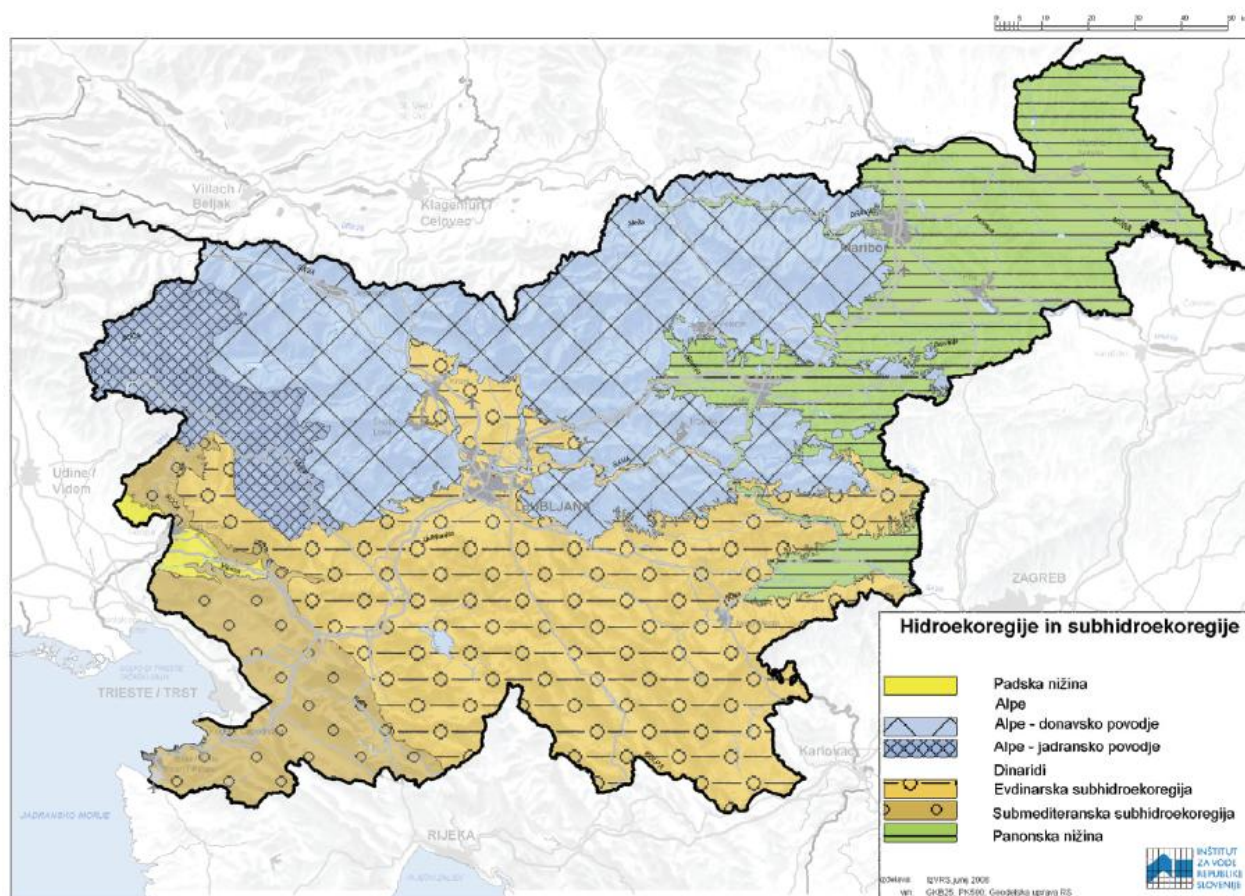
Hidroekoregije so pokrajinska območja celinskih voda, ki jih označujejo različni biotski in abiotski dejavniki, zaradi katerih sta se izoblikovali določena flora in favna. Na podlagi analiz geoloških, geomorfoloških, hidrografskih, hidroloških in geografskih posebnosti posameznih območij so bile določene hidroekoregije, h katerim pripadajo vodotoki in jezera (Izvajanje vodne direktive v Sloveniji, 2006).

V Sloveniji so prisotne 4 hidroekoregije (slika 7): hidroekoregija 3: Italija, Korzika, Malta; hidroekoregija 4: Alpe; hidroekoregija 5: Dinarski zahodni Balkan in hidroekoregija 11: Madžarsko nižavje.



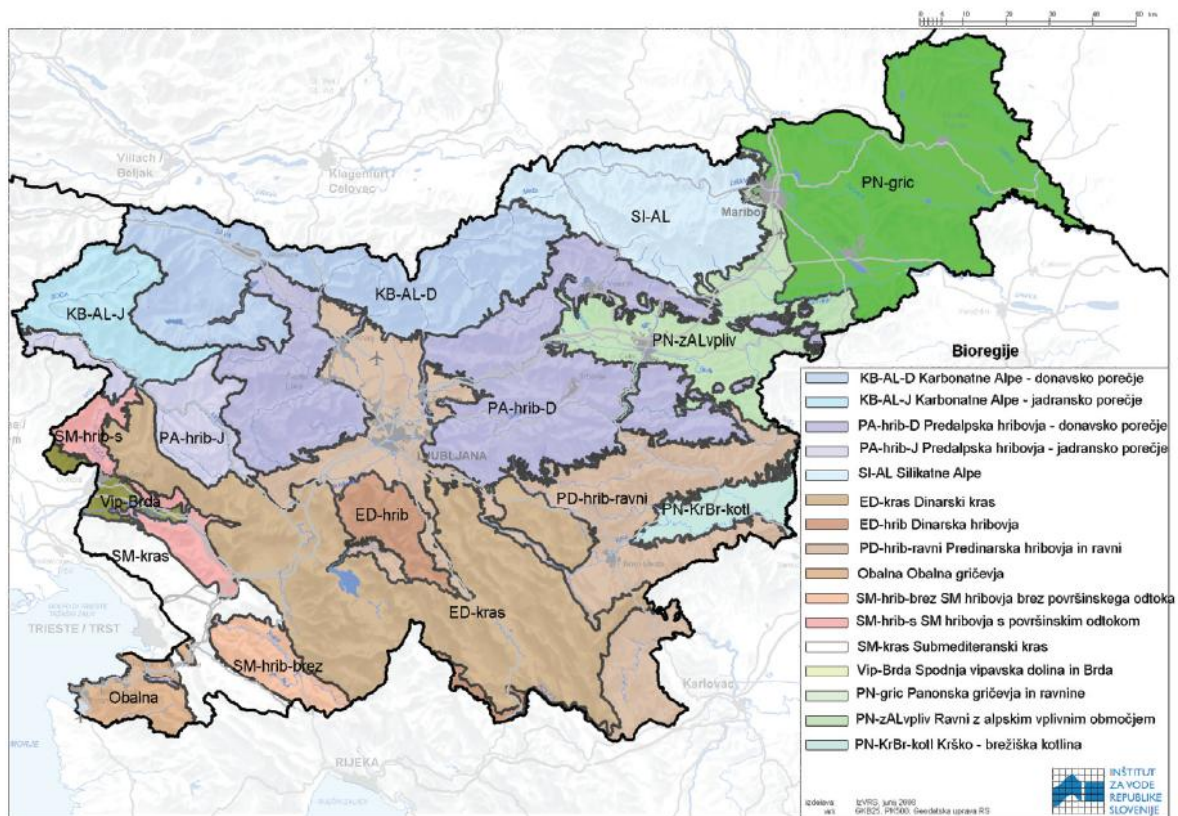
Slika 7: Hidroekoregije v Sloveniji (MOP, 2013).

Opredelitev tipov voda oz. tipologija glede na ekološke značilnosti je eden ključnih korakov karakterizacije površinskih voda v skladu z vodno direktivo (Direktiva 2000/60/ES). V Sloveniji je kot prvi korak opredelitve tipov voda uporabljena razdelitev Slovenije na (hidro)ekoregije. Hidroekoregije so le eden izmed deskriptorjev za opis tipov rek, zato je treba izbrati dodatne deskriptorje ali kombinacije deskriptorjev, s katerimi se opišejo tipi voda, da se lahko zanesljivo določijo tipske referenčne biološke razmere. Ena izmed možnosti izbora kombinacije dejavnikov je tudi določitev bioregij. Bioregija je območje s tipičnimi ekološkimi značilnostmi, na katerih najdemo značilne združbe. Pristop določitve je zelo podoben kot pri določitvi ekoregij, s tem da se na osnovi kombinacije izbranih abiotičnih dejavnikov ekoregije dodatno členijo (Urbanič, 2008).



Slika 8: Hidroekoregije in subhidroekoregije v Sloveniji (Urbanič, 2008).

Za členitev hidroekoregij in subhidroekoregij (Slika 8) na bioregije je bil uporabljen dvostopenjski postopek. V prvem koraku so bile s t. i. »apriornim« pristopom (Barbour in sod. 1999, cit. po Urbanič, 2008), z uporabo in kombinacijo najbolj relevantnih tematskih kart, določene t. i. tipske regije (Urbanič 2005b, cit. po Urbanič, 2008). V drugem koraku je bila ustreznost tipskih regij in tipov »velikih rek« evalvirana z biološkimi podatki. Uporabljeni so bili podatki o bentoških nevretenčarjih, ki so bili pridobljeni v procesu priprave metodologij vrednotenja ekološkega stanja rek v Sloveniji v skladu z Vodno direktivo (Urbanič in sod. 2005, 2006, 2007, cit. po Urbanič, 2008). V primerih, ko biološki podatki niso bili na voljo ali nespremenjene razmere v izbrani regiji niso obstajale, so bili upoštevani le rezultati 1. koraka analize (Urbanič, 2008).



Slika 9: Bioregije v Sloveniji (Urbanič, 2008).

V prvem koraku je bilo določenih 23 tipskih regij in 12 posebnih tipov t. i. velike reke (Urbanič 2005b, cit. po Urbanič, 2008). Kriterij za določitev tipa velika reka je bila velikost prispevnega območja, ki je večje od 2500 km² in/ali srednji letni pretok (sQs) večji od 50 m³/s. S statističnimi analizami na podlagi bioloških podatkov je bilo ugotovljeno, da imajo nekatere tipske regije zelo podobne združbe, zato so bile združene v eno bioregijo. Tako se je s statistično evalvacijo določilo 16 bioregij in 9 velikih rek (Slika 9). V hidroekoregiji Alpe je bilo določenih pet bioregij, od tega dve v jadranskem povodju in tri v donavskem porečju. V hidroekoregiji Dinaridi je bilo določenih sedem bioregij, tri v Evdinarski subhidroekoregiji in štiri v Submediteranski subhidroekoregiji. V Panonski nižini so bile določene tri bioregije, medtem ko hidroekoregija Padska nižina ni bila členjena in je celotna hidroekoregija v Sloveniji le ena bioregija (Urbanič, 2008).

Preglednica 1: Značilnosti bioregij v Sloveniji (Urbanič, 2008).

Št.	Hidroekoregija (Urbanič, 2007)	Subhidroekoregija	Bioregija - ime	Bioregija - kratica	Razred nadmorske višine - razpon	Geologija - prevladujoča
1	3 Padska nižina		3.1 Spodnja Vipavska dolina in Brda	Vip-Brda	0-200	Fliš
2	4 Alpe	4/1 Alpe - donavsko porečje	4/1.1 Karbonatne Alpe - donavsko porečje	KB-AL-D	500-1900	Karbonat
3	4 Alpe	4/1 Alpe - donavsko porečje	4/1.2 Silikatne Alpe	SI-AL	300-1300	Silikat
4	4 Alpe	4/1 Alpe - donavsko porečje	4/1.3 Predalpska hribovja - donavsko porečje	PA-hrib-D	300-900	Karbonat in silikat
5	4 Alpe	4/1 Alpe - donavsko porečje	4/2.1 Karbonatne Alpe - jadransko povodje	KB-AL-J	300-2000	Karbonat
6	4 Alpe	4/1 Alpe - donavsko porečje	4/2.2 Predalpska hribovja - jadransko povodje	PA-hrib-J	200-1100	Karbonat (in silikat)
7	5 Dinaridi	5/1 Evdinarska	5/1.1 Dinarski kras	ED-kras	300-1100	Karbonat
8	5 Dinaridi	5/1 Evdinarska	5/1.2 Dinarska hribovja	ED-hrib	300-900	Karbonat
9	5 Dinaridi	5/1 Evdinarska	5/1.3 Preddinarska hribovja in ravnine	PD-hrib-ravni	100-500	Karbonat (in silikat)
10	5 Dinaridi	5/2 Submediteranska	5/2.1 Submediteranski kras	SM-kras	200-800	Karbonat
11	5 Dinaridi	5/2 Submediteranska	5/2.2 Submediteranska hribovja brez površinskega odtoka	SM-hrib-brez	400-700	Fliš
12	5 Dinaridi	5/2 Submediteranska	5/2.3 Submediteranska hribovja s površinskim odtokom	SM-hrib-s	0-600	Fliš in karbonat
13	5 Dinaridi	5/2 Submediteranska	5/2.4 Obalna gričevja	Obalna	0-400	Fliš
14	11 Panonska nižina		11.1 Panonska gričevja in ravnine	PN-gric	100-400	Silikat
15	11 Panonska nižina		11.2 Panonske ravnine z alpskim vplivnim območjem	PD-zALvpliv	200-400	Silikat (in karbonat)
16	11 Panonska nižina		11.3 Krško-brežiška kotlina	PN-KrBr-kotl	100-200	Silikat in karbonat

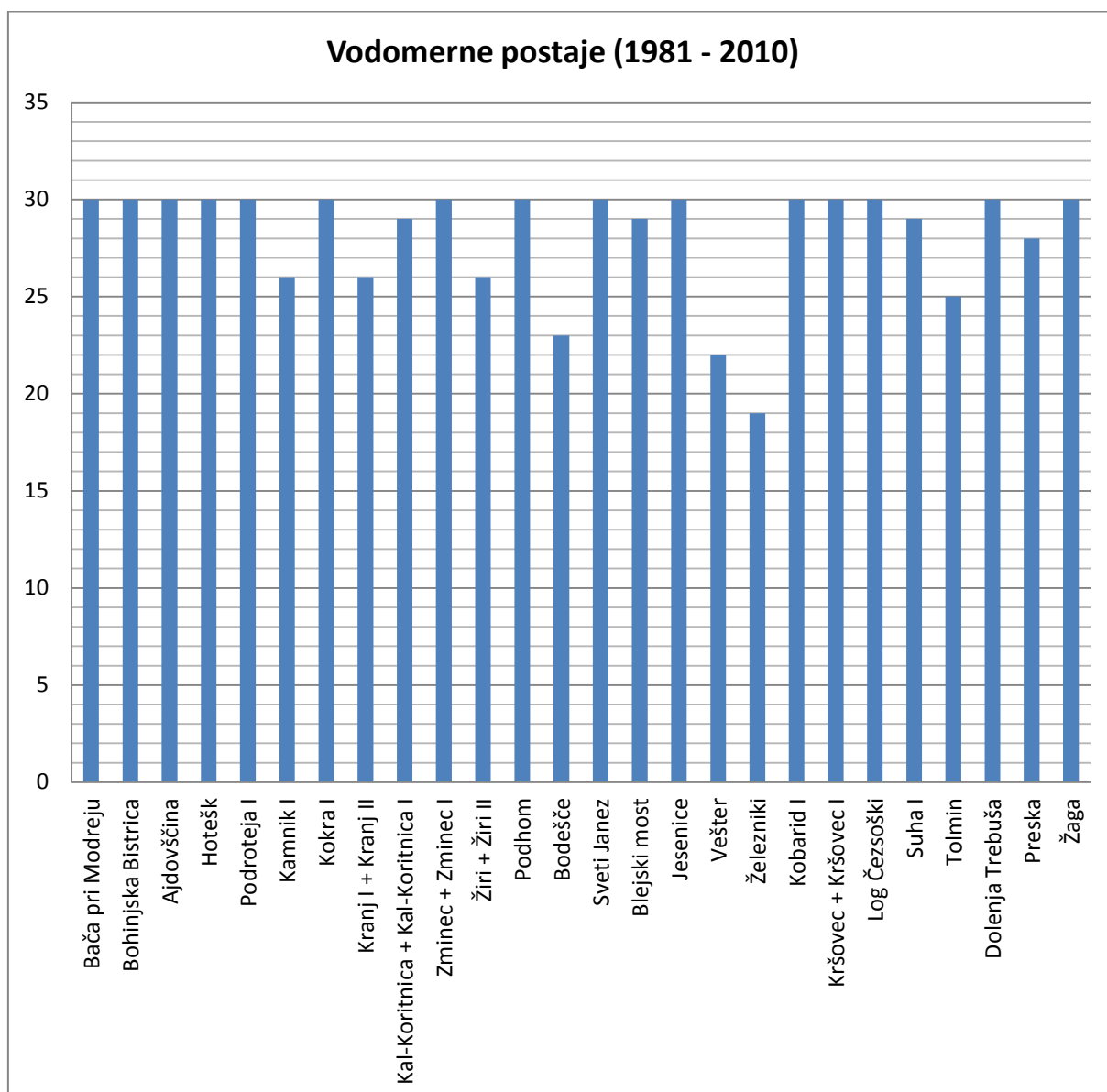
Preglednica 2: Velike reke v Sloveniji (Urbanič, 2008).

Velika reka	Kratica
VR-1 Alpska Sava	VR_AL-Sa
VR-2 Soča	VR_So
VR-3 Dinarska Sava	VR_DN-Sa
VR-4 Ljubljanica	VR_Lj
VR-5 Kolpa	VR_Ko
VR-6 Panonska Sava	VR_PN-Sa
VR-7 Krka	VR_Kk
VR-8 Medalpska Drava	VR_medAL-Dr
VR-9 Mura in ravninska Drava	VR_Mu-ravDr

V analizi sem uporabila podatke o dnevni pretokih za 26 izbranih vodomernih postaj v SZ delu Slovenije. Izbrane vodomerne postaje so na vodotokih Bača, Bistrica, Radovna, Kokra, Sora, Sava Dolinka, Idrijca, Koritnica, Hubelj, Poljanska Sora, Sava Bohinjka, Soča, Tolminka, Trebuša, Učja, Tržiška Bistrica, Kamniška Bistrica in Selška Sora. Nahajajo se v območjih hidroekoregije 4: Alpe in hidroekoregije 5: Dinaridi.

Baze podatkov morajo vsebovati daljše časovne nize zabeleženih podatkov, če želimo, da je analiza kvalitetna. Za določanje vrednosti ekološko sprejemljivega pretoka so zaželeni 30-letni podatki o dnevni pretokih. Srednje vrednosti letnih, nizkih in dekadnih pretokov sem računala na podlagi podatkov, pridobljenih v obdobju od leta 1981 do 2010. Nizi podatkov o pretokih niso pri vseh vodomernih postajah homogeni, zato sem izračunala, koliko podatkov manjka, in pripravila oceno homogenosti serij (Preglednica 3). Nekatere vodomerne postaje so bile v tem obdobju prestavljene ali uničene zaradi različnih naravnih dejavnikov, zato sem morala, da sem zagotovila potrebno časovno bazo podatkov, nekatere prvotne vodomerne postaje združiti z novejšimi. Takšne »zlepljene« vodomerne postaje so Kranj I ter Kranj II na Kokri, Kal-Koritnica in Kal-Koritnica I na Koritnici, Zminec in Zminec I ter Žiri in Žiri II na Poljanski Sori ter Kršovec in Kršovec I na Soči.

Slika 10 prikazuje dolžino uporabljenih pretokov v letih, za izbrane vodomerne postaje.



Slika 10: Uporabljeni nizi podatki v letih za 26 izbranih vodomernih postaj.

V Preglednici 3 so zbrani podatki o vodomernih postajah, koordinate, začetna kota in prispevna površina. Iz zabeleženih dnevni pretokov na vodomernih postajah so izračunani srednji mali pretoki (sQnp) in srednji pretoki (sQs). Srednji mali pretok je definiran kot aritmetično povprečje najnižjih letnih vrednosti srednjega dnevnega pretoka na mestu odvzema v daljšem opazovalnem obdobju. Srednji pretok pa kot aritmetično povprečje

srednjih letnih vrednosti pretoka v daljšem opazovalnem obdobju. Izražata se v m^3/s , izračunata pa po naslednji enačbi (Ur. l. RS, št. 97/2009):

$$sQ_{np} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N Q_{np, i},$$

pri čemer je:

sQ_{np}	.....	srednji mali pretok	$[m^3/s]$,
$Q_{np, i}$	.....	najmanjši srednji dnevni pretok v i-tem koledarskem letu	$[m^3/s]$,
N	.....	število let v opazovalnem obdobju (običajno zadnjih 30 let).	

$$sQ_s = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N Q_{s, i},$$

pri čemer je:

sQ_s	.....	srednji pretok	$[m^3/s]$,
$Q_{s, i}$	.....	srednji pretok v i-tem koledarskem letu	$[m^3/s]$,
N	.....	število let v opazovalnem obdobju (običajno zadnjih 30 let).	

Preglednica 3: Podatki o izbranih vodomernih postajah.

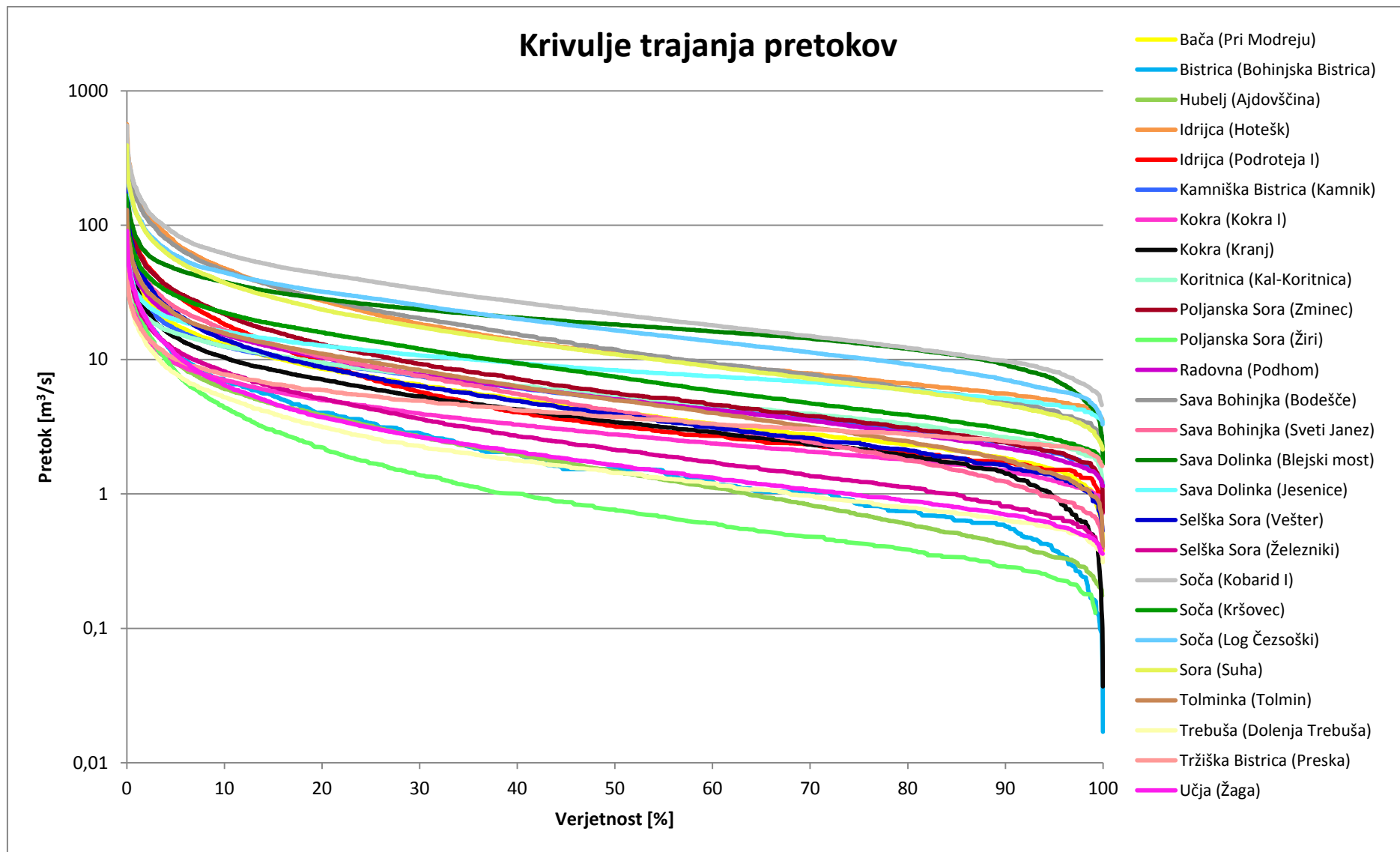
vodotok	vodomerna postaja	koordinate		kota "0"	prispevna površina F [km ²]	sQnp [m ³ /s]	sQs [m ³ /s]	delež podatkov [%]
		GKY	GKX					
Bača	Bača pri Modreju	405797	113112	163,825	142,31	1,31	6,47	100
Bistrica	Bohinjska Bistrica	419451	126031	504,33	ni podatka	0,35	3,18	100
Hubelj	Ajdovščina	415402	83863	107,403	ni podatka	0,31	2,75	100
Idrija	Hotešk	407154	110061	160,81	442,83	4,87	22,33	100
Idrija	Podroteja I	425277	94075	327,04	112,84	1,54	8,06	100
Kamniška Bistrica	Kamnik I	470525	120070	307,799	194,8	1,77	6,89	86,7
Kokra	Kokra I	461770	129206	522,847	112,34	1,26	3,95	100
Kokra	Kranj I	450900	122150	355,817	220,23	1,05	5,44	86,7
	Kranj II	450983	122304	356,952				
Koritnica	Kal-Koritnica	390730	134030	404,613	85,47	2,1	6,85	96,7
	Kal-Koritnica I	390705	134025	404,772				
Poljanska Sora	Zminec	445539	112341	343,313	305,51	1,87	10,08	100
	Zminec I	445580	112390	343,234				
Poljanska Sora	Žiri	431460	99570	480,719	54,39	0,22	2,17	86,7
	Žiri II	431335	100105	474,621				
Radovna	Podhom	430058	139229	566,067	165,6	1,7	7,53	100
Sava Bohinjka	Bodešče	434315	133450	413,897	354,5	3,59	21,82	73,4
Sava Bohinjka	Sveti Janez	414565	126620	524,948	93,99	0,85	7,6	100
Sava Dolinka	Blejski most	433785	136605	427,946	505,4	4,37	21,83	96,7
Sava Dolinka	Jesenice	427697	143744	566,433	257,56	4,63	9,91	100
Selška Sora	Vešter	445177	114477	358,186	212,39	1,23	6,93	72,9
Selška Sora	Železniki	435710	120100	447,397	101,34	0,64	3,86	63,3
Soča	Kobarid I	391369	123552	194,859	434,7	7,81	32,06	100
Soča	Kršovec	392620	133590	403,469	157,21	2,45	11	100
	Kršovec I	392490	133495	401,541				
Soča	Log Čezsoški	384435	131180	340,248	323,38	5,55	22,49	100
Sora	Suha I	448320	113319	329,47	566,34	3,64	18,33	96,7
Tolminka	Tolmin	402760	116670	167,736	73,08	1,24	7,79	83,3
Trebuša	Dolenja Trebuša	440105	106265	186,225	54,7	0,56	2,55	100
Tržiška Bistrica	Preska	446470	135100	488,734	121	2,2	4,78	93,3
Učja	Žaga	383125	130645	341,551	49,41	0,54	3,23	100

5.2 Krivulje trajanja pretokov

Podatke o srednjih dnevni pretokih je mogoče povzeti v obliki krivulje trajanja pretokov. Krivulja trajanja pretokov povezuje pretok z odstotkom časa, ko je vrednost pretoka presežena. Na ordinatni osi so podatki o pretoku v logaritemski skali, na abscisi pa verjetnost, da je pretok presežen (Cole in sod., 2003).

Iz krivulj trajanja pretokov lahko po nekaterih hidroloških metodah odčitamo vrednost ekološko sprejemljivega pretoka, ki v tem primeru predstavlja nek vnaprej določen odstotek pretoka, določen po krivulji trajanja pretokov.

Na Sliki 11 so prikazane krivulje trajanja pretokov za vse vodomerne postaje. V prilogi A so krivulje trajanja pretokov izrisane za vsako vodomerno postajo posebej.



Slika 11: Krivulje trajanja pretokov za izbrane vodomerne postaje.

5.3 Ekološko sprejemljiv pretok

Vrednosti ekološko sprejemljivega pretoka za izbrane vodomerne postaje sem izračunala po metodah, ki se uporabljajo v različnih evropskih državah, ter po Tennantovi metodi, ki je najbolj razširjena hidrološka metoda za določanje ekološko sprejemljivega pretoka na svetu. Vodotoki, na katerih se nahajajo izbrane vodomerne postaje, so v SZ delu Slovenije in spadajo med alpske vodotoke. Slovensko metodo sem primerjala s švicarsko, nemško, avstrijsko in italijansko zaradi podobnosti reliefa in prisotnosti alpskih vodotokov. Vrednost ekološko sprejemljivega pretoka sem računala še po Uredbi o ekološko sprejemljivem pretoku, ki so jo januarja 2013 sprejeli v Bosni in Hercegovini. Primerjava je bila torej izvedena med vrednostmi, ki so bile izračunane po metodah, ki se uporabljajo v 5 Evropskih državah, in po Tennantovi metodi, ter primerjana s tistimi vrednostmi po slovenski Uredbi (2009).

5.3.1 Slovenija

Vlada RS je Uredbo o kriterijih za določitev ter načinu spremljanja in poročanja ekološko sprejemljivega pretoka (Uredba o Qes, Ur.l. RS, št. 97/2009) izdala na podlagi 71. člena Zakona o vodah (2002). Ekološko sprejemljiv pretok se določi na podlagi hidroloških izhodišč, značilnosti odvzema vode, hidroloških, hidromorfoloških in bioloških značilnosti vodotoka ter podatkov o varstvenih režimih, na katere lahko vpliva nameravana posebna raba površinske vode.

Če je dejanski pretok na mestu odvzema manjši od izračunanega Qes, se za ekološko sprejemljiv pretok šteje vrednost dejanskega pretoka na mestu odvzema, imetnik vodne pravice pa v takšnih razmerah vode ne sme odzemat. Objekti ali naprave za odzjem vode morajo biti oblikovani tako, da ne omogočajo odvzema vode, kadar se pretok na mestu odvzema zmanjša pod ekološko sprejemljiv pretok. Pri že podeljenih vodnih pravicah, ki imajo določen minimalni pretok ali ekološko sprejemljiv pretok, se ta v skladu z Uredbo o ekološko sprejemljivem pretoku ohrani tudi vnaprej. Pri tem se upoštevajo vrednosti, določene v pravnomočnem vodnem dovoljenju, koncesijskem aktu, koncesijski pogodbi ali tudi v projektni dokumentaciji, ki je bila podlaga za pravnomočno gradbeno ali uporabno dovoljenje. Pri podeljenih vodnih pravicah, ki nimajo določenega ekološko sprejemljivega pretoka, se ta določi v skladu z Uredbo o ekološko sprejemljivem pretoku, pri tem pa se v posebnih

primernih upošteva tudi vpliv določitve ekološko sprejemljivega pretoka na obstoječo proizvodnjo. Tako se vrednost ekološko sprejemljivega pretoka v posebnih primerih lahko zmanjša, da se ohrani ustrezen obseg proizvodnje, vendar najmanj do vrednosti, ki je predpisana za posebne primere.

Izjeme pri določanju ekološko sprejemljivega pretoka so po Uredbi o ekološko sprejemljivem pretoku (2009) primeri točkovnih odvzemov za proizvodnjo električne energije v malih hidroelektrarnah, vzrejo rib v ribogojnicah, oskrbo s pitno vodo ter povečanje proizvodnje električne energije na malih hidroelektrarnah z dvigom kote gorvodne gladine vode. Uredba o ekološko sprejemljivem pretoku (2009) dovoljuje tudi, da vlagatelj vloge za vodno pravico oz. imetnik vodne pravice predlaga drugačno določitev ekološko sprejemljivega pretoka ob predložitvi študije, ki utemeljuje drugačno vrednost. Študija mora ustrezati minimalnim zahtevam, podanim v prilogi Uredbe o ekološko sprejemljivem pretoku (2009), in mora vključevati vse potrebne elemente v dokaz, da je ekološko sprejemljiv pretok lahko tudi nižji od vrednosti, določene po formuli, ob upoštevanju podanih faktorjev. Študijo in ekspertno mnenje o vrednosti ekološko sprejemljivega pretoka mora potrditi Inštitut za vode RS.

Vrednosti pretokov na mestu odvzema se pridobijo iz podatkov državnega hidrološkega monitoringa, ki ga izvaja Agencija za okolje RS (ARSO). Če na mestu odvzema ne obstajajo podatki o pretokih in je vrednosti sQs in $sQnp$ nemogoče izračunati, je potrebno izdelati oceno vrednosti $sQnp$ in sQs na podlagi podatkov o razmerjih pretoka in velikostih prispevnih površin hidrološko podobnega povodja ali porečja, če gre za hidrogeološko homogeni in hidromorfološko podobni porečji iz iste skupine ekoloških tipov vodotokov, ali na podlagi druge empirične metode. Skupine ekoloških tipov vodotokov so del vodnega katastra, ki so prikazane v Prilogi 2 Uredbe o ekološko sprejemljivem pretoku (2009) ter na spletnih straneh ministrstva, pristojnega za vode. Če niso izpolnjeni pogoji za izdelavo ocene vrednosti pretokov, je treba izvesti simultane hidrometrične meritve pretokov na mestih odvzema in v primerjalnih prerezih na vodotokih bližnjega povodja ali porečja, katerih podatki državnega hidrološkega monitoringa za daljše časovno obdobje so na razpolago. Hidrološka izhodišča morajo biti obrazložena in utemeljena s standardiziranimi metodami in opremo.

Občutljivost vodotoka na odvzem vode upoštevamo tako, da razvrstimo vodotoke v skupine ekoloških tipov, ki so določeni v skladu s predpisi, ki urejajo stanje površinskih voda glede na hidrološke, hidravlične in biološke značilnosti. Za potrebe določanja ekološko sprejemljivega pretoka so vodotoki razvrščeni v 4 skupine ekoloških tipov. Skupine so sestavljene glede na občutljivost za odvzem vode. Znotraj skupine se občutljivost spreminja tudi glede na velikost vodotoka. Najobčutljivejši so manjši vodotoki (z zelo majhnimi prispevnimi površinami – pod 10 km^2), najmanj občutljivi pa so veliki vodotoki, velike reke. V skupini 1 in 2 ekoloških tipov

vodotokov so razvrščeni najboljčutljivejši vodotoki, za katere pri določanju ekološko sprejemljivega pretoka upoštevamo tudi razmerje med sQs in sQnp.

Razvrstitev vodotokov v skupine ekoloških tipov vodotokov za izračun ekološko sprejemljivega pretoka (povzeto po: Uredba o ekološko sprejemljivem pretoku (2009)), prikazujem v preglednici 4.

Preglednica 4: Skupine ekoloških tipov vodotokov za izračun Qes (Ur. l. RS, št. 97/2009).

Skupina ekoloških tipov	Ekoregija	Bioregija	Ekološki tip vodotoka
1	3	Spodnja vipavska dolina in Brda	vsi ekološki tipi v bioregiji
	11	Panonska gričevja in ravnine	vsi ekološki tipi v bioregiji
	11	Krško-brežiška kotlina	vsi ekološki tipi v bioregiji
	5	Obalna gričevja	vsi ekološki tipi v bioregiji
	11	Panonske ravnine z alpskih vplivnim območjem	vsi ekološki tipi v bioregiji
2	4	Predalpska hribovja –donavsko porečje	vsi ekološki tipi v bioregiji
	4	Predalpska hribovja –jadransko povodje	vsi ekološki tipi v bioregiji
	5	Preddinarska hribovja in ravnine	vsi ekološki tipi v bioregiji
	5	Dinarski kras	vsi ekološki tipi v bioregiji
	5	Submediteranski kras	vsi ekološki tipi v bioregiji
	5	Submediteranska hribovja brez površinskega odtoka	vsi ekološki tipi v bioregiji
	5	Submediteranska hribovja s površinskim odtokom	vsi ekološki tipi v bioregiji
3	4	Karbonatne Alpe – donavsko porečje	vsi ekološki tipi v bioregiji
	4	Silikatne Alpe	vsi ekološki tipi v bioregiji
	4	Karbonatne Alpe – jadransko povodje	vsi ekološki tipi v bioregiji
	5	Dinarska hribovja	vsi ekološki tipi v bioregiji
4		Velike reke	vsi ekološki tipi v bioregiji

Na podlagi hidroloških izhodišč se nato lahko izračuna vrednost ekološko sprejemljivega pretoka po naslednji empirični enačbi:

$$Q_{es} = f \times sQ_{np} \quad [m^3/s],$$

pri čemer je:

Q_{es}	.....	ekološko sprejemljiv pretok,
f	.....	faktor, odvisen od ekološkega tipa vodotoka,
sQ_{np}	.....	srednji mali pretok.

Koeficienti v empirični enačbi za določanje Q_{es} po Uredbi (2009) so določeni na podlagi korelacij med srednjimi malimi pretoki sQ_{np} in tistimi ekološko sprejemljivimi pretoki Q_{es} , ki so bili v preteklosti že izračunani na podlagi interdisciplinarnih študij. Pretoki Q_{es} , ki jih določa Uredba o Q_{es} (2009), tako niso izračunani le na podlagi enostavnih hidroloških enačb, saj so ozadje teh enačb predhodne študije. Upoštevanje študij v empirični enačbi za izračun Q_{es} se kaže tudi v velikem razponu vrednosti faktorjev f , ki so med 0,3 in 3,84 (dobimo iz produkta $1,6 \times 2,4$).

Vrednosti faktorja f so v Uredbi o ekološko sprejemljivem pretoku določene v preglednicah v Prilogi 1 glede na:

- nepovratni ali povratni odvzem vode,
- dolžino povratnega odvzema vode,
- količino odvzema, opredeljeno glede na vrednosti srednjega pretoka na mestu odvzema,
- skupino ekoloških tipov vodotoka,
- razmerje med srednjim in srednjim malim pretokom.

Nepovraten odvzem vode je odvzem, pri katerem se odvzeta voda ne vrača nazaj v isti vodotok, povraten odvzem je odvzem, pri katerem se odvzeta voda vrača nazaj v isti vodotok, točkoven odvzem vode pa je povraten odvzem, pri katerem se odvzeta voda vrača v vodotok tik pod odvzemom oziroma jezom. Kratek odvzem vode je definiran kot povraten odvzem, pri katerem se odvzeta voda vrača v vodotok na razdalji, merjeni po liniji vodotoka, ki je:

- krajša ali enaka 100 m, če gre za odvzem na vodotoku, razvrščenem v ekološki tip s prispevno površino, enako ali manjšo od 100 km^2 , ali

- krajša ali enaka 500 m, če gre za odvzem na vodotoku, razvrščenem v ekološki tip s prispevno površino, večjo od 100 km² (Uredba o Qes, Ur.l. RS, št. 97/2009).

Vrednosti faktorja f za izračun ekološko sprejemljivega pretoka pri nepovratnem odvzemu (povzeto po: Uredba o ekološko sprejemljivem pretoku (2009)) prikazujem v Preglednici 5.

Preglednica 5: Vrednosti faktorja f za izračun Qes pri nepovratnem odvzemu (Ur. I. RS, št. 97/2009).

Skupina ekoloških tipov	Velikost prispevne površine				
	< 10 km ²	10 - 100 km ²	100 - 1000 km ²	1000 - 2500 km ² in sQs < 50 m ³ /s	> 2500 km ² ali sQs > 50 m ³ /s
Majhen odvzem celo leto ali velik odvzem v sušnem obdobju					
1	1,5	1,5	1,2	1	
2	1,5	1,2	1	1	
3	1,2	1	0,8		
4					0,8
Velik odvzem v vodnatem obdobju					
1	2,4	2,4	1,9	1,6	
2	2,4	1,9	1,6	1,6	
3	1,9	1,6	1,3		
4					1,3

Vrednosti faktorja f za izračun ekološko sprejemljivega pretoka pri povratnem odvzemu (povzeto po: Uredba o ekološko sprejemljivem pretoku (2009)) prikazuje Preglednica 6.

Preglednica 6: Vrednosti faktorja f za izračun Qes pri povratnem odvzemu (Ur. I. RS, št. 97/2009).

Skupina ekoloških tipov	Velikost prispevne površine				
	< 10 km ²	10–100 km ²	100–1000 km ²	1000–2500 km ² in sQs < 50 m ³ /s	> 2500 km ² ali sQs > 50 m ³ /s
Točkoven odvzem					
1	0,7	0,7	0,5	0,4	
2	0,7	0,5	0,4	0,4	
3	0,5	0,4	0,3		
4					0,3
Kratek odvzem celo leto ali dolg odvzem v sušnem obdobju					
1	1,2	1,2	1	0,8	
2	1,2	1	0,8	0,8	
3	1	0,8	0,7		
4					0,7
Dolg odvzem v vodnatem obdobju					
1	1,9	1,9	1,6	1,3	
2	1,9	1,6	1,3	1,3	
3	1,6	1,3	1,1		
4					1,1

V obeh primerih (povratnega in nepovratnega) odvzema se faktor f pomnoži z 1,6, če je razmerje med srednjim pretokom in srednjim malim pretokom na mestu odvzema večje od 20. Faktor f se pomnoži z 2, če gre za posebno rabo vode na ekološkem tipu vodotoka iz skupine 1 in 2 ter če je razmerje med srednjim in srednjim malim pretokom na mestu odvzema večje od 20.

Vrednosti ekološko sprejemljivega pretoka se lahko spremenijo na vrednost iz mnenja organizacije, pristojne za ribištvo, kadar je to potrebno za zagotavljanje prehajanja rib skozi grajene objekte ali zaradi zmanjšanja vpliva posega na stanje rib. Ekološko sprejemljiv pretok pa se lahko spremeni tudi zaradi naravovarstvenih usmeritev ali smernic, če je to v skladu s predpisi o ohranjanju narave ali naravne vrednote. V Preglednici 7 so prikazane vrednosti Qes na izbranih vodomernih postajah, izračunane po Uredbi o Qes (2009).

Preglednica 7: Vrednosti ekološko sprejemljivega pretoka na izbranih vodomernih postajah, izračunane po Uredbi o Qes (Ur. l. RS, št. 97/2009).

vodotok	vodomerna postaja	prispevna površina F [km ²]	hidroekoregija	skupina ekoloških tipov	sQnp [m ³ /s]	sQs [m ³ /s]
Bača	Bača pri Modreju	142,31	4	3	1,31	6,47
Bistrica	Bohinjska Bistrica	ni podatka	4	3	0,35	3,18
Hubelj	Ajdovščina	ni podatka	5	2	0,31	2,75
Idrijca	Hotešk	442,83	4	2	4,87	22,33
Idrijca	Podroteja I	112,84	4	2	1,54	8,06
Kamniška Bistrica	Kamnik I	194,8	5	3	1,77	6,89
Kokra	Kokra I	112,34	4	3	1,26	3,95
Kokra	Kranj I	220,23	5	3	1,05	5,44
	Kranj II					
Koritnica	Kal-Koritnica	85,47	4	3	2,1	6,85
	Kal-Koritnica I					
Poljanska Sora	Zminec	305,51	4	2	1,87	10,08
	Zminec I					
Poljanska Sora	Žiri	54,39	4	2	0,22	2,17
	Žiri II					
Radovna	Podhom	165,6	4	3	1,7	7,53
Sava Bohinjka	Bodešče	354,5	4	3	3,59	21,82
Sava Bohinjka	Sveti Janez	93,99	4	3	0,85	7,6
Sava Dolinka	Blejski most	505,4	4	3	4,37	21,83
Sava Dolinka	Jesenice	257,56	4	3	4,63	9,91
Selška Sora	Vešter	212,39	4	2	1,23	6,93
Selška Sora	Železniki	101,34	4	2	0,64	3,86
Soča	Kobarid I	434,7	4	4	7,81	32,06
Soča	Kršovec	157,21	4	4	2,45	11,0
	Kršovec I					
Soča	Log Čezsoški	323,38	4	4	5,55	22,49
Sora	Suha I	566,34	5	2	3,64	18,33
Tolminka	Tolmin	73,08	4	3	1,24	7,79
Trebuša	Dolenja Trebuša	54,7	4	2	0,56	2,55
Tržiška Bistrica	Preska	121	4	3	2,2	4,78
Učja	Žaga	49,41	4	3	0,54	3,23

Se nadaljuje ...

... nadaljevanje

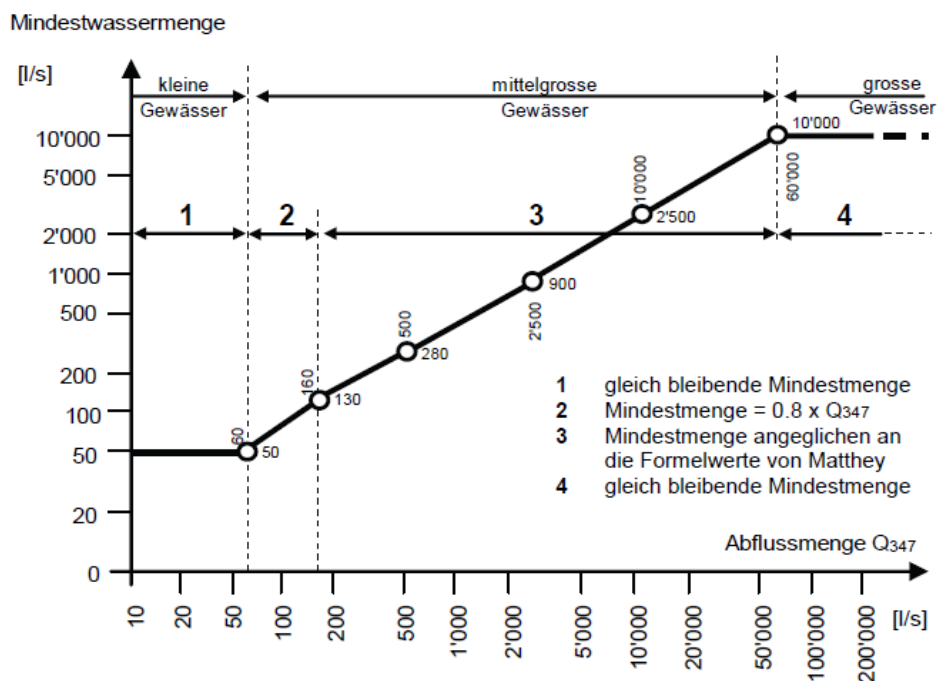
vodotok	vodomerna postaja	Uredba o Qes, nepovraten odvzem		Uredba o Qes, povraten odvzem		Uredba o Qes, točkoven odvzem	
		f	Qes [m ³ /s]	f	Qes [m ³ /s]	f	Qes [m ³ /s]
Bača	Bača pri Modreju	0,8	1,0	0,7	0,92	0,3	0,39
Bistrica	Bohinjska Bistrica	0,8	0,28	0,7	0,25	0,3	0,11
Hubelj	Ajdovščina	1	0,31	0,8	0,25	0,4	0,12
Idrijca	Hotešk	1	4,9	0,8	3,9	0,4	1,9
Idrijca	Podroteja I	1	1,5	0,8	1,2	0,4	0,62
Kamniška Bistrica	Kamnik I	0,8	1,4	0,7	1,2	0,3	0,53
Kokra	Kokra I	0,8	1,0	0,7	0,88	0,3	0,34
Kokra	Kranj I	0,8	0,84	0,7	0,74	0,3	0,32
	Kranj II						
Koritnica	Kal-Koritnica	1	2,1	0,8	1,7	0,4	0,84
	Kal-Koritnica I						
Poljanska Sora	Zminec	1	1,9	0,8	1,5	0,4	0,75
	Zminec I						
Poljanska Sora	Žiri	1,2	0,24	1	0,22	0,5	0,11
	Žiri II						
Radovna	Podhom	0,8	1,4	0,7	1,2	0,3	0,51
Sava Bohinjka	Bodešče	0,8	2,9	0,7	2,5	0,3	1,1
Sava Bohinjka	Sveti Janez	1	0,85	0,8	0,68	0,4	0,34
Sava Dolinka	Blejski most	0,8	3,5	0,7	3,1	0,3	1,3
Sava Dolinka	Jesenice	0,8	3,7	0,7	3,2	0,3	1,4
Selška Sora	Vešter	1	1,2	0,8	1,0	0,4	0,49
Selška Sora	Železniki	1	0,64	0,8	0,51	0,4	0,26
Soča	Kobarid I	0,8	6,3	0,7	5,5	0,3	2,3
Soča	Kršovec	0,8	2,0	0,7	1,7	0,3	0,74
	Kršovec I						
Soča	Log Čezsoški	0,8	4,4	0,7	3,9	0,3	1,7
Sora	Suha I	1	3,6	0,8	2,9	0,4	1,5
Tolminka	Tolmin	1	1,2	0,8	0,99	0,4	0,50
Trebuša	Dolenja Trebuša	1,2	0,67	1	0,56	0,5	0,28
Tržiška Bistrica	Preska	0,8	1,8	0,7	1,5	0,3	0,66
Učja	Žaga	1	0,54	0,8	0,43	0,4	0,22

5.3.2 Švica

V skladu z 31. členom Zakona o varstvu voda (Gewässerschutzgesetz, GSchG (1991)) so vodotoki po velikosti razdeljeni v tri skupine. V skupino majhnih vodotokov (s pretoki Q_{347} do 60 l/s), srednje velikih vodotokov (vodotoki s pretoki Q_{347} do 160 l/s in vodotoki s pretoki Q_{347} od 160 do 60000 l/s) ter velikih vodotokov (pretoki Q_{347} nad 60000 l/s). Mejne vrednosti ekološko sprejemljivih pretokov za določeno skupino vodotokov so zbrane v Preglednici 8.

Preglednica 8: Mejne vrednosti ekološko sprejemljivih pretokov za velikostne skupine vodotokov (Zakon o varstvu voda, GSchG (1991)).

Q_{347}	Q_{min}	Q_{347}/Q_{min}
do 60 l/s	50 l/s	83%
160 l/s	130 l/s	81%
500 l/s	280 l/s	56%
2500 l/s	900 l/s	36%
10000 l/s	2500 l/s	25%
> 60000 l/s	10000 l/s	< 16%



Slika 12: Grafični prikaz metode za določanje Q_{es} v Švici (Uhlmann in sod. 2006).

Krivulji v logaritemski skali na Sliki 12 v najpogostejših primerih (med $Q_{347} = 160$ l/s in $Q_{347} = 60000$ l/s) ustreza enačba Matthey:

$$Q_{es} = 15 \times \frac{Q_{300}}{\ln(Q_{300})^2} \quad l_s .$$

Enačba Matthey temelji na opazovanju različnih vrst vodotokov (tudi različnih krajinskih tipov) v kantonu Vaud. Razvita je bila za določanje minimalnih pretokov, ki so potrebni v ribolovnih vodah. Kot spremenljivko za izračun vzamemo pretok vode, ki se v letu najpogosteje pojavlja, biologija vodnih teles pa je nanj prilagojena (Q_{300} ali Q_h , ne Q_{347}). Matthey je v svoji enačbi izrazil to, kar je opaziti v naravi; majhna vodna telesa potrebujejo sorazmerno večje količine minimalnega pretoka kot veliki vodotoki. Izkazalo se je, da lahko naravno stanje v gorskih regijah z enačbo le delno predstavimo, posamezne lastnosti vodotokov pa enačba le malo upošteva. Na podlagi 31. in 33. člena Zakona o varstvu voda se lahko ekološko sprejemljiv pretok ustrezno poveča (Uhlmann in sod. 2006).

V skladu z zakonom se mora izračunani ekološko sprejemljivi pretok povečati v primeru, kadar naslednje zahteve niso izpolnjene in jih ni mogoče zagotoviti z drugimi ukrepi:

- predpisano kakovost površinskih voda je treba vzdrževati kljub obstoječim odvzemu vode in odvajanju odpadnih voda,
- podzemne vodne vire je potrebno še naprej napajati tako, da bistveno ne vplivajo na zahtevano količino pitne vode ter vodno bilanco kmetijskih površin,
- redke habitate in skupnosti, ki so neposredno ali posredno odvisne od vrste in velikosti vodnega telesa je potrebno ohraniti ali jih nadomestiti s čim bolj enakovrednimi, če to ni v nasprotju s tehničnimi razlogi,
- za prosto migracijo rib je potrebno zagotoviti potrebno globino vode,
- v vodotokih s pretokom Q_{347} , manjšim od 40 l/s, ki se nahajajo pod 800 m n.v. in ki služijo kot drstišča ali območja gojenja rib, mora biti njihova funkcija še naprej zagotovljena (Zakon o varstvu voda, GSchG (1991)).

Enačba Matthey obravnava zlasti majhne vodotoke v osrednji planoti (Centralna planota), ki so pomembni za vzrejo rib kot gospodarske dejavnosti, zato določitev, da mora biti zagotovljena minimalna količina vode v strugi pri pretoku $Q_{347} = 60$ l/s vsaj 50 l/s. V švicarskih gorskih kantonih se pokaže, da za gorske vodotoke, ki imajo relativno majhne pretoke Q_{347} , ekološko sprejemljiv pretok 50 l/s pomeni veliko »žrtev« glede na proizvodnjo. Tako visoke vrednosti ekološko sprejemljivih pretokov lahko onemogočajo odzem vode v daljšem časovnem obdobju v letu. Zato so v zakonu opisane izjeme pri določanju ekološko

sprejemljivega pretoka v vodotokih, ki niso pomembni z ribolovnega vidika, ter tiste vodotoke, ki se nahajajo nad 1700 m nadmorske višine.

Kantoni lahko določijo znižanje minimalne količine preostalega pretoka v naslednjih primerih:

- če je pretok Q_{347} manjši od 50 l/s na območju 1000 m dolvodno od vodnega odvzema vodnega telesa, ki leži višje od 1700 m n.v., ali v vodnih telesih, ki niso pomembna za ribjo populacijo in ležijo med 1500 in 1700 m nadmorske višine,
- zmanjšanje pretoka Q_{347} za 35% na razdalji 1000 m pod odvzemom, da bi zagotovili ustrezen pretok za koncesionarje, v rečnih odsekih, ki niso pomembni za ribjo populacijo in imajo nizek ekološki potencial, če se s tem bistveno ne vpliva na naravne funkcije vodnega telesa,
- ko gre za del zaščite in načrtovanje rabe zemljišč na omejenem, topografsko zaokroženem območju, če je to v skladu z ustreznimi ukrepi, kot je prepoved kakršnih koli drugih odvzemov vode na istem območju, ter s pridobitvijo soglasja zveznega sveta,
- v izrednih primerih začasne odvzeme, zlasti za oskrbo s pitno vodo, gašenje požara ali za namakanje kmetijskih zemljišč (Zakon o varstvu voda, GSchG (1991)).

V Preglednici 9 so prikazane vrednosti Q_{es} , izračunane po Zakonu o varstvu voda (GSchG (1991)) na izbranih vodomernih postajah.

Preglednica 9: Vrednosti ekološko sprejemljivega pretoka na izbranih vodomernih postajah, izračunane po Zakonu o varstvu voda (GSchG (1991)).

vodotok	vodomerna postaja	prispevna površina F [km ²]	sQs [m ³ /s]	izračunano po Matthey		
				Q ₃₀₀ [m ³ /s]	Q ₃₀₀ [l/s]	Qes [m ³ /s]
Bača	Bača pri Modreju	142,31	6,47	2,23	2230	0,56
Bistrica	Bohinjska Bistrica	ni podatka	3,18	0,69	690	0,24
Hubelj	Ajdovščina	ni podatka	2,75	0,55	550	0,21
Idrijca	Hotešk	442,83	22,33	6,36	6360	1,2
Idrijca	Podroteja I	112,84	8,06	1,96	1960	0,51
Kamniška Bistrica	Kamnik I	194,8	6,89	2,87	2870	0,68
Kokra	Kokra I	112,34	3,95	1,73	1730	0,47
Kokra	Kranj I	220,23	5,44	1,82	1820	0,48
	Kranj II					
Koritnica	Kal-Koritnica	85,47	6,85	3,18	3180	0,73
	Kal-Koritnica I					
Poljanska Sora	Zminec	305,51	10,08	2,93	2930	0,69
	Zminec I					
Poljanska Sora	Žiri	54,39	2,17	0,35	350	0,15
	Žiri II					
Radovna	Podhom	165,6	7,53	2,7	2700	0,65
Sava Bohinjka	Bodešče	354,5	21,82	5,82	5820	1,2
Sava Bohinjka	Sveti Janez	93,99	7,6	1,66	1660	0,45
Sava Dolinka	Blejski most	505,4	21,83	11,44	11440	2,0
Sava Dolinka	Jesenice	257,56	9,91	5,74	5740	1,1
Selška Sora	Vešter	212,39	6,93	1,97	1970	0,51
Selška Sora	Železniki	101,34	3,86	1,04	1040	0,32
Soča	Kobarid I	434,7	32,06	11,67	11670	2,0
Soča	Kršovec	157,21	11	3,7	3700	0,82
	Kršovec I					
Soča	Log Čezsoški	323,38	22,49	8,77	8770	1,6
Sora	Suha I	566,34	18,33	5,63	5630	1,1
Tolminka	Tolmin	73,08	7,79	2,3	2300	0,58
Trebuša	Dolenja Trebuša	54,7	2,55	0,75	750	0,26
Tržiška Bistrica	Preska	121	4,78	2,71	2710	0,65
Učja	Žaga	49,41	3,23	0,85	850	0,28

5.3.3 Nemčija

Zvezna republika Nemčija je upravno razdeljena na 16 zveznih dežel. Na področju urejanja voda je v okviru zvezne zakonodaje sprejet Zakon o vodah (Wasserhaushaltsgesetz, WHG (2009)). Na podlagi krovnega zakona pa nato vsaka dežela sprejme deželni Zakon o vodah (Wassergesetz).

Dežele, ki sem jih vključila v svojo analizo, so Baden-Württemberg, Bavarska (Bayern), Hessen, Severno Porenje – Vestfalija (Nordrhein-Westfalen), Porenje-Pfalška (Rheinland-Pfalz) in Saška (Sachsen).

Želja je bila sprejeti enotne ureditve na področju določanja ekološko sprejemljivega pretoka za vse dežele s pomočjo projekta LAWA. V tem primeru bo potrebno deželne odloke posodobiti. V postopkih pridobivanja soglasij organi, pristojni za vode, zahtevajo ekološko usmerjene minimalne pretoke vodotokov, v skladu z metodo FST, ki v primeru gorskih vodotokov določa ekološko sprejemljive pretoke med 47 in 136 % vrednosti sQnp (Bunge in sod. 2003).

BADEN-WÜRTTEMBERG

V skladu z deželnim Zakonom o vodah je potrebno pri vsakem odvzemu vode zagotoviti količino vode (minimalni pretok), ki je potrebna, da je ekološka funkcionalnost ohranjena. Skupni odlok Ministrstva za okolje in gospodarstvo, ki je bil sprejet dne 25. 2. 1993, zahteva, da je minimalni pretok izrecno določen. Zahteve, ki jih je potrebno upoštevati v zvezi z določitvijo minimalnega pretoka, so vključene v prilogi (Bunge in sod. 2003).

Minimalni pretok se določi v dveh fazah. V prvem koraku se vrednost minimalnega pretoka ugotovi iz hidroloških podatkov. Te vrednosti je treba v drugem koraku preveriti ob upoštevanju lokalnih razmer. Vrednosti, ki so bile v drugem koraku ugotovljene na osnovi lokalnih značilnosti, lahko povečajo izračunane vrednosti minimalnih pretokov za 1/6 srednjega nizkega pretoka (sQnp). Orientacijska vrednost za določitev minimalnih pretokov je 1/3 sQnp. Minimalni pretoki so določeni predvsem na podlagi letne dinamike pretokov. Minimalni pretoki so lahko tudi nižji, vendar ne manjši od 1/6 sQnp. Vrednosti so prilagojene lokalnim razmeram, upoštevajoč naslednja merila:

- ohranjanje medsebojnih povezav in funkcionalnosti habitata,
- funkcionalnost ribjih poti,
- kakovost vode,
- napajanje podtalnice,

- temperaturno ravnovesje,
- dolžina odvzema in vračanja vode,
- estetska privlačnost pokrajine,
- stabilnost vodnega dna (Bunge in sod. 2003).

S poznavanjem povprečnih letnih nizkih pretokov vodotoka na mestu odvzema je lahko orientacijska vrednost ustrezno določena. Vrednosti sQ_{np} so sprva regionalno opredelili za naravna povodja, vendar ker predvidene vrednosti sQ_{np} predstavljajo trenutno stanje pretokov, so dodali dopolnitve za obstoječe antropogene vplive, kot so odvzemi za pitno vodo, odvajanje in vnos odpadnih voda ter dopolnitve k vrednostim ekološko sprejemljivih pretokov zaradi krajinskih značilnosti, kot so na primer kraške hidrološke razmere (Bartl in sod. 2005).

Pri odvzemu vode za male hidroelektrarne ne sme biti ekološko sprejemljiv pretok manjši od $1/6 sQ_{np}$. Minimalni pretok je lahko po veljavnih lokalni značilnostih največ $1/6$ višji od referenčne vrednosti in tako znaša največ $1/2 sQ_{np}$. V odloku, ki ureja področje hidroenergije, je kot orientacijska vrednost za minimalen zagotovljen pretok v strugi določena vrednost $1/3 sQ_{np}$.

Vrednosti ekološko sprejemljivega pretoka so lahko tudi višje od $1/2 sQ_{np}$, in sicer v primerih:

- če je sQ_{np} zelo majhen (okoli 60 l/s),
- če je vodno telo posebnega pomena za zaščito narave ali varstvo habitatov ali
- če je to potrebno za doseganje ciljev v okviru Evropske vodne direktive o vodah (Bartl in sod. 2005).

BAVARSKA

Zakonsko podlago za določanje minimalnega pretoka v odsekih po odvzemu je sprejelo in objavilo bavarsko Ministrstvo za državni razvoj in okoljska vprašanja julija 1996.

Smernice za določanje minimalnega pretoka so namenjene organom, odgovornim za gospodarjenje z vodnimi viri, kot vodilo za pripravo strokovnih mnenj in s tem pomenijo enotno obravnavanje teh vprašanj po vsej deželi. Smernice v glavnem veljajo samo za obstoječe male hidroelektrarne in za tiste, ki še nimajo vodnega dovoljenja, vendar ne presegajo zmogljivosti 500 kW. Za vse ostale večje hidroelektrarne in odvzeme vode pa je v uporabi posebna metodologija, ki vključujejo državne organe upravljanja z vodami (Bunge in sod. 2003).

V skladu s smernicami za določanje ekološko sprejemljivega pretoka poteka le-to v petih korakih.

Korak 1: Zbiranje osnovnih podatkov

Osnovni podatki so splošne informacije o vodnem telesu, opis prispevnega območja, hidrološke razmere, naravno ravnotežje, podatki o odjemalcih in podobno. Po navadi se pridobijo iz dokumentov, ki jih predloži investitor k prošnji za pridobitev vodnega dovoljenja. V kolikor so potrebne še dodatne informacije, se te lahko pridobijo na Uradu za upravljanje z vodami.

Korak 2: Ocena vrednosti »vodne ekologije« ($Q_{GÖ}$)

Upoštevati je potrebno naslednja merila:

- določitev karakteristik pretoka blizu dna,
- kakovost vode,
- ribe,
- izgled vodne krajine,
- mnenje pristojnega organa je potrebno pridobiti, kadar je lokacija odvzema v zaščitenem območju, kadar gre za ogrožene vrste, kadar imajo vodni odseki veliko ekološko vrednost in kadar je pod vprašajem obstoj dragocenih biotopov.

Na ta način pridobljen pretok $Q_{GÖ}$ omočenosti dna vodotoka je osnova pri tehtanju interesov za ali proti pri rabi vode v gospodarskih panogah.

Korak 3: Ocenjevanje tako imenovane vrednosti ekonomske mejne vrednosti (Q_{EN})

Učinki obveznih minimalnih pretokov dolvodno od odvzemov ($Q_{GÖ}$) so v skladu s sistemom grobo ocenjeni glede na dobičkonosnost malih in mikro hidroelektrarn. Ocena Q_{EN} se sklicuje na obvezno količino minimalnega pretoka. V primerih, ko Q_{EN} ne dosega zadovoljive vrednosti, je izraba vodnega potenciala v gospodarske namene morda nesmiselna.

Korak 4: Priporočen minimalni pretok (Q_{RE})

V postopkih izdaje soglasij pri obstoječih vodnih objektih (nova dovoljenja za obratovanje zaradi izteka soglasij) je v skladu z zakonom, ki ureja področje voda, priporočeno, da priporočen minimalen pretok Q_{RE} ne vpliva na obstoj vodnih objektov. To pomeni, da je Q_{RE} v splošnem enak Q_{EN} , razen če se izkaže, da je $Q_{GÖ}$ nižji od Q_{EN} . To ne velja za odseke značilnih ekoloških vrednosti. Če se izkaže, da sta vrednosti Q_{EN} ali Q_{RE} veliko nižji od

vrednosti $Q_{GÖ}$, se določitev minimalnih pretokov lahko opusti, razen če se zdi, da je lahko ekološko koristna (Bunge in sod. 2003).

HESSEN

V zvezi z uporabo hidroelektrarn na splošno in o vprašanju minimalnega pretoka je Ministrstvo za okolje 13. februarja 1996 sprejelo določbo, ki določa minimalno količino vode v vodotokih pri odvzemih in ponovnem vračanju.

Po odloku Ministrstva za okolje z dne 13. 2. 1996 minimalni pretok izhaja iz povprečnih nizkih pretokov, saj se predpostavlja, da so biocenoze vodnega telesa prilagojene nizkim vodnim razmeram. Za vzdrževanje ekološke funkcije vodotoka in ohranjanje značilnega videza vodotoka, ob upoštevanju možnih odvzemov vode ter ponovnega vračanja vode v vodotok, so določene naslednje orientacijske vrednosti minimalnih pretokov:

- za prispevna območja, manjša od 20 km^2 , so vrednosti minimalnega pretoka enake vrednosti $0,9 * sQ_{np}$,
- za prispevna območja velikosti od 20 do 50 km^2 , so vrednosti minimalnega pretoka enake vrednosti $0,5 * sQ_{np}$,
- za prispevna območja, večja od 50 km^2 , so vrednosti minimalnih pretokov enake vrednosti $0,33 * sQ_{np}$

v odseku vodnih odvzemov. Vrednosti se lahko povečajo ali zmanjšajo, če je to potrebno za ohranjanje ekološke funkcionalnosti vodnega telesa (Bunge in sod. 2003).

Minimalni pretok se določi po naslednjih korakih:

- določitev vrednosti hidroloških podatkov (sQ_{np} , sQ_s iz nemških hidroloških letopisov ali po določitvah v skladu s postopki, ki so opisani v zakonskih aktih),
- določitev krivulje trajanja pretokov za določitev povezav med potencialnim naravnim stanjem vodotoka in kronološko porazdelitvijo pretokov,
- določitev možnega zvišanja ali znižanja minimalnih pretokov na podlagi lokalnih okoliščin (vsta vodotoka, sQ_{np} , časovna značilnost pretokov ...) (Bunge in sod. 2003).

SEVERNO PORENJE – VESTFALIJA

Odlok Ministrstva za okolje, ki je bil izdan 30. 8. 1991, določa, da je potrebno za vodna telesa individualno določiti ekološko sprejemljiv minimalni pretok vode. V osnutku z dne 6. 12. 1991 je kot orientacijska vrednost za minimalen pretok določena vrednost $1/6 sQ_{np}$, ki se v

izjemnih okoliščinah lahko poviša na 1/3 sQnp. Upoštevati je potrebno tudi lokalne razmere. (Bunge in sod. 2003).

PORENJE-PFALŠKA

Smernice za določitev ekološko sprejemljivih pretokov, ki določajo minimalne pretoke v odsekih odvzema, so bile predstavljene leta 1999. Določena je prostorska uporaba smernic v območjih nizkih gorovij s kamnito in grobo podlago, ki so v tej pokrajini najpogostejše.

Koncept je usmerjen k ohranitvi biotopov v visokogorskih vodotokih. Drstišča in habitati se lahko ohranijo, kadar imajo minimalni pretoki naslednje osnovne značilnosti:

- povprečna hitrost mora biti večja ali enaka 0,3 m/s ($v \geq 0,3$ m/s) v vsaj več kot polovici širine naravnega dna struge vodotoka,
- zadostna globina vode v najnižjih točkah dna struge,
- ustrezna širina mokrih področjih, ki predstavljajo habitate vodnim združbam.

Hitrost vode je izrednega pomena, saj ne vpliva le na ohranjanje vrst, značilnih za tekoče vode, temveč tudi na oblikovanje ustreznega substrata. Globina vode in širina površine določata vodno telo potencialno primerno za kolonizacijo vodnih organizmov.

Pri kvantitativni ureditvi minimalnih pretokov je treba preučiti, ali sezonska dinamika vodnega telesa lahko privede do prilagoditev zahtevanih vrednosti minimalnih pretokov. Najmanjša globina vode, potrebna za ihtiologijo vodotoka, je lahko omejena na sezono drstenja, če so izpolnjeni ostali pogoji minimalnega pretoka. Zaradi raznolikega hidrološkega in ekološkega stanja voda se minimalni pretoki razlikujejo od primera do primera, kajti le na ta način se lahko ustrezno in primerno ocenijo možni prizadeti odseki vodotokov (Bunge in sod. 2003).

SAŠKA

Za zaščito vodotokov na Saškem je Ministrstvo za okolje s soglasjem Ministrstva za gospodarstvo pripravilo smernice za uporabo hidroenergije z malimi hidroelektrarnami. Smernice opisane v Zakonu o vodah (Sächsisches Wassergesetz), niso usmerjene samo na hidroenergijo, temveč služijo za ekološko zaščito rečnih pokrajin. Njihovo področje uporabe je omejeno na hidroenergetske naprave z zmogljivostjo manj kot 1000 kW, saj je tu konflikt med relativno nizko proizvodnjo električne energije in velikim posegom v ekologijo vodotoka še posebej velik. V skladu s smernicami ima ohranitev vodnih habitatov prednost pri odločanju o posegih v vodotoke (Bunge in sod. 2003).

Po Zakonu o vodah se uporaba površinskih voda, ki vključuje odvzem, črpanje ali preusmeritev vode, lahko dovoli le, če je zagotovljeno, da se v strugi vodotoka ohranja

količina vode (minimalni pretok), ki je potrebna za ekološko funkcionalnost. Na podlagi lokalnih razmer minimalni pretok vode določi pristojni organ, pri čemer upošteva javni interes, zlasti pa pomen vodnega telesa in njegovih brežin kot habitatov za rastlinstvo in živalstvo ter pomen vodotoka na videz pokrajine (Bunge in sod. 2003).

Odlok Ministrstva za okolje z dne 5. 2. 1996 določa, da se kazalniki vrednosti za oceno ekološko sprejemljivega pretoka določijo na podlagi hidroloških statistik. Podlaga za oceno vrednosti so naravni, dolgoletni srednji nizki pretoki vode v najmanj zadnjih 20 letih.

- Ekološko sprejemljiv pretok ne sme biti manjši od vrednosti med $1/3$ in $1/2$ sQ_{np} , če je specifičen pretok večji od 1 l/s km^2 .
- Specifičen pretok (q) z vrednostjo 1 l/s km^2 je določen kot ekološko sprejemljiv pretok, če so vrednosti pretoka, ki ustreza $1/3$ sQ_{np} , manjše od 1 l/s km^2 .
- Sezonska razporeditev ekološko sprejemljivih pretokov naj bi bila med $1/3$ sQ_{np} in vrednostjo sQ_{np} .
- Odločitve o vrednostih ekološko sprejemljivih pretokov se razlikujejo od primera do primera; če so pogoji, da se ohrani ustrezno ekološko stanje po odvzemu vode s strani vlagatelja, zagotovljeni, se lahko za ekološko sprejemljiv pretok predlaga tudi drugačna vrednost.
- V primerih dolgotrajnih, izredno sušnih obdobjih lahko pristojni organ za vode odredi začasno prekinitev delovanja obrata z namenom zaščite vodne ekologije.

Koncesionar oz. upravljalec mora zagotoviti, da so na voljo merilne točke oz. merilna oprema, predvidena za stalni nadzor minimalnega pretoka (Bunge in sod. 2003).

Preglednica 10 prikazuje vrednosti Q_{es} na izbranih vodomernih postajah, izračunane za 4 zvezne dežele Zvezne republike Nemčije.

Preglednica 10: Vrednosti ekološko sprejemljivega pretoka na izbranih vodomernih postajah, izračunane za 4 zvezne dežele, Zvezne republike Nemčije.

				Baden-Württemberg	Severno Porenje-Vestfalija	Hessen	Saška
vodotok	vodomerna postaja	sQs [m ³ /s]	sQnp [m ³ /s]	Qes [m ³ /s]	Qes [m ³ /s]	Qes [m ³ /s]	Qes [m ³ /s]
Bača	Bača pri Modreju	6,47	1,31	0,44	0,22	0,43	0,44
Bistrica	Bohinjska Bistrica	3,18	0,35	0,12	0,058	0,12	0,12
Hubelj	Ajdovščina	2,75	0,31	0,10	0,052	0,10	0,10
Idrijca	Hotešk	22,33	4,87	1,6	0,81	1,6	1,6
Idrijca	Podroteja I	8,06	1,54	0,51	0,26	0,51	0,51
Kamniška Bistrica	Kamnik I	6,89	1,77	0,59	0,30	0,58	0,59
Kokra	Kokra I	3,95	1,26	0,42	0,21	0,42	0,42
Kokra	Kranj I	5,44	1,05	0,35	0,18	0,35	0,35
	Kranj II						
Koritnica	Kal-Koritnica	6,85	2,1	0,70	0,35	0,69	0,70
	Kal-Koritnica I						
Poljanska Sora	Zminec	10,08	1,87	0,62	0,31	0,62	0,62
	Zminec I						
Poljanska Sora	Žiri	2,17	0,22	0,073	0,037	0,07	0,07
	Žiri II						
Radovna	Podhom	7,53	1,7	0,57	0,28	0,56	0,57
Sava Bohinjka	Bodešče	21,82	3,59	1,2	0,60	1,2	1,2
Sava Bohinjka	Sveti Janez	7,6	0,85	0,28	0,14	0,28	0,28
Sava Dolinka	Blejski most	21,83	4,37	1,5	0,73	1,4	1,5
Sava Dolinka	Jesenice	9,91	4,63	1,5	0,77	1,5	1,5
Selška Sora	Vešter	6,93	1,23	0,41	0,21	0,41	0,41
Selška Sora	Železniki	3,86	0,64	0,21	0,11	0,21	0,21
Soča	Kobarid I	32,06	7,81	2,6	1,3	2,6	2,6
Soča	Kršovec	11	2,45	0,82	0,41	0,81	0,82
	Kršovec I						
Soča	Log Čezsoški	22,49	5,55	1,9	0,93	1,8	1,9
Sora	Suha I	18,33	3,64	1,2	0,61	1,2	1,2
Tolminka	Tolmin	7,79	1,24	0,41	0,21	0,41	0,41
Trebuša	Dolenja Trebuša	2,55	0,56	0,19	0,093	0,19	0,19
Tržiška Bistrica	Preska	4,78	2,2	0,73	0,37	0,73	0,73
Učja	Žaga	3,23	0,54	0,18	0,090	0,18	0,18

5.3.4 Avstrija

Področje varstva voda je bilo leta 1959 vključeno v pristojnosti Zakona o vodah. Pojem ocenjevanja ekološko sprejemljivega pretoka je bil delno vključen v Zakon o vodah že leta 1985. Še pred začetkom izvajanja Okvirne evropske direktive o vodah (WFD) so bili uporabljeni nekateri normativi za ekološke študije, ocene stanja vodotokov in za ugotavljanje hidromorfoloških sprememb vodotokov kot dodatek nacionalnemu Zakonu o vodah (1959) (Rechberger in sod. 2012).

Zakonsko so določeni cilji kakovosti za visoko in dobro hidromorfološko stanje. S tem se cilji kakovosti ločijo od usmerjevalnih in mejnih vrednosti. Medtem ko so cilji kakovosti za zelo dobro ekološko stanje izraženi kot mejne vrednosti, ki jih mora vodotok izpolnjevati, da je lahko v razredu visoke kakovosti, so cilji kakovosti za dobro hidromorfološko stanje definirani kot usmerjevalne vrednosti. Če ti dve vrednosti nista enaki, je rečni odsek še vedno lahko klasificiran kot odsek dobrega ekološkega stanja, dokler biološke značilnosti odseka kažejo tako. Predpisi se ukvarjajo tudi s cilji kakovosti glede ekološko sprejemljivega pretoka (Rechberger in sod. 2012).

Če želimo oceniti visoko kakovost hidromorfološkega stanja telesa površinske vode, je potrebno pri oceni upoštevati posamezne komponente vodne bilance, kontinuitete vodotoka in morfologije. Vodotok lahko uvrstimo v razred zelo dobrega stanja, če obstaja zelo majhen odvzem vode (vodilo je vrednost do 20 % letne količine vode). Če so pretoki v mesecih:

- od oktobra do marca nižji od povprečnih pretokov za zimske mesece ali
- od aprila do septembra nižji od povprečni letnih pretokov,

je mejna vrednost odvzema vode določena na manj kot 10 % naravnih nizkih dnevnih pretokov (LQd) (Rechberger in sod. 2012).

Ekološko potreben minimalni pretok, glede na količino in dinamiko, v vseh površinskih vodah zagotavlja, da bodo vrednosti določene za biološke elemente kakovosti skoraj zagotovo dosežene v razredu dobrega stanja. Konkretno, minimalen pretok vode je pretok, ki je v strugi vodotoka stalno prisoten. Pretok, ki predstavlja zagotovljen minimalen pretok (ekološko sprejemljiv pretok), je:

- pretok v strugi, ki je višji kot vrednost najnižjega dnevnega pretoka,

$$Q_{es} \geq LQ_{d \text{ natural}}$$

- v površinskih vodah, kjer je najnižji dnevni pretok nižji kot 1/3 srednjega malega letnega pretoka, mora biti vrednost ekološko sprejemljivega pretoka vsaj 1/3 srednjega letnega pretoka,

$$Q_{es} \geq 1/3 * sQ_{np}$$

- v vodotokih, kjer je minimalni pretok manjši kot 1 m³/s, vrednost minimalnega dnevnega nizkega pretoka pa nižja kot 1/2 srednjega malega pretoka v letu, je vrednost ekološko sprejemljivega pretoka enaka vrednosti 1/2 srednjega malega pretoka v letu, v ribogojnih vodah pa je potrebno izpolniti še pogoja zadostne globine in hitrosti vode.

$$Q_{es} \geq 1/2 * sQ_{np}$$

Preglednica 11: Izhodiščne vrednosti Q_{es} , ki so zakonsko določene v Avstriji.

Q_{es}	srednji letni pretok < 1m ³ /s	srednji letni pretok > 1m ³ /s
	najnižji dnevni pretok	
	50% srednjega letnega nizkega pretoka	33% srednjega letnega nizkega pretoka

Statistike pretokov prikazujejo naravno nihanje pretokov, pri čemer je potrebno ohraniti vsaj 20 odstotkov dejanskega pretoka, da se ohranja naravna raznolikost pretokov (Rechberger in sod. 2012).

V praksi pri ocenjevanju ekološko sprejemljivega pretoka zasledimo še Jägerjevo metodo, ki predlaga minimalno vrednost pretokov v strugi 15 % vrednosti srednjih letnih pretokov, ter metode, ki za ocenjevanje ekološko sprejemljivih pretokov uporabljajo statistične podatke o dnevni pretokih. Prva izmed teh metod je metoda, ki zahteva, da ekološko sprejemljiv pretok ne sme biti manjši kot Q_{361} v normalnem hidrološkem letu po naslednji metodi pa mora ekološko sprejemljiv pretok ustrezati najmanj minimalnemu opaženemu pretoku v vodotoku oziroma vrednost ekološko sprejemljivega pretoka ne sme pasti pod vrednost najnižjega mesečnega pretoka v normalnem hidrološkem letu (ESHA, 2012).

Vrednosti Q_{es} na izbranih vodomernih postajah, izračunane po Jägerjevi metodi in metodi Q_{361} , so prikazane v Preglednici 12.

Preglednica 12: Vrednosti ekološko sprejemljivega pretoka na izbranih vodomernih postajah, izračunane po 2 metodah, ki se uporabljata v Avstriji.

vodotok	vodomerna postaja	sQs [m ³ /s]	sQnp [m ³ /s]	Metoda Jäger	Metoda Q ₃₆₁
				Qes [m ³ /s]	Qes [m ³ /s]
Bača	Bača pri Modreju	6,47	1,31	0,97	1,0
Bistrica	Bohinjska Bistrica	3,18	0,35	0,48	0,16
Hubelj	Ajdovščina	2,75	0,31	0,41	0,25
Idrijca	Hotešk	22,33	4,87	3,4	4,1
Idrijca	Podroteja I	8,06	1,54	1,2	1,2
Kamniška Bistrica	Kamnik I	6,89	1,77	1,0	1,5
Kokra	Kokra I	3,95	1,26	0,59	1,0
Kokra	Kranj I	5,44	1,05	0,82	0,50
	Kranj II				
Koritnica	Kal-Koritnica	6,85	2,1	1,0	1,9
	Kal-Koritnica I				
Poljanska Sora	Zminec	10,08	1,87	1,5	1,6
	Zminec I				
Poljanska Sora	Žiri	2,17	0,22	0,33	0,15
	Žiri II				
Radovna	Podhom	7,53	1,7	1,1	1,5
Sava Bohinjka	Bodešče	21,82	3,59	3,3	3,1
Sava Bohinjka	Sveti Janez	7,6	0,85	1,1	0,69
Sava Dolinka	Blejski most	21,83	4,37	3,3	4,3
Sava Dolinka	Jesenice	9,91	4,63	1,5	3,9
Selška Sora	Vešter	6,93	1,23	1,0	0,93
Selška Sora	Železniki	3,86	0,64	0,58	0,48
Soča	Kobarid I	32,06	7,81	4,8	5,9
Soča	Kršovec	11	2,45	1,7	2,1
	Kršovec I				
Soča	Log Čezsoški	22,49	5,55	3,4	4,7
Sora	Suha I	18,33	3,64	2,8	2,9
Tolminka	Tolmin	7,79	1,24	1,2	0,96
Trebuša	Dolenja Trebuša	2,55	0,56	0,38	0,43
Tržiška Bistrica	Preska	4,78	2,2	0,72	2,0
Učja	Žaga	3,23	0,54	0,49	0,47

5.3.5 Italija

Določba o izpustu vode dolvodno od vodnih odvzemov za zaščito vodnih ekosistemov je bila v Italiji priznana že v poznih 70. letih prejšnjega stoletja, ko so lokalni organi določili pravila za upravjalce zajetij. Ti predpisi so bili prvotno sprejeti v alpskih regijah, kjer so odvzemi vode še posebej visoki. Naraščanje zaskrbljenosti o varovanju okolja v javnosti je bila gonilna sila za ukrepanje na lokalni ravni. Sprejeta pravila so temeljila na konceptu minimalnega pretoka v strugi (MIF, »minimum instream flow), ki je potreben za zaščito vodne favne ter ohranjanje pretokov, ki niso preveč različni od naravnih. Prve metode so se sklicevale na nekatere hidrološke meritve, vendar brez lokalno določenih pogojev. Njihova glavna prednost je bila preprostost, njihove glavne pomanjkljivosti pa:

- da bodo izpolnili obveznosti in zagotovili minimalen pretok v strugi, je bilo pričakovati samo od novih koncesionarjev,
- samo majhen del nacionalnega teritorija je pravila sprejel,
- količina minimalnega pretoka v strugi je bila precej subjektivno definirana,
- zaščita ekoloških komponent (vodnega živalstva) naj bi bila izvedena samo s hidrološkimi pristopi in metodami.

Zadnja pomanjkljivost opozarja na pomanjkanje kakršnega koli sklicevanja na lokacijsko specifične pogoje, kot so oblika odseka vodotoka, substrat v vodotoku in druge spremenljivke, ki prispevajo k značilnostim lokalnih habitatov. Skoraj vsi predpisi so pustili lokalnim oblastem proste roke pri spreminjanju (povečanju) vrednosti minimalnega pretoka v strugi ob upoštevanju specifičnih dejavnikov na mestu odvzema, vendar je bilo le redko to tudi storjeno (Maran, 2013).

Dejavnosti na tem področju so vzbudile zanimanje javnosti, ki je spodbudila razvoj obeh, znanstvenih raziskav in dejavnosti v regulativnem okviru. Tudi v Italiji so bili eksperimenti izvedeni zato, da bi minimalni pretok v strugi lahko količinsko znanstveno utemeljili in ocenili dejanske prednosti novih pravil na področju odvzema vode. Zlasti metodologija mikrohabitatov, ki simulira učinek znižanja pretoka na lokalne habitate določenih vrst rib, je bila uporabljena na več mestih v državi. Eden od rezultatov teh raziskav in eksperimentov je nov sklop regionalnih pravil za količinsko opredelitev zahtevanih vrednosti minimalnega pretoka v strugi, ki jih morajo izpolnjevati novi odjemalci vode iz vodotokov. Pristojnost za izdajo in določanje pravil na tem področju ni bila točno definirana, tako so bile sprejete različne formule na ravni regionalne oblasti in organov, pristojnih za upravljanje s povodji. Pravila so bila še vedno oblikovana kot preprosti hidrološki izrazi, tako da je bila njihova uporaba enostavna. Določenih je bilo nekaj specifičnih koeficientov povodij in v nekaterih

primerih tudi korekcijskih koeficientov, ki so upoštevali dodatne dejavnike (naravno bogastvo, kakovost vode, interakcija s podzemno vodo ...) (Maran, 2013).

Leta 1992 je bila na podlagi hidrološke nestabilnosti povodja reke Pad v dolini Valtellina (pokrajina Lombardija, Severna Italija) sprejeta naslednja enačba, ki določa, da mora minimalni pretok v strugi biti vsaj:

$$MIF = 1,6 \times P \times A \times Q \times N [l/s/km^2],$$

kjer pomeni:

P	...	faktor padavin (od 1,0 do 1,8),
A	...	povprečna nadmorska višina povodja,
Q in N	...	obravnavata lokacijsko določene značilnosti in naravno vrednost vodotoka.

Samo faktor P, padavinski dejavnik, je bil količinsko določen, drugi so ostali nedoločeni. Formula naj bi se uporabljala za nove projekte odvzema vode. Za obstoječe odvzeme so bili načrtovani eksperimentalni in začasni izpusti kot posledica dogovora med lokalnimi organi in upravljalci hidroelektrarn, za merjenje in odkrivanje možnih okoljskih izboljšav (Maran, 2013).

Leta 1995 so oblasti v deželi Piemont na severu Italije sprejele uredbo, ki naj bi se uporabljala za nove preusmeritve vode na vodotokih ter projekte obnove. Uredba je izrecno temeljila na pretoku Q_{355} , torej na pretoku, ki je dosežen 355 dni v letu, kar pomeni, da so vrednosti pretoka manjše od Q_{355} le 10 dni v letu. Takšen pretok je mogoče izmeriti samo na vodomernih postajah, vendar pravilo vsebuje tudi postopek racionalizacije za izračun Q_{355} v rečnih odsekih, kjer vodomerne časovne postaje niso na voljo. Pri določanju minimalnega pretoka v strugi je potem potrebno upoštevati še 3 multiplikativne korekcijske koeficiente naravnega pretoka Q_{355} , in sicer K_a (upoštevata različne okoljske občutljivosti), K_b (predvideva postopno časovno uporabo uredbe) ter K_c (upoštevata različne ravni zaščite glede na naravno vrednost določenega območja) (Maran, 2013).

Čeprav so ti pristopi izboljšali nekatere pomanjkljivosti prejšnjih pravil, so pomanjkljivosti še vedno prisotne. Zakon o varstvu voda (1999), ki je preuredil celoten italijanski normativni okvir za varstvo vodnih teles, je uvedel nekatere zelo osnovne, vendar pomembne koncepte

v italijansko zakonodajo. Pomembni navedbi v tem zakonskem aktu sta, da morajo ekološko sprejemljivi pretoki prispevati k doseganju ciljev o kakovosti vode ter da je potrebno vse koncesije na področju izkoriščanja voda ponovno pregledati in jasno ugotoviti, ali so ekološko sprejemljivi pretoki zadovoljeni. Ta zakon po osnovnih pristopih spominja na Evropsko okvirno vodno direktivo, sprejeto leto kasneje, leta 2000 (Maran, 2013).

Razvoj dogodkov je omogočil postopno preoblikovanje čistega hidrološkega indeksa (MIF) v instrument za zaščito celotnega rečnega ekosistema ter povečanje osnovnih koeficientov hidrološkega dela predlagane formule. Tako se je specifičen pretok, ki je potreben za zagotovitev ekološko sprejemljivega pretoka v alpskih regijah z 1,6–2,0 l/s/km² po prvih normah dvignil na 4,0–6,6 l/s/km² po pravilih novejša narave (Maran, 2013).

V Preglednici 13 so prikazane vrednosti ekološko sprejemljivih pretokov na izbranih vodomernih postajah, izračunane po italijanskih metodah. Vrednosti Q_{300} , Q_{347} in Q_{355} sem odčitala iz preglednic podatkov, uporabljenih za izris krivulj trajanja pretokov.

Preglednica 13: Vrednosti ekološko sprejemljivega pretoka na izbranih vodomernih postajah.

vodotok	vodomerna postaja	Q ₃₀₀ [l/s]	Q ₃₄₇ [l/s]	Q ₃₅₅ [l/s]	q (Q ₃₀₀) [l/s/km ²]	q (Q ₃₄₇) [l/s/km ²]	q (Q ₃₅₅) [l/s/km ²]	q (sQnp) [l/s/km ²]
Bača	Bača pri Modreju	2230	1510	1270	15,7	10,6	8,924	9,205
Bistrica	Bohinjska Bistrica	690	380	270	/	/	/	/
Hubelj	Ajdovščina	550	340	310	/	/	/	/
Idrijca	Hotešk	6360	4970	4570	14,4	11,2	10,3	10,9
Idrijca	Podroteja I	1960	1510	1400	17,4	13,4	12,4	13,6
Kamniška Bistrica	Kamnik I	2870	2010	1810	14,7	10,3	9,30	9,09
Kokra	Kokra I	1730	1250	1120	15,4	11,1	9,97	11,1
Kokra	Kranj I	1820	950	660	8,26	4,31	3,0	4,68
	Kranj II							
Koritnica	Kal-Koritnica	3180	2290	2130	37,2	26,8	24,9	24,8
	Kal-Koritnica I							
Poljanska Sora	Zminec	2930	2050	1800	9,59	6,71	5,89	6,12
	Zminec I							
Poljanska Sora	Žiri	350	240	210	6,44	4,41	3,86	4,05
	Žiri II							
Radovna	Podhom	2700	1830	1640	16,3	11,1	9,90	10,3
Sava Bohinjka	Bodešče	5820	4130	3600	16,4	11,7	10,2	10,2
Sava Bohinjka	Sveti Janez	1660	950	800	17,7	10,1	8,51	9,04
Sava Dolinka	Blejski most	11440	7110	5560	22,6	14,1	11,0	8,65
Sava Dolinka	Jesenice	5740	4600	4250	22,3	17,9	16,5	18,1
Selška Sora	Vešter	1970	1350	1160	9,28	6,36	5,46	5,84
Selška Sora	Železniki	1040	660	600	10,3	6,51	5,92	6,32
Soča	Kobarid I	11670	8110	6930	26,8	18,7	15,9	18,1
Soča	Kršovec	3700	2540	2280	23,5	16,2	14,5	15,7
	Kršovec I							
Soča	Log Čezsoški	8770	5900	5410	27,1	18,2	16,7	17,2
Sora	Suha I	5630	3890	3410	9,94	6,87	6,02	6,37
Tolminka	Tolmin	2300	1410	1200	31,5	19,3	16,4	17,1
Trebuša	Dolenja Trebuša	750	560	510	13,7	10,2	9,32	10,2
Tržiška Bistrica	Preska	2710	2270	2180	22,4	18,8	18,0	18,2
Učja	Žaga	850	590	520	17,2	11,9	10,5	10,9

5.3.6 Bosna in Hercegovina

V želji, da postane članica Evropske unije, mora Bosna in Hercegovina izpolniti veliko zahtev na področju zakonodaje; nekatere izmed njih so povezane tudi z okoljskim področjem. Okoljska zakonodaja Evropske unije, kot je Okvirna direktiva o vodah, je zelo napredno orodje za izvajanje varstva naravnih virov. Organizacija WWF (World Wildlife Fund) skuša zagotoviti zdrave okoljske procese v nekaterih najbogatejših svetovnih porečjih in ekoloških regijah. Projekt »Living Neretve« se je začel v oktobru leta 2006. Njegov namen je bil motivirati vladi obeh entitet v Bosni in Hercegovini, da bi z naravnimi viri povodja Neretve upravljali v skladu s temeljnimi načeli in merili v okviru Evropske direktive o vodah. Projekt naj bi se uporabil tudi kot instrument za začetek ugotavljanja lokacij, ki so ključnega pomena za ohranjanje biotske raznovrstnosti, ter izboljšanje dialoga med zainteresiranimi stranmi in sodelovanjem javnosti z dolgoročnim ciljem reševanja konfliktov med uporabniki vode in zagotavljanjem ekološko sprejemljivega pretoka na Neretvi (WWF, 2013).

Cilj tega projekta je bil izbrati eno ali več metod za določanje ekološko sprejemljivega pretoka, ki bi jih sprejeli resor za vode v Bosni in Hercegovini ter tudi druge interesne skupine in uporabniki vode za zaščito svojih vodotokov. Obstoječi zakonski akti na področju voda v obeh entitetah predpisujejo sprejetje zakonskega akta, s katerim bi se opredelila metodologija za določanje ekološko sprejemljivega pretoka (Vucijak in sod., 2010).

Predstavljeni so bili rezultati štirih različnih preizkušenih metodologij. Predlagala pa se je tudi posebna presoja ekološko sprejemljivih pretokov v primerih, ki predstavljajo izjemne ohranitvene vrednosti (vključno z zavarovanimi območji), ali v primerih tistih vodnih ekosistemov, katerih struktura in delovanje zahtevata poseben pristop za določitev ekološko sprejemljivega pretoka, kot so jezera in mokrišča. Predlagano je, da se takšna posebna presoja ekološko sprejemljivih pretokov določi z uporabo bioloških in ekoloških kriterijev poleg uporabe izbranih hidroloških metod (Vucijak in sod., 2010).

Na podlagi 62. člena Zakona o vodah je bila prejet Pravilnik o načinu določanja ekološko sprejemljivega pretoka. Za določitev ekološko sprejemljivega pretoka je po Pravilniku potrebno določiti srednji minimalni pretok (sQ_{np}), srednji pretok (sQ_s) in srednji dekadni pretok ($sQ_{DEK(j),i}$).

Srednji dekadni pretok pomeni aritmetično sredino srednjih dekadnih vrednosti pretoka v profilu vodotoka. Izrazi se v m³/s in izračuna po izrazu:

$$sQ_{DEK\ j\ ,i} = \frac{i=N}{j=1} Q_{DEK\ j\ ,i} / N \quad [m^3/s],$$

kjer pomeni:

$sQ_{DEK\ (j),i}$... srednji dekadni pretok v j-ti dekadi in i-tem letu,

N ... število let v opazovanem obdobju.

Ekološko sprejemljiv pretok (Q_{es}) se določi na podlagi naslednje formule:

$$Q_{es} = \begin{cases} 1,0 \times sQ_{np} & \text{za } sQ_{DEK(j)} < sQ_s \\ 1,5 \times sQ_{np} & \text{za } sQ_{DEK(j)} \geq sQ_s \end{cases} \quad [m^3/s].$$

V primeru, da je $sQ_{np} = 0$ ali $sQ_{np} : sQ_s < 1 : 25$, se Q_{es} določi na podlagi naslednje formule:

$$Q_{es} = \begin{cases} 0,1 \times sQ_s & \text{za } sQ_{DEK(j)} < sQ_s \\ 0,15 \times sQ_s & \text{za } sQ_{DEK(j)} \geq sQ_s \end{cases} \quad [m^3/s].$$

V primeru, da dekadnih vrednosti pretokov nimamo na razpolago, se Q_{es} izračuna po naslednji enačbi:

$$Q_{es} = \begin{cases} 0,1 \times sQ_s & \text{za obdobje od maja do oktobra} \\ 0,15 \times sQ_s & \text{za obdobje od novembra do aprila} \end{cases} \quad [m^3/s].$$

V primeru, da se ekološko sprejemljiv pretok računa za vodno telo dolvodno od zajetja, je potrebno določiti tudi maksimalni dovoljeni pretok (izpust iz akumulacije), ki znaša v sušnem obdobju leta dvakratno vrednost pretoka $sQ_{DEK\ (j),i}$ za določeno dekada.

Vrednosti Q_{es} na izbranih vodomernih postajah, izračunane po Pravilniku o načinu določanja Q_{es} v Bosni in Hercegovini, so prikazane v Preglednici 14.

Preglednica 14: Vrednosti ekološko sprejemljivega pretoka na izbranih vodomernih postajah, izračunane po Pravilniku o načinu določanja ekološko sprejemljivega pretoka.

vodotok	vodomerna postaja	sQnp [m ³ /s]	sQs [m ³ /s]	srQ _{DEK} [m ³ /s]	Qes [m ³ /s]	Qes [m ³ /s]	
						maj-oktober	november-april
Bača	Bača pri Modreju	1,31	6,47	7,45	2,0	0,65	0,97
Bistrica	Bohinjska Bistrica	0,35	3,18	3,14	0,35	0,32	0,48
Hubelj	Ajdovščina	0,31	2,75	3,29	0,47	0,28	0,41
Idrijca	Hotešk	4,87	22,33	22,16	7,3	2,2	3,3
Idrijca	Podroteja I	1,54	8,06	7,98	1,5	0,81	1,2
Kamniška Bistrica	Kamnik I	1,77	6,89	6,82	1,8	0,69	1,0
Kokra	Kokra I	1,26	3,95	3,91	1,3	0,40	0,59
Kokra	Kranj I	1,05	5,44	5,39	1,6	0,54	0,82
	Kranj II						
Koritnica	Kal-Koritnica	2,1	6,85	6,81	2,1	0,67	1,0
	Kal-Koritnica I						
Poljanska Sora	Zminec	1,87	10,08	9,98	1,9	1,0	1,5
	Zminec I						
Poljanska Sora	Žiri	0,22	2,17	2,16	0,22	0,22	0,33
	Žiri II						
Radovna	Podhom	1,7	7,53	7,46	1,7	0,75	1,1
Sava Bohinjka	Bodešče	3,59	21,82	21,46	3,6	2,2	3,3
Sava Bohinjka	Sveti Janez	0,85	7,6	7,59	1,3	0,76	1,1
Sava Dolinka	Blejski most	4,37	21,83	21,71	4,4	2,2	3,3
Sava Dolinka	Jesenice	4,63	9,91	9,88	4,6	0,99	1,5
Selška Sora	Vešter	1,23	6,93	7	1,8	0,69	1,0
Selška Sora	Železniki	0,64	3,86	3,8	0,96	0,39	0,58
Soča	Kobarid I	7,81	32,06	31,79	7,8	3,2	4,8
Soča	Kršovec	2,45	11	10,91	2,5	1,1	1,7
	Kršovec I						
Soča	Log Čezsoški	5,55	22,49	23,15	8,3	2,2	3,4
Sora	Suha I	3,64	18,33	18,13	3,6	1,8	2,7
Tolminka	Tolmin	1,24	7,79	9,78	1,9	0,78	1,2
Trebuša	Dolenja Trebuša	0,56	2,55	2,5	0,56	0,26	0,38
Tržiška Bistrica	Preska	2,2	4,78	4,74	3,3	0,48	0,72
Učja	Žaga	0,54	3,23	3,22	0,54	0,32	0,48

5.3.7 Tennantova metoda

Tennantova metoda je bila prvotno imenovana »metoda Montana«, saj jo je Tennant razvil z uporabo podatkov iz ameriške zvezne države Montana s pomočjo terenskih opazovanj in meritev. Podatki so bili zbrani na 58 prerezih 11 različnih vodotokov znotraj Montane, Nebraske in Wyominga. Zbrani podatki prečnih prerezov so bili značilni za različne vidike ribjih habitatov. Meritve so vključevale širino, globino, hitrost, temperaturo, značilnosti dna in brežin struge, prepreke in otoke, migracije, nevretenčarje, ribe ter estetske in naravne lepote vodotoka. Te meritve je nato povezal s kvaliteto ribjih habitatov, kar je omogočilo korelacijo bioloških in fizikalno geometričnih parametrov s pretokom. Na koncu je lastnosti ribjih habitatov opisal z odstotki povprečnih pretokov vodotoka. Z nekoliko zapleteno metodologijo je Tennant razvil standard, ki je enostaven za uporabo, potrebuje pa tudi zelo malo podatkov, le povprečni letni pretok vodotoka (Mann, 2006).

Tennantova metoda temelji na ugotovitvi, da so pogoji za obstoj vodnih habitatov podobni v vodotokih, ki zagotavljajo podoben delež povprečnega letnega pretoka skozi vse leto. Metoda vnaprej določi odstotke povprečnih letnih pretokov in z njimi povezanih razmer v vodnih habitatih (Martin, 2008). Razvita je bila z uporabo kalibracije podatkov iz več sto rek v zahodnem delu Združenih držav Amerike z namenom določiti minimalne pretoke za zaščito in ohranjanje zdravega rečnega okolja. Odstotki povprečnih letnih pretokov so določeni tako, da zagotovijo različne kakovosti habitatov za ribe (Dyson in sod. 2008).

Minimalni pretoki v majhnih vodotokih v poletnem času so s Tennantovo metodo določeni kot 40-, 30- in 10 odstotkov povprečnega letnega pretoka, predstavljajo pa dobre, slabše in slabe habitatne pogoje. Pri 30 odstotkih povprečnega letnega pretoka je večina substrata potopljenega, pri 10 odstotkih povprečnega letnega pretoka pa je lahko nepotopljenega kar polovica ali celo več substrata vodotoka. Vrednost, ki ustreza 30 odstotkom povprečnega letnega pretoka, se pogosto uporablja za določitev ekološko sprejemljivih pretokov v poletnem času (Martin 2008).

Zaradi sezonske spremenljivosti pretokov Tennantova metoda, ki je bila razvita v hribovitem zahodnem delu Združenih držav Amerike, loči različni vrednosti ekološko sprejemljivega pretoka v zimskem in poletnem obdobju. V tem delu ZDA se zaradi deleža padavin in taljenja snega značilni nizki pretoku pojavijo jeseni in zgodaj pozimi, visoki pa spomladi in poleti. To je razlog, da so ekološko sprejemljivi pretoki, ki jih priporoča ta metoda, v poletnih mesecih višji kot v zimskih (Martin 2008).

Ta metoda se lahko uporablja tudi na drugih mestih, vendar bi bilo potrebno ponovno izračunati natančne indekse pretokov za vsako regijo. Sredi zahoda ZDA so bili indeksi pogosto uporabljeni za načrtovanje na ravni povodja, vendar pa se njihova uporaba ne priporoča za posebne študije primerov, kjer so potrebni konsenzi. Nekateri avtorji so ugotovili, da metode, ki temeljijo na deležih srednjih letnih pretokov, niso primerne za urejanje pretokov teksaških rek, saj so njihovi rezultati pogosto nerealno visoki pretoki. Zato so razvili novo metodo, katere deleži pretokov temeljijo na ribjih zalogah, potrebah po ohranjanju ribjih vrst in količini vode, ki je potrebna za posebna obdobja, kot sta drstenje in migracija rib (Dyson in sod. 2008).

Preglednica 15: Qes kot odstotek srednjega letnega pretoka in pripadajoče stanje vodnega habitata po Tennantovi metodi (Martin, 2008).

Stanje vodnih habitatov	odstotek srednjega letnega pretoka (april - september)	odstotek srednjega letnega pretoka (oktober - marec)
optimalno območje	60-100	60-100
izvrstno	60	40
odlično	50	30
dobro	40	20
slabše	30	10
slabo	10	10

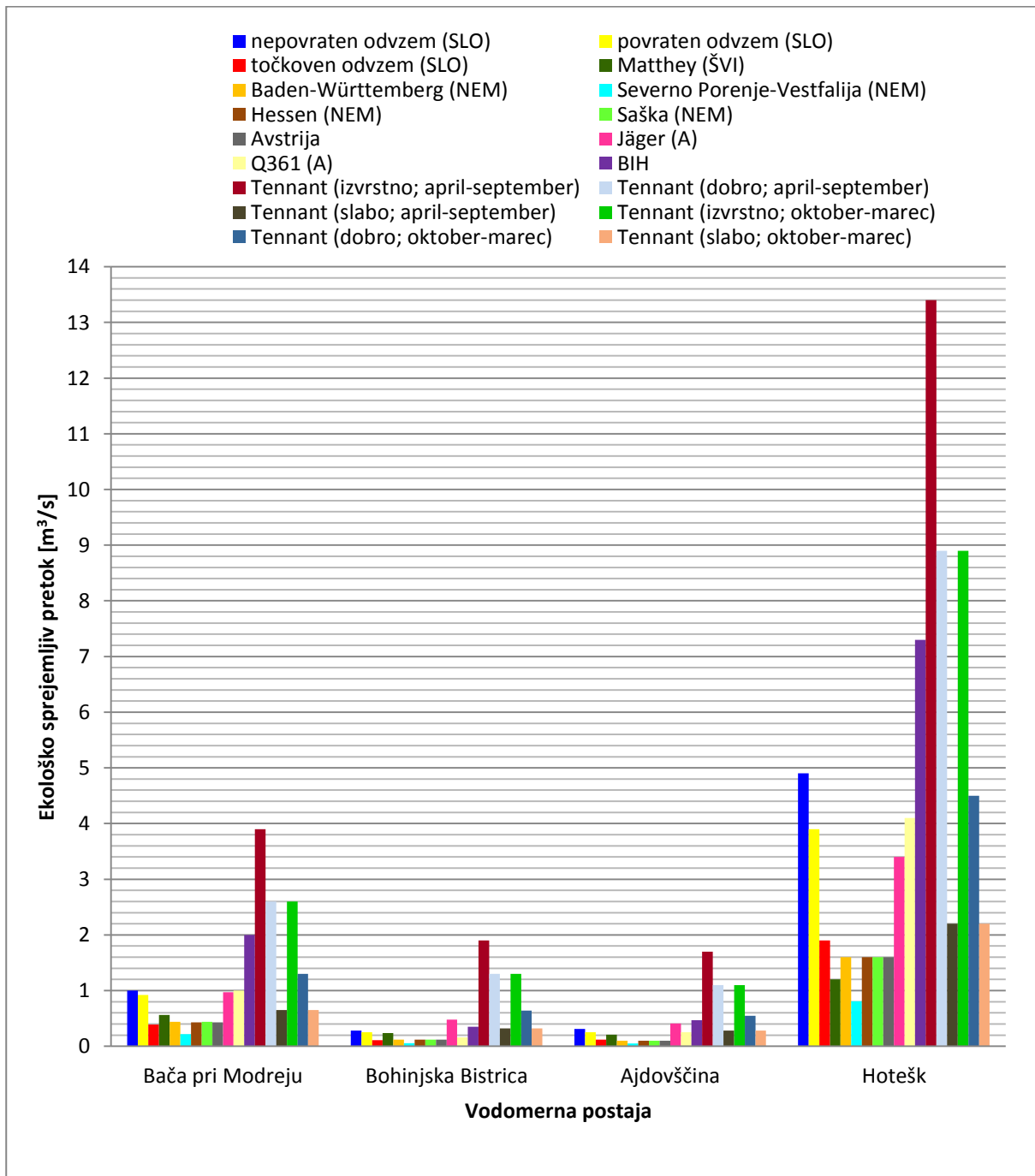
V Preglednici 16 so prikazane vrednosti Qes na izbranih vodomernih postajah, izračunane po Tennantovi metodi.

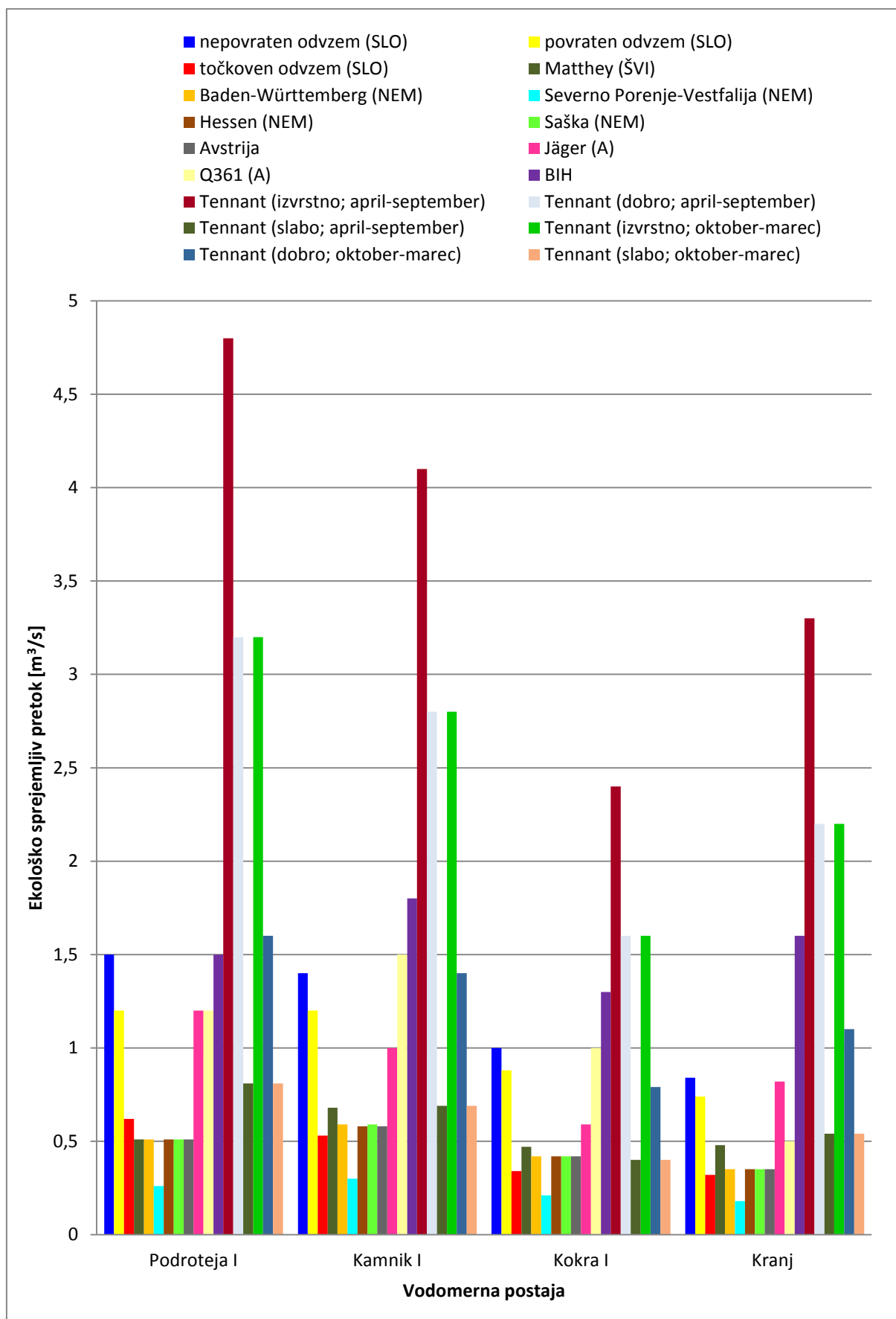
Preglednica 16: Vrednosti ekološko sprejemljivega pretoka na izbranih vodomernih postajah, izračunane po Tennantovi metodi.

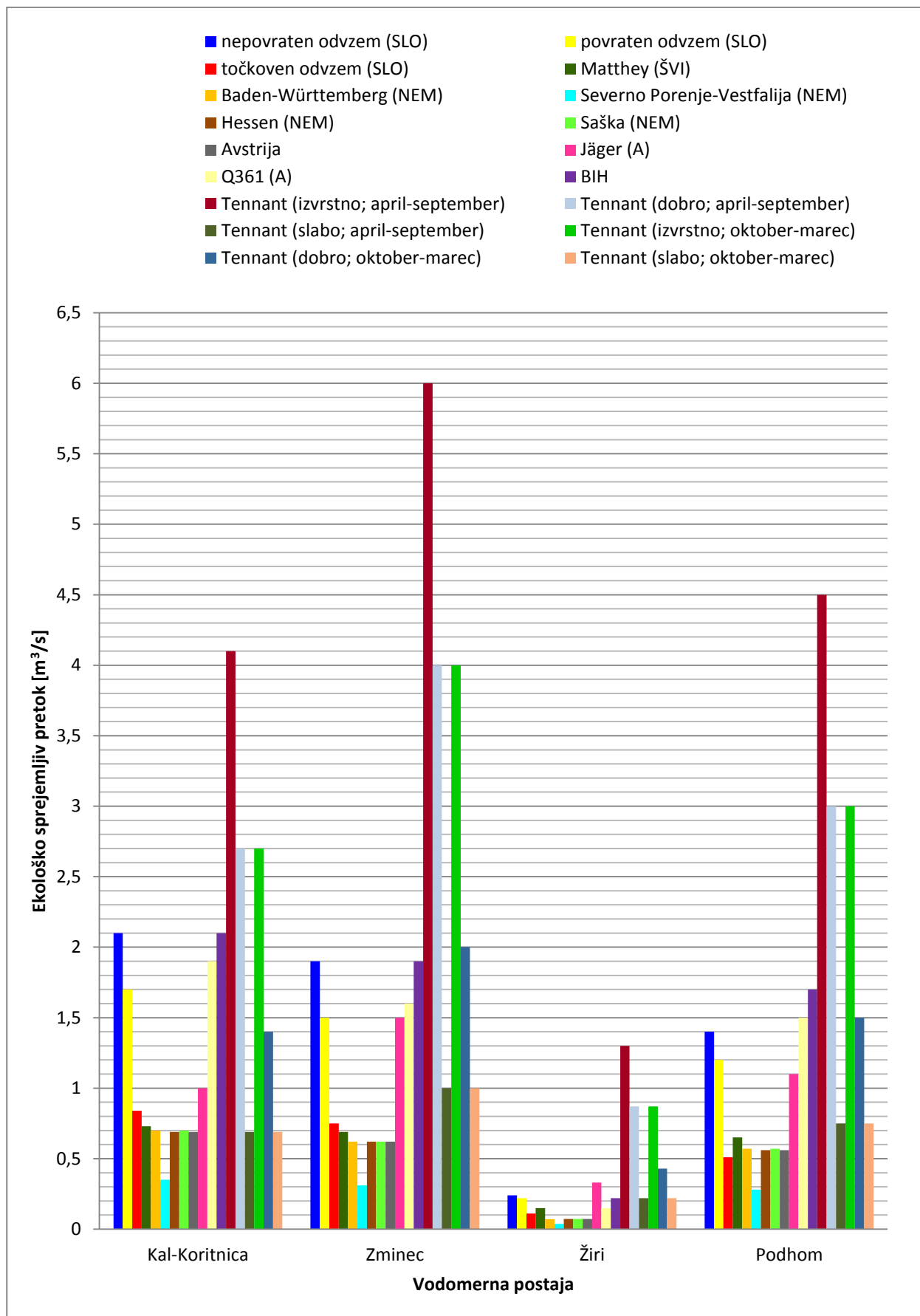
vodotok	vodomerna postaja	sQs [m ³ /s]	Qes (april - september)					Qes (oktober - marec)				
			izvrstno	odlično	dobro	slabše	slabo	izvrstno	odlično	dobro	slabše	slabo
Bača	Bača pri Modreju	6,47	3,9	3,2	2,6	1,9	0,65	2,6	1,9	1,3	0,65	0,65
Bistrica	Bohinjska Bistrica	3,18	1,9	1,6	1,3	0,95	0,32	1,3	0,95	0,64	0,32	0,32
Hubelj	Ajdovščina	2,75	1,7	1,4	1,1	0,83	0,28	1,1	0,83	0,55	0,28	0,28
Idrijca	Hotešk	22,33	13,4	11,2	8,9	6,7	2,2	8,9	6,7	4,5	2,2	2,2
Idrijca	Podroteja I	8,06	4,8	4,0	3,2	2,4	0,81	3,2	2,4	1,6	0,81	0,81
Kamniška Bistrica	Kamnik I	6,89	4,1	3,4	2,8	2,1	0,69	2,8	2,1	1,4	0,69	0,69
Kokra	Kokra I	3,95	2,4	2,0	1,6	1,2	0,4	1,6	1,2	0,79	0,4	0,4
Kokra	Kranj I	5,44	3,3	2,7	2,2	1,6	0,54	2,2	1,6	1,1	0,54	0,54
	Kranj II											
Koritnica	Kal-Koritnica	6,85	4,1	3,4	2,7	2,1	0,69	2,7	2,1	1,4	0,69	0,69
	Kal-Koritnica I											
Poljanska Sora	Zminec	10,08	6,0	5,0	4,0	3,0	1,0	4,0	3,0	2,0	1,0	1,0
	Zminec I											
Poljanska Sora	Žiri	2,17	1,3	1,1	0,87	0,65	0,22	0,87	0,65	0,43	0,22	0,22
	Žiri II											
Radovna	Podhom	7,53	4,5	3,8	3,0	2,3	0,75	3,0	2,3	1,5	0,75	0,75
Sava Bohinjka	Bodešče	21,82	13,1	10,9	8,7	6,5	2,2	8,7	6,5	4,4	2,2	2,2
Sava Bohinjka	Sveti Janez	7,6	4,6	3,8	3,0	2,3	0,76	3,0	2,3	1,5	0,76	0,76
Sava Dolinka	Blejski most	21,83	13,1	10,9	8,7	6,5	2,2	8,7	6,5	4,4	2,2	2,2
Sava Dolinka	Jesenice	9,91	5,9	5,0	4,0	3,0	0,99	4,0	3,0	2,0	0,99	0,99
Selška Sora	Vešter	6,93	4,2	3,5	2,8	2,1	0,69	2,8	2,1	1,4	0,69	0,69
Selška Sora	Železniki	3,86	2,3	1,9	1,5	1,2	0,39	1,5	1,2	0,77	0,39	0,39
Soča	Kobarid I	32,06	19,2	16,0	12,8	9,6	3,2	12,8	9,6	6,4	3,2	3,2
Soča	Kršovec	11	6,6	5,5	4,4	3,3	1,1	4,4	3,3	2,2	1,1	1,1
	Kršovec I											
Soča	Log Čezsoški	22,49	13,5	11,2	9,0	6,7	2,2	9,0	6,7	4,5	2,2	2,2
Sora	Suha I	18,33	11,	9,2	7,3	5,5	1,8	7,3	5,5	3,7	1,8	1,8
Tolminka	Tolmin	7,79	4,7	3,9	3,1	2,3	0,78	3,1	2,3	1,6	0,78	0,78
Trebuša	Dolenja Trebuša	2,55	1,5	1,3	1,0	0,77	0,26	1,0	0,77	0,51	0,26	0,26
Tržiška Bistrica	Preska	4,78	2,9	2,4	1,9	1,4	0,48	1,9	1,4	0,96	0,48	0,48
Učja	Žaga	3,23	1,9	1,6	1,3	0,97	0,32	1,3	0,97	0,65	0,32	0,32

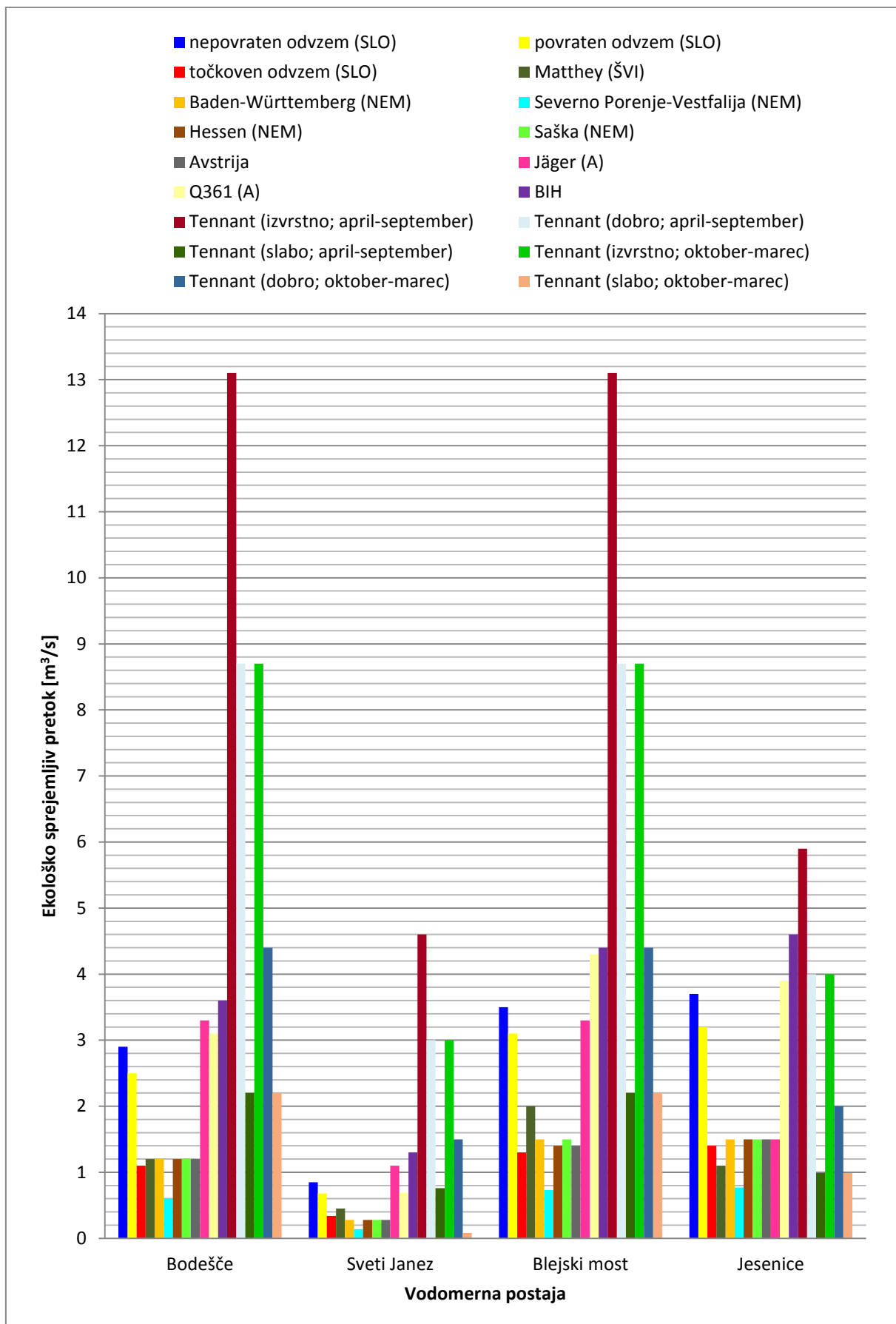
5.4 Primerjava metod in razprava

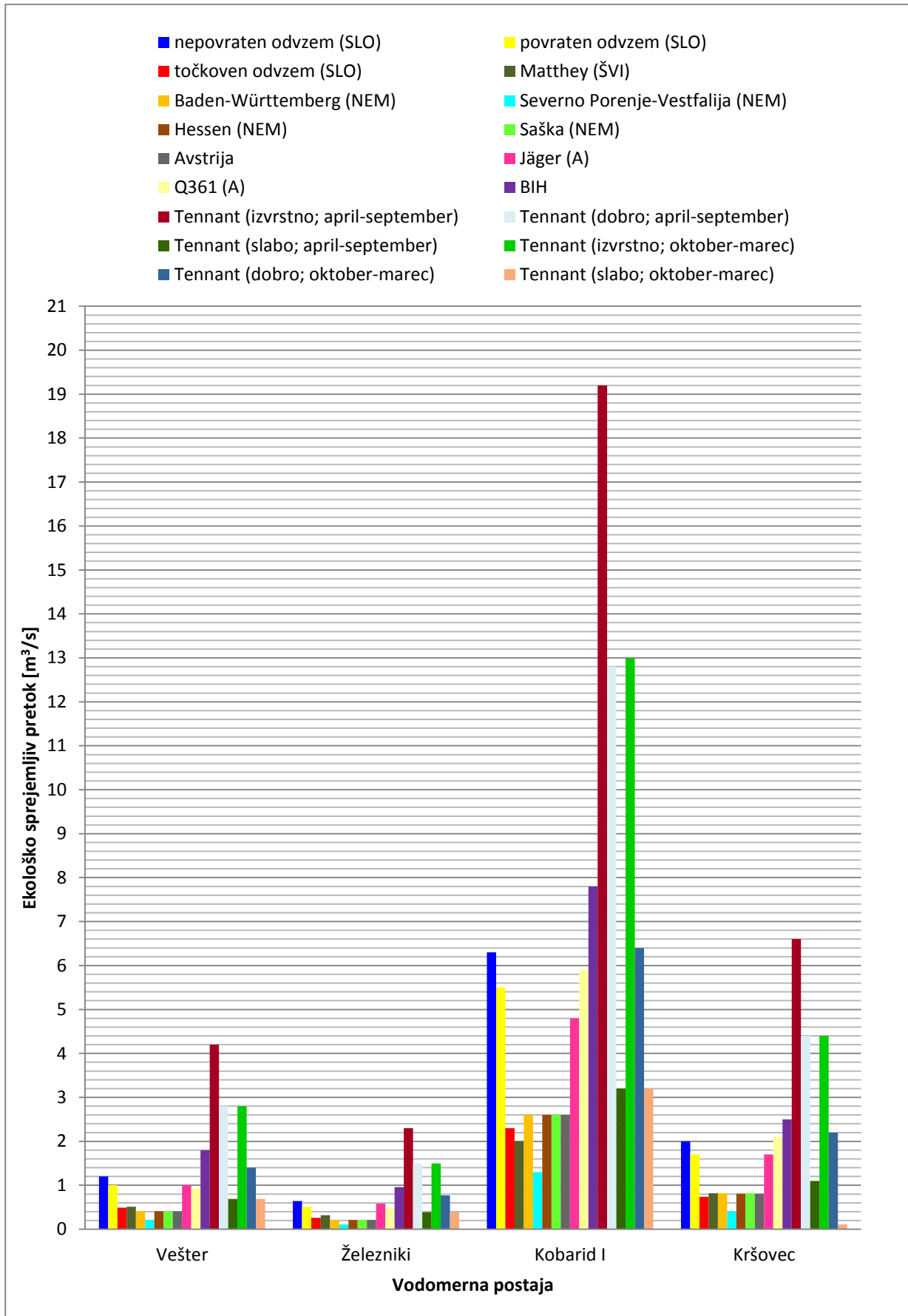
Dobljene vrednosti ekološko sprejemljivih pretokov na izbranih vodomernih postajah, izračunane po prej opisanih 18 metodah, so zbrane v preglednici 17, rezultati so prikazani tudi grafično na grafikonih.

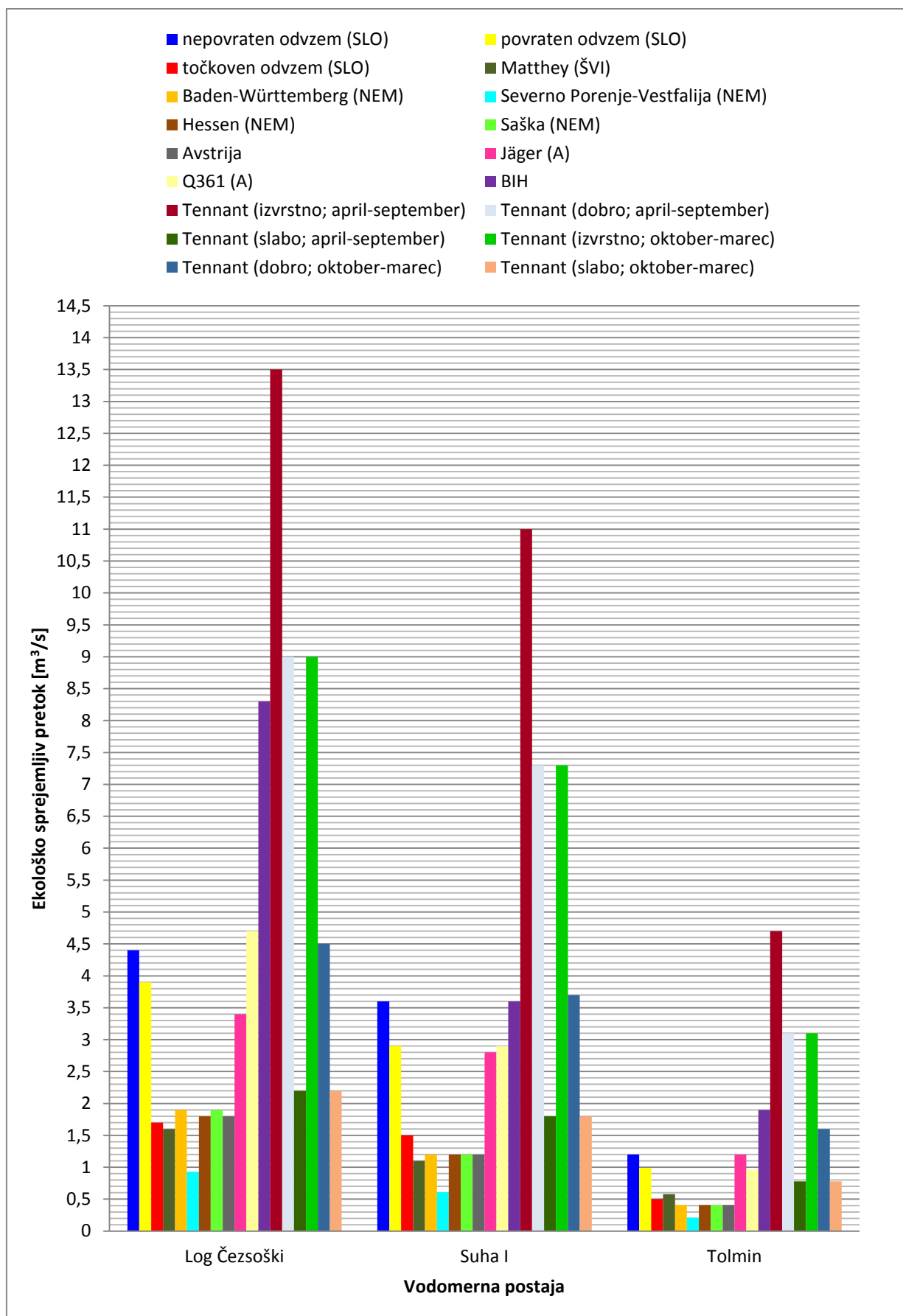


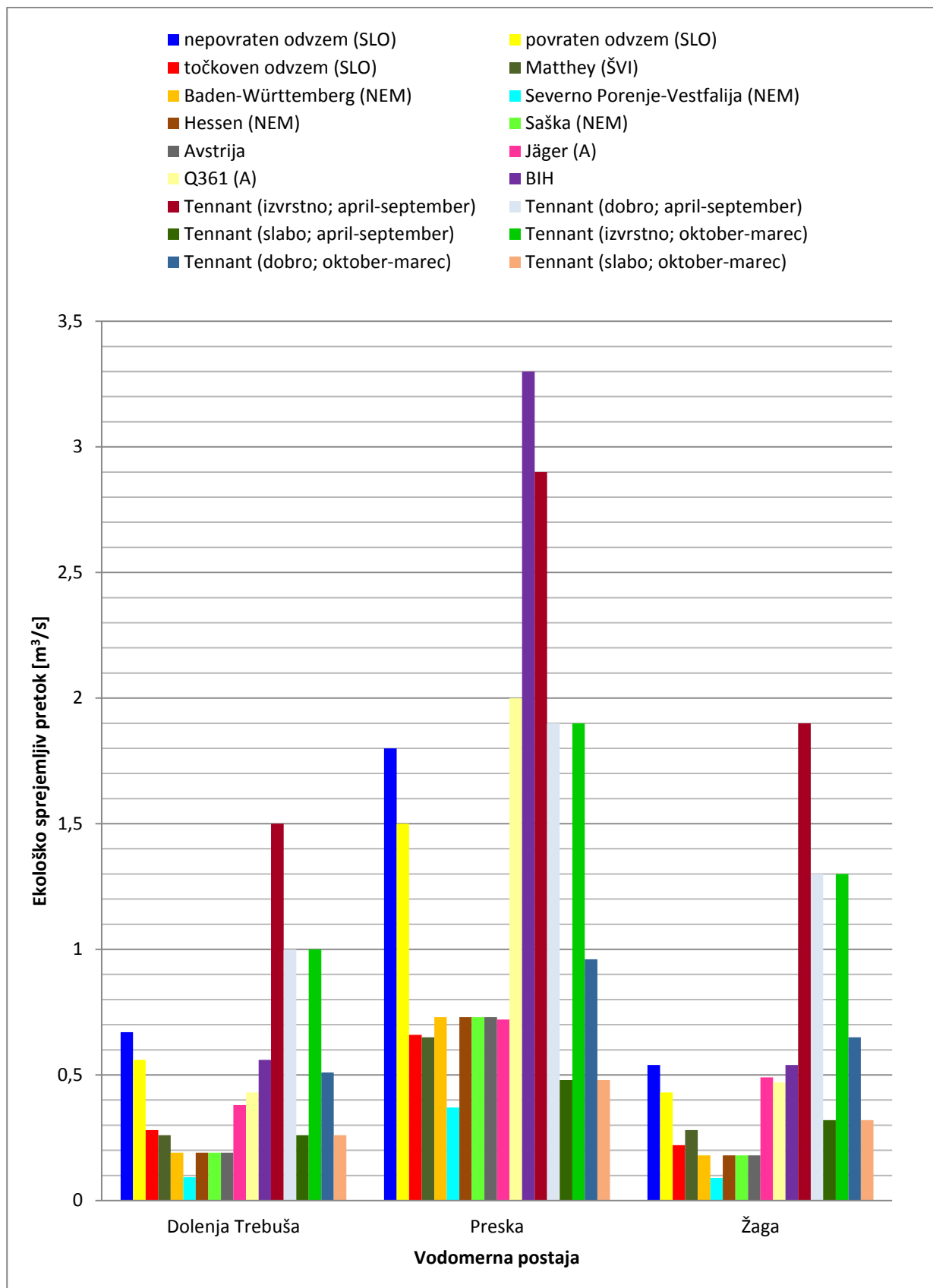












Preglednica 17: Vrednosti ekološko sprejemljivih pretokov po zgoraj opisanih metodah.

vodotok	vodomerna postaja	Slovenija			Švica (Matthey)	Nemčija	
		nepovraten odvzem	povraten odvzem	točkoven odvzem		Baden-Württemberg	Severno Porenje-Vestfalija
		Qes [m3/s]	Qes [m3/s]	Qes [m3/s]	Qes [m3/s]	Qes [m3/s]	Qes [m3/s]
Bača	Bača pri Modreju	1,0	0,92	0,39	0,56	0,44	0,22
Bistrica	Bohinjska Bistrica	0,28	0,25	0,11	0,24	0,12	0,058
Hubelj	Ajdovščina	0,31	0,25	0,12	0,21	0,10	0,052
Idrija	Hotešk	4,9	3,9	1,9	1,2	1,6	0,81
Idrija	Podroteja I	1,5	1,2	0,62	0,51	0,51	0,26
Kamniška Bistrica	Kamnik I	1,4	1,2	0,53	0,68	0,59	0,30
Kokra	Kokra I	1,0	0,88	0,34	0,47	0,42	0,21
Kokra	Kranj I	0,84	0,74	0,32	0,48	0,35	0,18
	Kranj II						
Koritnica	Kal-Koritnica	2,1	1,7	0,84	0,73	0,70	0,35
	Kal-Koritnica I						
Poljanska Sora	Zminec	1,9	1,5	0,75	0,69	0,62	0,31
	Zminec I						
Poljanska Sora	Žiri	0,24	0,22	0,11	0,15	0,073	0,037
	Žiri II						
Radovna	Podhom	1,4	1,2	0,51	0,65	0,57	0,28
Sava Bohinjka	Bodešče	2,9	2,5	1,1	1,2	1,2	0,60
Sava Bohinjka	Sveti Janez	0,85	0,68	0,34	0,45	0,28	0,14
Sava Dolinka	Blejski most	3,5	3,1	1,3	2,0	1,5	0,73
Sava Dolinka	Jesenice	3,7	3,2	1,4	1,1	1,5	0,77
Selška Sora	Vešter	1,2	1,0	0,49	0,51	0,41	0,21
Selška Sora	Železniki	0,64	0,51	0,26	0,32	0,21	0,11
Soča	Kobarid I	6,3	5,5	2,3	2,0	2,6	1,3
Soča	Kršovec	2,0	1,7	0,74	0,82	0,82	0,41
	Kršovec I						
Soča	Log Čezsoški	4,4	3,9	1,7	1,6	1,9	0,93
Sora	Suha I	3,6	2,9	1,5	1,1	1,2	0,61
Tolminka	Tolmin	1,2	0,99	0,50	0,58	0,41	0,21
Trebuša	Dolenja Trebuša	0,67	0,56	0,28	0,26	0,19	0,093
Tržiška Bistrica	Preska	1,8	1,5	0,66	0,65	0,73	0,37
Učja	Žaga	0,54	0,43	0,22	0,28	0,18	0,090

Se nadaljuje ...

... nadaljevanje

Nemčija		Avstrija			Italija			
Hessen	Saška	33% sQnp	Jäger	Q361				
Qes [m3/s]	Qes [m3/s]	Qes [m3/s]	Qes [m3/s]	Qes [m3/s]	q (Q300) [l/s/km2]	q (Q347) [l/s/km2]	q (Q355) [l/s/km2]	q (sQnp) [l/s/km2]
0,43	0,44	0,43	0,97	1,0	15,7	10,6	8,924	9,205
0,12	0,12	0,12	0,48	0,16	/	/	/	/
0,10	0,10	0,10	0,41	0,25	/	/	/	/
1,6	1,6	1,6	3,4	4,1	14,4	11,2	10,3	10,9
0,51	0,51	0,51	1,2	1,2	17,4	13,4	12,4	13,6
0,58	0,59	0,58	1,0	1,5	14,7	10,3	9,30	9,09
0,42	0,42	0,42	0,59	1,0	15,4	11,1	9,97	11,1
0,35	0,35	0,35	0,82	0,50	8,26	4,31	3,0	4,68
0,69	0,70	0,69	1,0	1,9	37,2	26,8	24,9	24,8
0,62	0,62	0,62	1,5	1,6	9,59	6,71	5,89	6,12
0,07	0,07	0,073	0,33	0,15	6,44	4,41	3,86	4,05
0,56	0,57	0,56	1,1	1,5	16,3	11,1	9,90	10,3
1,2	1,2	1,2	3,3	3,1	16,4	11,7	10,2	10,2
0,28	0,28	0,28	1,1	0,69	17,7	10,1	8,51	9,04
1,4	1,5	1,4	3,3	4,3	22,6	14,1	11,0	8,65
1,5	1,5	1,5	1,5	3,9	22,3	17,9	16,5	18,1
0,41	0,41	0,41	1,0	0,93	9,28	6,36	5,46	5,84
0,21	0,21	0,21	0,58	0,48	10,3	6,51	5,92	6,32
2,6	2,6	2,6	4,8	5,9	26,8	18,7	15,9	18,1
0,81	0,82	0,81	1,7	2,1	23,5	16,2	14,5	15,7
1,8	1,9	1,8	3,4	4,7	27,1	18,2	16,7	17,2
1,2	1,2	1,2	2,8	2,9	9,94	6,87	6,02	6,37
0,41	0,41	0,41	1,2	0,96	31,5	19,3	16,4	17,1
0,19	0,19	0,19	0,38	0,43	13,7	10,2	9,32	10,2
0,73	0,73	0,73	0,72	2,0	22,4	18,8	18,0	18,2
0,18	0,18	0,18	0,49	0,47	17,2	11,9	10,5	10,9

Se nadaljuje ...

... nadaljevanje

Bosna in Hercegovina			Tennant									
Qes [m3/s] •			Qes (april - september)					Qes (oktober - marec)				
Qes [m3/s]	maj-oktober	november-april	izvrstno	odlično	dobro	slabše	slabo	izvrstno	odlično	dobro	slabše	slabo
2,0	0,65	0,97	3,9	3,2	2,6	1,9	0,65	2,6	1,9	1,3	0,65	0,65
0,35	0,32	0,48	1,9	1,6	1,3	0,95	0,32	1,3	0,95	0,64	0,32	0,32
0,47	0,28	0,41	1,7	1,4	1,1	0,83	0,28	1,1	0,83	0,55	0,28	0,28
7,3	2,2	3,3	13,4	11,2	8,9	6,7	2,2	8,9	6,7	4,5	2,2	2,2
1,5	0,81	1,2	4,8	4,0	3,2	2,4	0,81	3,2	2,4	1,6	0,81	0,81
1,8	0,69	1,0	4,1	3,4	2,8	2,1	0,69	2,8	2,1	1,4	0,69	0,69
1,3	0,40	0,59	2,4	2,0	1,6	1,2	0,4	1,6	1,2	0,79	0,4	0,4
1,6	0,54	0,82	3,3	2,7	2,2	1,6	0,54	2,2	1,6	1,1	0,54	0,54
2,1	0,67	1,0	4,1	3,4	2,7	2,1	0,69	2,7	2,1	1,4	0,69	0,69
1,9	1,0	1,5	6,0	5,0	4,0	3,0	1,0	4,0	3,0	2,0	1,0	1,0
0,22	0,22	0,33	1,3	1,1	0,87	0,65	0,22	0,87	0,65	0,43	0,22	0,22
1,7	0,75	1,1	4,5	3,8	3,0	2,3	0,75	3,0	2,3	1,5	0,75	0,75
3,6	2,2	3,3	13,1	10,9	8,7	6,5	2,2	8,7	6,5	4,4	2,2	2,2
1,3	0,76	1,1	4,6	3,8	3,0	2,3	0,76	3,0	2,3	1,5	0,76	0,76
4,4	2,2	3,3	13,1	10,9	8,7	6,5	2,2	8,7	6,5	4,4	2,2	2,2
4,6	0,99	1,5	5,9	5,0	4,0	3,0	0,99	4,0	3,0	2,0	0,99	0,99
1,8	0,69	1,0	4,2	3,5	2,8	2,1	0,69	2,8	2,1	1,4	0,69	0,69
0,96	0,39	0,58	2,3	1,9	1,5	1,2	0,39	1,5	1,2	0,77	0,39	0,39
7,8	3,2	4,8	19,2	16,0	12,8	9,6	3,2	12,8	9,6	6,4	3,2	3,2
2,5	1,1	1,7	6,6	5,5	4,4	3,3	1,1	4,4	3,3	2,2	1,1	1,1
8,3	2,2	3,4	13,5	11,2	9,0	6,7	2,2	9,0	6,7	4,5	2,2	2,2
3,6	1,8	2,7	11,	9,2	7,3	5,5	1,8	7,3	5,5	3,7	1,8	1,8
1,9	0,78	1,2	4,7	3,9	3,1	2,3	0,78	3,1	2,3	1,6	0,78	0,78
0,56	0,26	0,38	1,5	1,3	1,0	0,77	0,26	1,0	0,77	0,51	0,26	0,26
3,3	0,48	0,72	2,9	2,4	1,9	1,4	0,48	1,9	1,4	0,96	0,48	0,48
0,54	0,32	0,48	1,9	1,6	1,3	0,97	0,32	1,3	0,97	0,65	0,32	0,32

V grafičnem prikazu rezultatov sem prikazala vrednosti Qes, izračunane po slovenski Uredbi o Qes, za tri različne primere (nepovraten odvzem, povraten odvzem ter točkoven odvzem), po švicarski metodi Matthey, po metodah, ki se uporabljajo v nemških zveznih deželah Baden-Württemberg, Hessen, Saška in Severno Porenje – Vestfalija, vrednosti Qes po Zakonu o vodah v Avstriji, avstrijski metodi Jäger in Q_{361} , po Pravilniku o načinu določanja Qes v Bosni in Hercegovini ter po Tennantovi metodi (grafično so predstavljene samo vrednosti Qes, ki zagotavljajo izvrstno, dobro in slabo stanje vodotokov v obeh obdobjih).

Iz grafičnega prikaza rezultatov je razvidno, da daje v večini vodomernih postaj najvišje vrednosti Qes Tennantova metoda. Vrednosti Qes, ki ustrezajo izvrstnemu stanju vodotokov po metodi Tennant v poletnem obdobju, dajejo vrednosti, ki so tudi več kot 100 % višje od vrednosti, izračunanih po ostalih metodah. Vrednosti Qes po metodi Tennant, ki ustrezajo slabemu stanju vodotokov in so enake za poletno in zimsko obdobje, so še vedno višje od vrednosti Qes, izračunanih po metodah, ki se uporabljajo v Nemčiji in Avstriji, pri nekaterih vodomernih postajah pa tudi višje od vrednosti, izračunanih po švicarski metodi Matthey in slovenski Uredbi o Qes pri povratnem točkovnem odvzemu.

Med sabo sem primerjala najvišje in najnižje vrednosti Qes na izbranih vodomernih postajah (Preglednica 18), izračunane po slovenski, švicarski, nemških, avstrijskih metodah ter metodi, ki se uporablja v Bosni in Hercegovini. V primerjavo nisem vključila metode Tennant, ker so tudi najnižje vrednosti Qes, izračunane po tej metodi, v večini primerov višje od ostalih vrednosti ter metode specifičnih pretokov v Italiji zaradi neprimerljivosti merskih enot. Najmanjše vrednosti Qes so za vse vodomerne postaje izračunane po orientacijski vrednosti za ekološko sprejemljive minimalne pretoke vode v nemški zvezni deželi Severno Porenje – Vestfalija. Minimalen sprejemljiv pretok je zakonsko določen kot $1/6$ vrednosti sQ_{np} , kar pomeni, da ekološko sprejemljiv pretok predstavlja približno 17 % srednjega malega pretoka. Najvišje vrednosti so pri večini vodomernih postaj izračunane po metodi iz Bosne in Hercegovine. Na vodomernih postajah Bača pri Modreju, Ajdovščina, Hotešk, Kranj I in Kranj II, Sveti Janez, Vešter, Železniki, Log Čezsoški, Tolmin ter Preska predstavljajo izračunani Qes približno 150 % vrednosti sQ_{np} . Na vodomernih postajah Kamnik I, Kokra I, Podhom, Bodešče, Blejski most, Jesenice, Kobarid I ter Kršovec in Kršovec I pa so vrednosti Qes, izračunane po tej metodi, približno enake vrednostim sQ_{np} . Slovenska metoda in metoda, ki se uporablja v Bosni in Hercegovini, dajeta enake vrednosti Qes na vodomernih postajah Podroteja I, Kal-Koritnica in Kal-Koritnica I, Zminec, Suha I ter Žaga; te vrednosti Qes so približno enake vrednostim sQ_{np} . Na vodomerni postaji Bohinjska Bistrica ter Žiri in Žiri II, je najvišji Qes izračunan po avstrijski metodi Jäger. Na vodomerni postaji Bohinjska Bistrica predstavlja Qes 137 % sQ_{np} , na vodomerni postaji Žiri in Žiri II pa 150 % vrednosti sQ_{np} .

Preglednica 18: Primerjava najvišjih in najnižjih vrednosti Qes.

vodomerna postaja	sQnp [m ³ /s]	max Qes [m ³ /s]	metoda	delež sQnp [%]	min Qes [m ³ /s]	metoda	delež sQnp [%]
Bača pri Modreju	1,31	2	BiH	153	0,22	S. Porenje - Vestfalija	17
Bohinjska Bistrica	0,35	0,48	Jäger	137	0,058	S. Porenje - Vestfalija	17
Ajdovščina	0,31	0,47	BiH	152	0,052	S. Porenje - Vestfalija	17
Hotešk	4,87	7,3	BiH	150	0,81	S. Porenje - Vestfalija	17
Podroteja I	1,54	1,5	SLO/BiH	97	0,26	S. Porenje - Vestfalija	17
Kamnik I	1,77	1,8	BiH	102	0,3	S. Porenje - Vestfalija	17
Kokra I	1,26	1,3	BiH	103	0,21	S. Porenje - Vestfalija	17
Kranj I	1,05	1,6	BiH	152	0,18	S. Porenje - Vestfalija	17
Kranj II							
Kal-Koritnica	2,1	2,1	SLO/BiH	100	0,35	S. Porenje - Vestfalija	17
Kal-Koritnica I							
Zminec	1,87	1,9	SLO/BiH	102	0,31	S. Porenje - Vestfalija	17
Zminec I							
Žiri	0,22	0,33	Jäger	150	0,037	S. Porenje - Vestfalija	17
Žiri II							
Podhom	1,7	1,7	BiH	100	0,28	S. Porenje - Vestfalija	16
Bodešče	3,59	3,6	BiH	100	0,6	S. Porenje - Vestfalija	17
Sveti Janez	0,85	1,3	BiH	153	0,14	S. Porenje - Vestfalija	16
Blejski most	4,37	4,4	BiH	101	0,73	S. Porenje - Vestfalija	17
Jesenice	4,63	4,6	BiH	99	0,77	S. Porenje - Vestfalija	17
Vešter	1,23	1,8	BiH	146	0,21	S. Porenje - Vestfalija	17
Železniki	0,64	0,96	BiH	150	0,11	S. Porenje - Vestfalija	17
Kobarid I	7,81	7,8	BiH	100	1,3	S. Porenje - Vestfalija	17
Kršovec	2,45	2,5	BiH	102	0,41	S. Porenje - Vestfalija	17
Kršovec I							
Log Čezsoški	5,55	8,3	BiH	150	0,93	S. Porenje - Vestfalija	17
Suha I	3,64	3,6	SLO/BiH	99	0,61	S. Porenje - Vestfalija	17
Tolmin	1,24	1,9	BiH	153	0,21	S. Porenje - Vestfalija	17
Dolenja Trebuša	0,56	0,67	slo	120	0,093	S. Porenje - Vestfalija	17
Preska	2,2	3,3	BiH	150	0,37	S. Porenje - Vestfalija	17
Žaga	0,54	0,54	SLO/BiH	100	0,09	S. Porenje - Vestfalija	17

Metoda, opisana v Pravilniku o načinu določanja Qes v Bosni in Hercegovini, daje najvišje vrednosti Qes, če ne upoštevamo metode Tennant. Primerljive vrednosti Qes tej metodi dajejo slovenska metoda, opisana v Uredbi o Qes, ter avstrijski metodi Q_{361} in Jäger, ki so za večino vodomernih postaj še vedno nižje, vendar med sabo primerljive.

Najnižje vrednosti Qes dajejo avstrijska metoda, opisana v Zakonu o vodah, metode, ki se uporabljajo v Nemčiji, in metoda Matthey v Švici. Najnižje vrednosti Qes so pri vseh vodomernih postajah izračunane po metodi, ki se uporablja v Severnem Porenju – Vestfaliji.

Na grafikonih niso prikazani rezultati italijanske metode. Pravila, ki se uporabljajo v Italiji, določajo, da mora biti vrednost specifičnega pretoka, ki je potreben za zagotovitev Qes v gorskih regijah (izbrane vodomerne postaje se nahajajo na alpskih vodotokih) med 4,0 in 6,6 l/s/km². Specifičen pretok q je izračunan po formuli:

$$q = Q/F \quad [l/s/km^2],$$

kjer Q predstavlja vrednost pretoka, F pa prispevno površino. Za vrednosti Q so izbrani pretoki Q₃₀₀, Q₃₄₇, Q₃₅₅ in sQnp, odčitani iz preglednic podatkov, uporabljenih za izris krivulj trajanja.

Preglednica 19: Vrednosti specifičnih pretokov q izračunanih na izbranih vodomernih postajah.

vodomerna postaja	q (Q ₃₀₀) [l/s/km ²]	q (Q ₃₄₇) [l/s/km ²]	q (Q ₃₅₅) [l/s/km ²]	q (sQnp) [l/s/km ²]
Bača pri Modreju	15,7	10,6	8,924	9,205
Bohinjska Bistrica	/	/	/	/
Ajdovščina	/	/	/	/
Hotešk	14,4	11,2	10,3	10,9
Podroteja I	17,4	13,4	12,4	13,6
Kamnik I	14,7	10,3	9,30	9,09
Kokra I	15,4	11,1	9,97	11,1
Kranj I	8,26	4,31	3,0	4,68
Kranj II				
Kal-Koritnica	37,2	26,8	24,9	24,8
Kal-Koritnica I				
Zminec	9,59	6,71	5,89	6,12
Zminec I				
Žiri	6,44	4,41	3,86	4,05
Žiri II				
Podhom	16,3	11,1	9,90	10,3
Bodešče	16,4	11,7	10,2	10,2
Sveti Janez	17,7	10,1	8,51	9,04
Blejski most	22,6	14,1	11,0	8,65
Jesenice	22,3	17,9	16,5	18,1
Vešter	9,28	6,36	5,46	5,84
Železniki	10,3	6,51	5,92	6,32
Kobarid I	26,8	18,7	15,9	18,1
Kršovec	23,5	16,2	14,5	15,7
Kršovec I				
Log Čezsoški	27,1	18,2	16,7	17,2
Suha I	9,94	6,87	6,02	6,37
Tolmin	31,5	19,3	16,4	17,1
Dolenja Trebuša	13,7	10,2	9,32	10,2
Preska	22,4	18,8	18,0	18,2
Žaga	17,2	11,9	10,5	10,9

Iz Preglednice 19 je razvidno, da so vrednosti specifičnih pretokov q med 4,0 in 6,6 l/s/km² izračunane na vodomernih postajah Kranj, Zminec, Žiri, Vešter, Železniki in Suha I. V vseh ostalih primerih so vrednosti q višje, kar pomeni, da lahko za zagotovitev Qes uporabimo pretoke, nižje od Q_{355} .

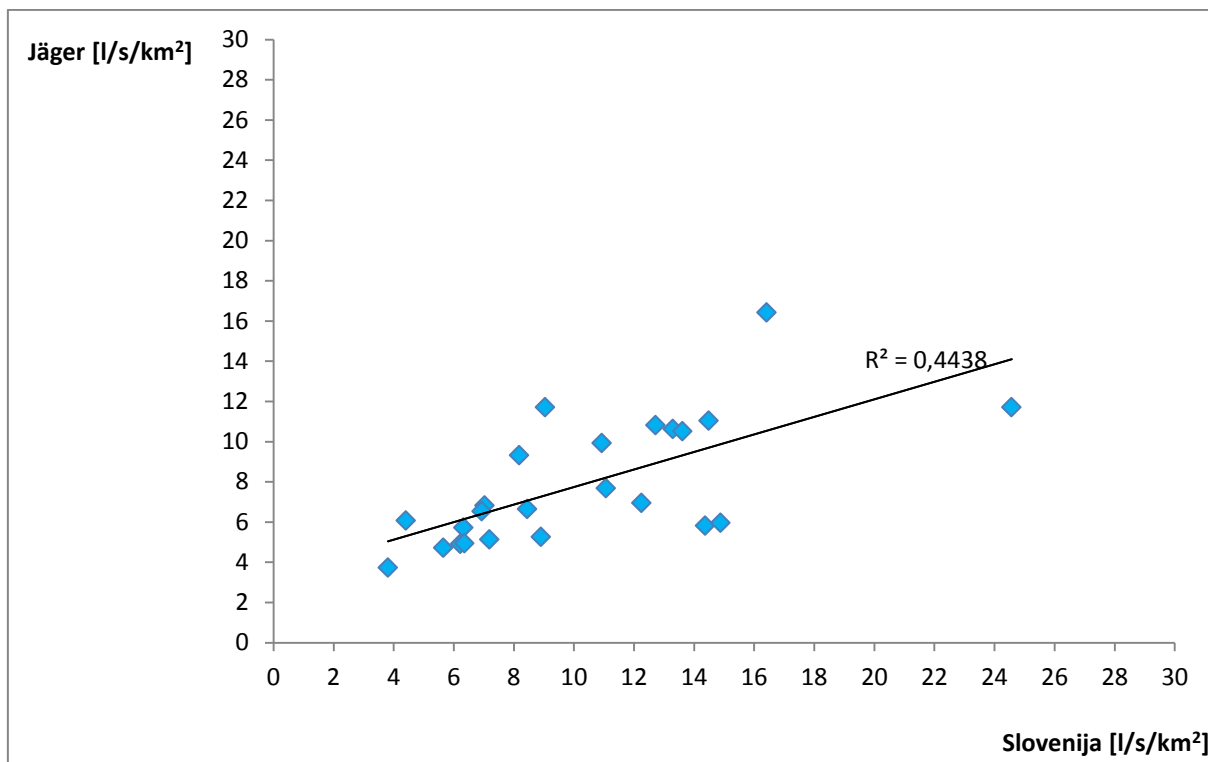
Na prvi pogled se zdi, da so vrednosti specifičnih pretokov, ki so potrebne za zagotovitev Qes po italijanski zakonodaji, izredno nizke, zato sem za primerjavo izračunala specifične pretoke $q(Q_{es})$ na izbranih vodomernih postajah za nekaj metod. Za vrednosti Q sem uporabila izračunane Qes po naslednjih metodah: po Tennantovi metodi (izvrstno stanje vodotokov in slabo stanje vodotokov), slovenski metodi za nepovraten odvzem, po avstrijski metodi Jäger, po metodi, ki se uporablja v Bosni in Hercegovini ter po metodi v nemški zvezni deželi Severno Porenje – Vestfalija. V Preglednici 20 so primerjane vrednosti specifičnih pretokov $q(Q_{355})$ z vrednostmi specifičnih pretokov $q(Q_{es})$ za štiri metode, ki dajejo najvišje vrednosti Qes, in metodo, ki daje najnižje vrednosti Qes na izbranih vodomernih postajah.

Specifični pretoki $q(Q_{es})$ za Severno Porenje – Vestfalijo na nobeni vodomerni postaji ne izpolnjujejo kriterija zagotovitve ekološko sprejemljivega pretoka po italijanski zakonodaji (4,0–6,6 l/s/km²). Vrednosti $q(Q_{es})$ po metodi Tennant za slabo stanje vodotokov so na vseh vodomernih postajah nižje od vrednosti $q(Q_{355})$, prav tako vrednosti $q(Q_{es})$ po avstrijski metodi Jäger. Vrednosti specifičnih pretokov, izračunanih iz vrednosti Qes po slovenski metodi za nepovratni odvzem in metodi, ki se uporablja v Bosni in Hercegovini, so z vrednostmi $q(Q_{355})$ primerljive, na nekaterih vodomernih postajah nižje, na drugih višje. Vrednosti $q(Q_{es})$ po metodi Tennant za izvrstno stanje vodotokov so na vseh vodomernih postajah dosti višje od vrednosti $q(Q_{355})$. S primerjavo vrednosti specifičnih pretokov ugotovimo, da so zakonska določila o vrednostih pretokov, ki so potrebni za zagotovitev Qes v Italiji, še najbolj podobna vrednostim, ki jih izračunamo po metodah, ki se uporabljata v Sloveniji ter v Bosni in Hercegovini.

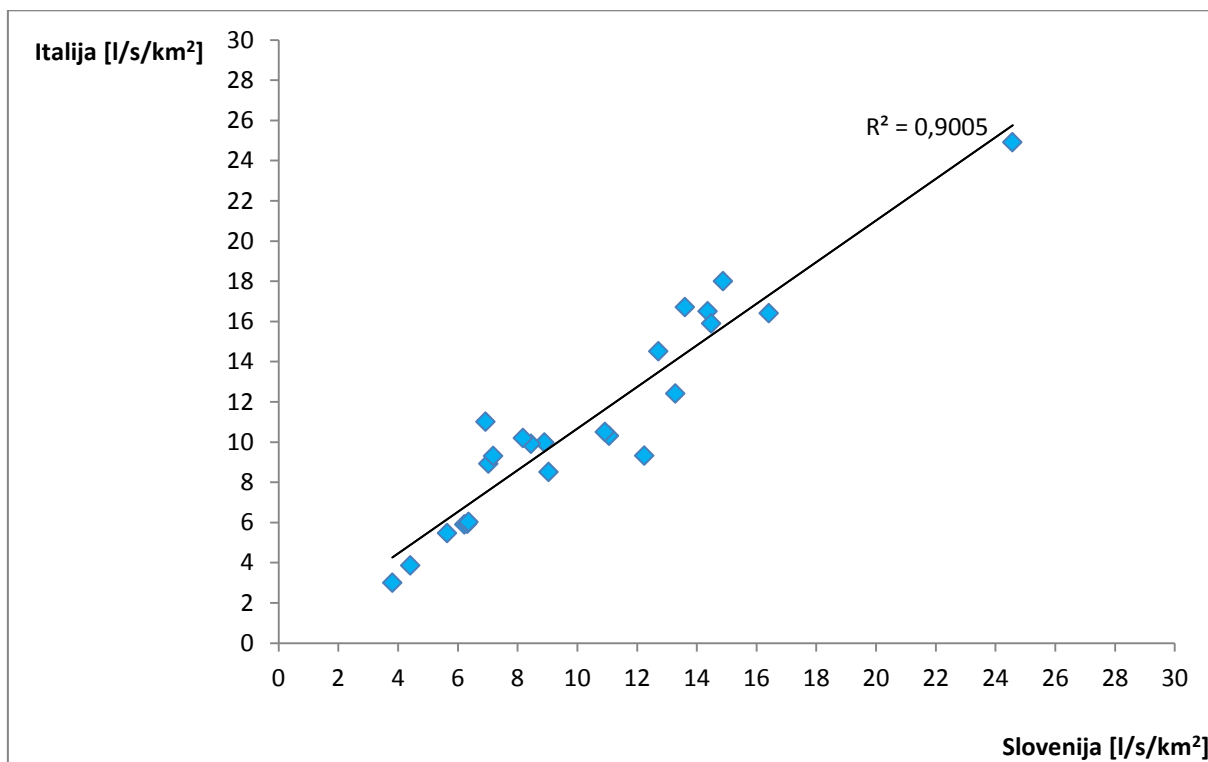
Na Slikah 13, 14 in 15 sem vrednosti specifičnih pretokov, izračunanih po metodi v slovenski Uredbi, primerjala z vrednostmi specifičnih pretokov, izračunanih po metodi Jäger (Slika 13), Italijanski pravilih (Slika 14) ter metodi, ki se uporablja v Bosni in Hercegovini (Slika 15).

Preglednica 20: Primerjava specifičnih pretokov izračunanih na izbranih vodomernih postajah.

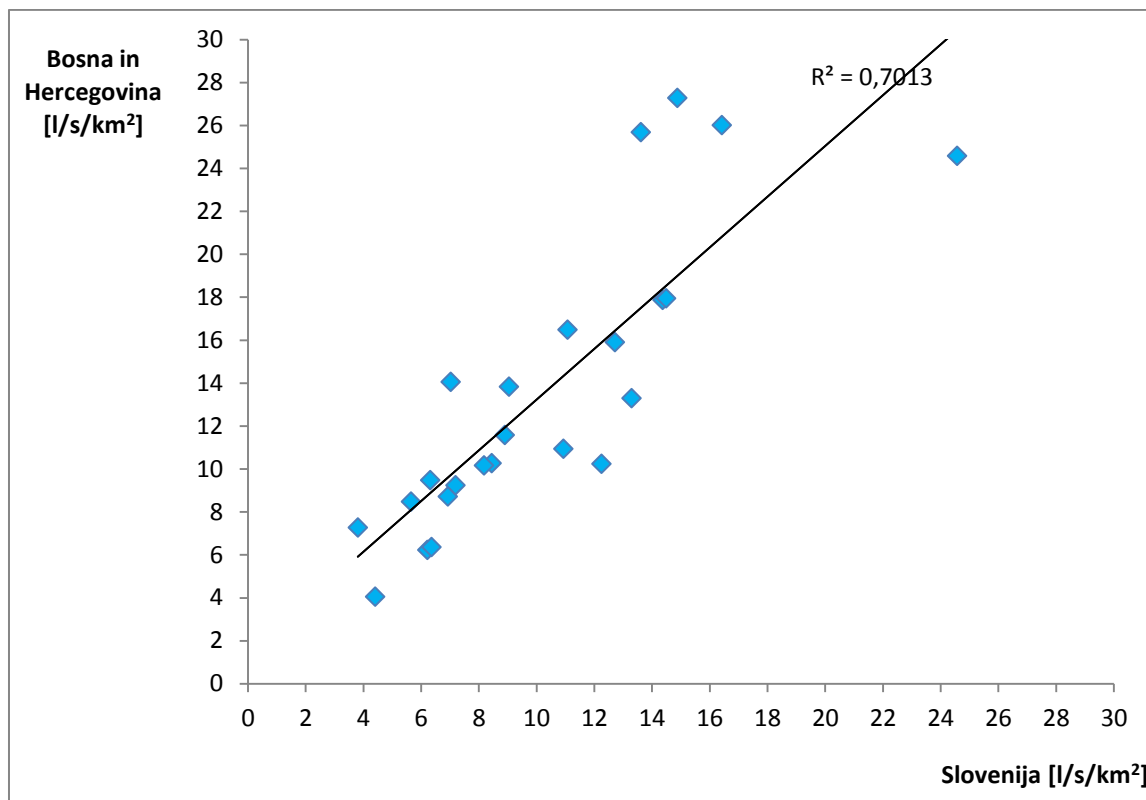
	Slovenija	Nemčija	Avstrija	Bosna in Hercegovina	Tennant		Italija
	nepovraten odvzem	S. Porenje-Vestfalija	Jäger		izvrstno	slabo	
vodomerna postaja	q(Qes) [l/s/km ²]	q(Qes) [l/s/km ²]	q(Qes) [l/s/km ²]	q(Qes) [l/s/km ²]	q(Qes) [l/s/km ²]	q(Qes) [l/s/km ²]	q (Q ₃₅₅) [l/s/km ²]
Bača pri Modreju	7,03	1,55	6,82	14,05	27,40	4,57	8,924
Bohinjska Bistrica	/	/	/	/	/	/	/
Ajdovščina	/	/	/	/	/	/	/
Hotešk	11,07	1,83	7,68	16,48	30,26	4,97	10,3
Podroteja I	13,29	2,30	10,63	13,29	42,54	7,18	12,4
Kamnik I	7,19	1,54	5,13	9,24	21,05	3,54	9,3
Kokra I	8,90	1,87	5,25	11,57	21,36	3,56	9,97
Kranj I	3,81	0,82	3,72	7,27	14,98	2,45	3
Kranj II							
Kal-Koritnica	24,57	4,10	11,70	24,57	47,97	8,07	24,9
Kal-Koritnica I							
Zminec	6,22	1,01	4,91	6,22	19,64	3,27	5,89
Zminec I							
Žiri	4,41	0,68	6,07	4,04	23,90	4,04	3,86
Žiri II							
Podhom	8,45	1,69	6,64	10,27	27,17	4,53	9,9
Bodešče	8,18	1,69	9,31	10,16	36,95	6,21	10,2
Sveti Janez	9,04	1,49	11,70	13,83	48,94	8,09	8,51
Blejski most	6,93	1,44	6,53	8,71	25,92	4,35	11
Jesenice	14,37	2,99	5,82	17,86	22,91	3,84	16,5
Vešter	5,65	0,99	4,71	8,47	19,77	3,25	5,46
Železniki	6,32	1,09	5,72	9,47	22,70	3,85	5,92
Kobarid I	14,49	2,99	11,04	17,94	44,17	7,36	15,9
Kršovec	12,72	2,61	10,81	15,90	41,98	7,00	14,5
Kršovec I							
Log Čezsoški	13,61	2,88	10,51	25,67	41,75	6,80	16,7
Suha I	6,36	1,08	4,94	6,36	19,42	3,18	6,02
Tolmin	16,42	2,87	16,42	26,00	64,31	10,67	16,4
Dolenja Trebuša	12,25	1,70	6,95	10,24	27,42	4,75	9,32
Preska	14,88	3,06	5,95	27,27	23,97	3,97	18
Žaga	10,93	1,82	9,92	10,93	38,45	6,48	10,5



Slika 13: Primerjava vrednosti specifičnih pretokov med metodo Jäger in slovensko metodo.



Slika 14: Primerjava vrednosti specifičnih pretokov med italijansko in slovensko metodo.



Slika 15: Primerjava vrednosti specifičnih pretokov med metodo v Bosni in Hercegovini in slovensko metodo.

Iz grafičnega prikaza je razvidno, da specifičnim pretokom, ki sem jih izračunala iz vrednosti Qes po slovenski zakonodaji, najbolj ustrezajo specifični pretoki, izračunani iz vrednosti Q₃₅₅, ki ga zahtevajo pravilniki v Italiji. Koeficient korelacije je v tem primeru 0,95. Da so vrednosti Qes po slovenski Uredbi (2009) zelo podobne vrednostim Qes po Pravilniku o Qes (2013) v Bosni in Hercegovini, lahko potrdimo tudi s specifičnimi pretoki. Koeficient korelacije med tema metodama je 0,84 (Slika 15). Grafično sta primerjani tudi metodi Jäger (Avstrija) in metoda iz slovenske Uredbe o Qes (2009), koeficient korelacije med njima je 0,67, kar statistično pomeni srednje močno povezanost.

Kaj različne vrednosti Qes in razlike med njimi pomenijo v praksi, je najlažje prikazati na konkretnem primeru. Najštevilčnejši odjemalci vode v alpskem prostoru so male hidroelektrarne. Čeprav se proizvodnja hidroelektrarn šteje kot »zelena« energija, povzroča velik pritisk na vodne ekosisteme. Ker male hidroelektrarne predstavljajo visok potencial hidroenergije, njihov dejanski izkoristek proizvodnje hidroenergije v alpskih predelih pa je precejšen, se postavlja vprašanje, koliko vode lahko odjemalec odvzame, da so male hidroelektrarne z ekonomskega vidika smiselne, ter koliko vode je potrebno pustiti v vodotoku, da so zagotovljene njegove osnovne funkcije.

Problematika malih hidroelektrarn tako izhaja iz konflikta interesov po pridobivanju električne energije iz obnovljivih virov in ohranjanja naravnih habitatov. Zagotavljanje dobrega ekološkega stanja, ki ga predpisuje Evropska vodna direktiva, mnogokrat ne gre skupaj z interesom energetike. Poleg fragmentacije habitatov zaradi graditve odzemnih objektov v obliki nizkih ali srednje visokih pregrad velike probleme povzroča odzem vode, ki se do turbine vodi po cevovodih in na odseku izkoriščanja osiromaši naravne pretoke ali celo presuši struge. Pogosto so ti odseki občasno popolnoma brez vode in neprimerni za življenje vodnih in obvodnih skupnosti organizmov (MKO, 2013).

V Preglednici 21 je narejena analiza male hidroelektrarne na vodotoku Brugga v kraju Dietenbach (Nemčija). Analizirani sta proizvodnja in njeno zmanjšanje pri različnih vrednostih Q_{es} . Za referenco je bil izbran Q_{es} , izračunan kot vrednost $1/3 sQ_{np}$ (Bartl in sod., 2005).

Preglednica 21: Analiza male hidroelektrarne na vodotoku Brugga v kraju Dietenbach (povzeto po Bartl in sod., 2005).

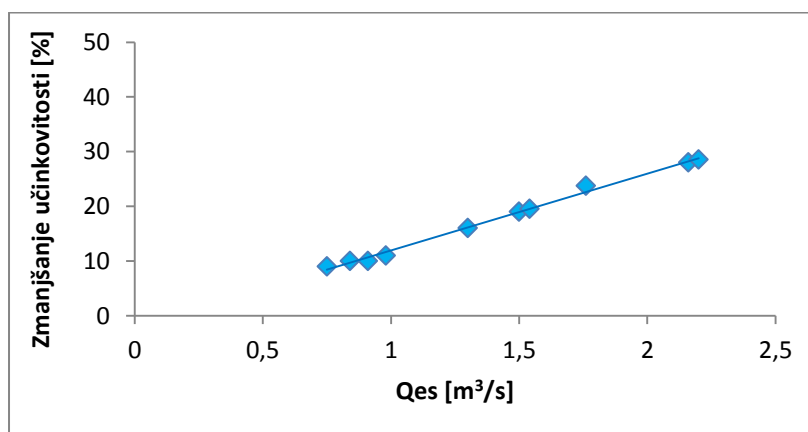
Minimalni pretok po metodi	Proizvodnja energije [%]	Izguba v proizvodnji [%]	Ekološko sprejemljiv pretok [l/s]
$1/3 sQ_{np}$	100	0	126
$1/2 sQ_{np}$	95,7	-4,3	188
Matthey (Švica)	87,8	-12,2	220
Q_{347}	77,8	-22,2	380

V Preglednici 22 pa je prikazana primerjava vrednosti Q_{es} , izračunanih po različnih metodah v Nemčiji, Avstriji in Švici na primeru hipotetične male hidroelektrarne. Iz danih podatkov sem izračunala ekološko sprejemljive pretoke še po slovenski metodi (za 3 različne vrednosti faktorja f , ki se pojavljajo pri izračunu Q_{es} na izbranih vodomernih postajah za povraten odzem vode), na podlagi teh vrednosti pa tudi zmanjšanje učinkovitosti upravljanja male hidroelektrarne v odstotkih in izgubo energije v kW. Iz vrednosti v preglednici lahko ugotovimo, da so izgube energije v večini primerov najvišje v primeru Slovenije, razvidno pa je tudi to, da lahko pri manjših vodotokih majhne razlike v vrednostih Q_{es} pomenijo relativno velik odstotek v zmanjšanju učinkovitosti delovanja malih hidroelektrarn.

Preglednica 22: Učinek predlaganih predpisov o Qes v Švici, Avstriji in Nemčiji na primeru male hidroelektrarne (300 kW) na srednjem gorskem vodotoku (sQs=7,7 m³/s in sQnp=2,2 m³/s) (Jungwirth in sod., 2002, povzeto po Uhlmann in sod., 2006). Dodan je primer Slovenije.

	Qes v m ³ /s	zmanjšanje učinkovitosti upravljanja v %	izguba energije v kW na dan
Švica			
Zakon o varstvu voda (31. člen, 1. odstavek)	0,84	10	4
Ocena na podlagi (31. člena, 2. odstavka)	1,20 - 2,20	14,0-19,0	7,0-44,0
Avstrija			
Koroška	0,91	10	4
Spodnja Avstrija	0,91-2,16	10,0-28,0	4,0-41,0
Zgornja Avstrija	2,16	28	41
Salzburg	zimsko obdobje 0,98	11	5
	poletno obdobje 1,30	16	11
Štajerska	0,75	9	3
Tirolska	1,5	19	15
Predarlška	0,77-3,67	9,0-48,0	3,0-120,0
Nemčija			
Baden-Württemberg	0,71-1,10	9,0-13,0	3,0-5,0
Severno Porenje-Vestfalija	1,10-3,20	13,0-46,0	5,0-95,0
Porenje-Pfalška	0,4-1,10	4,0-13,0	0-5,0
Slovenija (povraten odvzem)			
faktor f = 0,7	1,54	19,5	23,5
faktor f = 0,8	1,76	23,7	32,2
faktor f = 1	2,2	28,5	42

Na Sliki 16 so rezultati iz Preglednice 22 prikazani še grafično.



Slika 16: Zmanjšanje učinkovitosti v odvisnosti od ekološko sprejemljivega pretoka.

6 ZAKLJUČEK

Metode, pravila, pravilniki in uredbe za določanje Qes so konsenz med ekologijo, varovanjem in ohranjanjem narave na eni ter gospodarstvom in gospodarskim razvojem na drugi strani. Sprejeti morajo biti tako, da odjemalcem in uporabnikom vode omogočajo ekonomsko smiselno delovanje, hkrati pa zagotavljajo ohranitev vodnih virov in njihovih habitatov. Vrednosti pretokov, ki jih je potrebno zagotavljati v strugi vodotoka po Tennantovi metodi (ZDA), so pri manjših vodotokih izredno velike in tako s stališča koncesionarjev in investitorjev ekonomsko nesmiselne. Novejša zakonska akta na tem področju sta slovenska Uredba o Qes (2009) in Pravilnik o načinu določanja Qes, sprejet januarja 2013 v Bosni in Hercegovini. Vrednosti Qes po teh dveh metodah so si podobne, če jih uporabimo za izračun specifičnih pretokov pa primerljive tudi z vrednostmi specifičnih pretokov, potrebnih za zagotovitev Qes na gorskih vodotokih v Italiji. Glede na to, da sta sprejeti v skladu z Evropsko vodno direktivo, ki zahteva dobro stanje vodotokov do leta 2015, so predpisi v Sloveniji in Bosni in Hercegovini odjemalcem vode iz vodotokov manj prijazni, saj je količina vode, ki jo morajo puščati v vodotoku, višja kot pri starejših metodah, uporabljenih v Nemčiji, Avstriji in Švici.

Vrednosti Qes, izračunane po metodah, ki se uporabljajo v Nemčiji, Avstriji in Švici, so z ekološkega vidika izredno nizke. Alpsko in gorsko območje predstavlja velik ter pomemben del ozemlja teh držav. Alpski vodotoki so znani po svoji vodnatosti in energetskega potencialu, v teh območjih pa niso pomembni samo s strani hidroenergije, temveč imajo velik pomen tudi za turizem, ribogojništvo in pitno vodo. Tem dejavnostim sledijo tudi nacionalni predpisi ter tako koncesionarjem in investitorjem omogočajo kar se da ugodne pogoje za odvzem vode.

Cilj diplomske naloge je bil izračunati vrednosti Qes po metodologiji, ki je opisana v Uredbi o Qes (Ur.l. RS, št. 97/2009), ter te vrednosti primerjati z vrednostmi Qes, izračunanih po metodah, ki se uporabljajo v drugih državah. Ugotovila sem, da je na področju določanja Qes zakonodaja gospodarsko razvitejših držav Nemčije, Avstrije in Švice ohlapnejša kot slovenska. Nacionalni zakoni o vodah v teh državah sicer določajo priporočljive vrednosti ekološko sprejemljivih pretokov, vendar se te, že nizke vrednosti, lahko ob določenih pogojih še dodatno znižajo. Čeprav zakonodaja v teh državah ni poenotena na nacionalni ravni, je nadzor nad zagotavljanjem ekološko sprejemljivega pretoka vseeno velik. Metode, ki se uporabljajo v teh državah, omogočajo investitorjem večje odvzeme vode ter dajejo večji izkoristek vodnih virov.

Slovenska Uredba o Qes uvaja strožjo metodologijo pri določanju minimalnih pretokov, ekološko sprejemljiv pretok pa je po novi uredbi občutno večji od prejšnjih minimalnih pretokov. Z ekološkega vidika ohranjanja vodnih virov sta metodologiji opisani v Uredbi o Qes (Slovenija) in Pravilniku o načinu določanja Qes (Bosna in Hercegovina) veliko primernejši in boljši od metod, ki se uporabljajo v Nemčiji, Avstriji in Švici.

Slovenija je s svojo uredbo zakonsko določila, da mora pretok na mestu odvzema zagotavljati dobro ekološko stanje oziroma dober ekološki potencial, velikost, obliko in strukture struge ter habitate. Prav tako morajo biti zagotovljeni minimalni sprejemljivi pretoki, ki ohranjajo vodni in obvodni ekosistem, ter optimalni pretoki, ki zagotavljajo mezohabitate, ter sezonska dinamika pretokov. Definirani so hidrološki in morfološki kriteriji za določanje ekološko sprejemljivega pretoka, ki vključujejo hidrološka izhodišča (velikost prispevne površine, srednji pretoki, srednji mali pretoki) in hidrološko-morfološke značilnosti (globina vode, hitrost vode, geološka podlaga, struktura rečnega dna, oblika struge, sedimenti). Uredba je velik korak k ohranjanju in trajnostnemu upravljanju z vodnimi viri ter izpolnjevanju Evropske vodne direktive. Z uredbo uvaja enaka pravila in določbe za vse odjemalce in državni nadzor nad vodotoki.

VIRI

Acreman, M., Dunbar, M. J. 2004. *Defining environmental river flow requirements – a review*. Hydrology and Earth System Sciences 8, 5: 861–876.

Arthington, A. H. 1998. *Methods addressing flow requirements for geomorphological purposes*. Comparative evaluation of environmental flow assessment techniques: Review of methods. Land and Water Resources Research and Development Corporation, Canberra: 1–7.

Arthington, A. H., Bunn, S. E., Poff, L., Naiman, R. J. 2006. *The challenge of providing environmental flow rules to sustain river ecosystems*. Ecological Applications 16, 4: 1311–1318.

Arthington, A. H., Tharme, R. E., Brizga, S. O., Pussey, B. J., Kennard, M. J. 2004. *Environmental flow assessment with emphasis on holistic methodologies*. Proceedings of the second international symposium on the management of large rivers for fisheries, volume 2. Food and agriculture organization of the United nations and the Mekong river commission: str. 37–65.

Bartl, G., Daucher, H., Görnert, R. D., Groteklaes, M., Hartmann, F., Hoffmann, R., Karolus, B., Konrad, M., Klepser, H. H., Löffler, H., Magenreuter, R., Munding, G., Steger, I., Vobis, H., Wnuck, H., Dehus, P. 2005. *Mindestabflüsse in Ausleitungsstrecken*. Grundlagen, Ermittlung und Beispiele. Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (LfU), Mannheim.

Brizga, S. O. 1998. *Methods addressing flow requirements for geomorphological purposes*. Comparative evaluation of environmental flow assessment techniques: Review of methods. Land and Water Resources Research and Development Corporation, Canberra: str. 8–46.

Bunge, T., Dirbach, D., Dreher, B., Fritz, K., Lell, O., Rechenberg, B., Rechenberg, J., Schmitz, E., Schwermer, S., Seidel, W., Steinhauer, M., Steudte, C., Voigt, T. 2003. *Hydroelectric Power Plants as a Source of Renewable Energy*. Federal Environmental Agency (Umweltbundesamt). Berlin, November 2003.

Chícharo, L., Chícharo A. M. 2006. *Applying the ecohydrology approach to the Guadiana estuary and coastal areas: Lessons learned from dam impacted ecosystems*. Estuarine, Coastal and Shelf Science 70: 1–2.

Cole, R. A. J., Johnston, H. T., Robinson, D. J. 2003. *The use of flow duration curves as a data quality tool*. Hydrological Sciences-Journal-des Sciences Hydrologiques 48, 6: 939–951.

Couceiro, S. R. M., Hamada, N., Luz, S. L. B., Forsberg, B. R., Pimentel, T. P. 2007. *Deforestation and sewage effects on aquatic macroinvertebrates in urban streams in Manaus, Amazonas, Brazil*. Hydrobiologia 575: 271–284.

Direktiva evropskega parlamenta in sveta 2000/60/ES z dne 23. oktobra 2000 o določitvi okvira za ukrepe Skupnosti na področju vodne politike (UL L 327, 22.12.2000: 1).

Direktiva evropskega parlamenta in sveta 2009/28/ES z dne 23. aprila 2009 o spodbujanju uporabe energije iz obnovljivih virov, spremembi in poznejši razveljavitvi direktiv 2001/77/ES in 2003/30/ES.

Dolinar, M. 2008. *Členi vodne bilance, Padavine*. Vodna bilanca Slovenije 1971–2000. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija Republike Slovenije za okolje: str. 29–39.

Dyson, M., Bergkamp, G., Scanlon, J. (ur.) 2003. *Flow. The Essentials of Environmental Flows*. International Union for Conservation of Nature and Natural Resources, IUCN, Gland, Switzerland in Cambridge, UK.

ESHA 2012.

Reserved flow – short critical review of the methods of calculation. <http://www.esha.be/our-work/project-archive/tnshp.html> (Pridobljeno 16. 12. 2012)

Giller, P. S., Malmqvist, B. 1998. *The biology of Streams and Rivers*. Biology of habitats. Oxford University press Inc., New York: str. 296.

Growns, I. O. 1998. *Methods addressing flow requirements for geomorphological purposes*. Comparative evaluation of environmental flow assessment techniques: Review of methods. Land and Water Resources Research and Development Corporation, Canberra: str. 115–140.

Izvajanje vodne direktive v Sloveniji, 2006. Predstavitev prvih ocen možnosti doseganja okoljskih ciljev za vodna telesa v Sloveniji po načelih Vodne direktive. Inštitut za vode Republike Slovenije, Ljubljana.

http://www.arhiv.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/publikacije/drugo/vodna_direktiva.pdf (Pridobljeno 10. 7. 2013).

Jowett, I. G. 1997. *Instream flow methods: a comparison of approaches*. Regulated rivers: research and management 13: 115–127.

Kolbezen, M. 1998. *Rečna mreža. Površinski odtoki in vodna bilanca Slovenije*. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor, Hidrometeorološki zavod Republike Slovenije: str. 5–12.

Mann, J. L. 2006. *Instream flow methodologies: An evaluation of the Tennant method for higher gradient streams in the national forest system lands in the western U.S.* Master Thesis, Colorado State University, Colorado.

Maran, S 2013. *Environmental Flows and Integrated Water Resource Management: the Vomano River case study*. Mediterranean Case Study. Environment Business Unit, CESI, Italy.

<http://cmsdata.iucn.org/downloads/italy.pdf> (Pridobljeno 25. 6. 2013).

Martin, O. C. R, 2008. *Review of hydrologic and hydraulic methods to determine in stream environmental flow*. College of hydrology and water resources, Hohai University, Nanjing, China.

http://www.paper.edu.cn/en_releasepaper/downPaper/200804-423.html (Pridobljeno 25. 5. 2013)

McCosker, R. O. 1998. *Methods addressing flow requirements for geomorphological purposes*. Comparative evaluation of environmental flow assessment techniques: Review of methods. Land and Water Resources Research and Development Corporation, Canberra; str. 47–65.

Mielach, C., Schinegger, R., Schmutz, S. 2012. *Comparative analysis of methodologies for the implementation of environmental flows (EF), according to the WFD*. Work package 4 – Preserving water bodies ecosystemys: str. 8–14.

Miller, W., Boulton, A. J. 2005. *Managing and rehabilitating ecosystem processes in regional urban streams in Australia*. Hydrobiologia 552: 121–133.

MKO, Ministrstvo za kmetijstvo in okolje 2013. *Program za upravljanje rib v celinskih vodah Republike Slovenije za obdobje 2010–2011 (osnutek)*. Ljubljana, 2012.

<http://www.mko.gov.si> (Pridobljeno 27. 2. 2013.)

MOP, Ministrstvo za okolje in prostor 2013.

http://www.arhiv.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/podrocja/okolje/pdf/vode/nuv/7_meje_hidroekoregij.jpg (Pridobljeno 25. 7. 2013).

Murphy, J. F., Davy-Bowker, J. 2005. *Spatial structure in lotic macroinvertebrate communities in England and Wales: relationship with physical, chemical and antropogenic stress variables*. Hydrobiologia 534: 151–164.

Newman, B. D., B. P. Wilcox, S. R. Archer, D. D. Breshears, C. N. Dahm, C. J. Duffy, N. G. McDowell, F. M. Phillips, B. R. Scanlon, E. R. Vivoni 2006. *Ecohydrology of water-limited environments: A scientific vision*. Water Resources Research, 42, W06302, doi:10.1029/2005WR004141.

Nuttle, W. K. 2002. *Is ecohydrology one idea or many?* Hydrological Sciences–Journal–des Sciences Hydrologiques 47, 5: 805–807.

Obvestila o vodi: Izvajanje okvirne direktive o vodah, 2008. Obvestilo o vodi št.1. Skupna prizadevanja za skupne evropske vode: usklajevanje na mednarodnih vodnih območjih. WISE, Water Information System for Europe.
<http://ec.europa.eu/environment/water/participation/pdf/waternotes/WATER%20INFO%20NOTES%201%20-%20SL.pdf> (Pridobljeno 10. 7. 2013).

Özdemir, A. D., Karaca, Ö., Erkuş, M. K. 2013. *Low flow calculation to maintain ecological balance in streams*. International congress on river basin management, 402–412.
<http://www.indiawaterportal.org/sites/indiawaterportal.org/files/32.pdf> (Pridobljeno 13. 6. 2013).

Petts, G. E. 2007. *Hydroecology: the Scientific Basis for Water Resources Management and River Regulation*. Hydroecology and Ecohydrology: Past, Present and Future. Chichester, John Wiley & Sons: str. 225–252.

Projekt Living Neretva (2013).
http://wwf.panda.org/bs/living_neretva (Pridobljeno 25. 6. 2013)

Pusey, B. J. 1998. *Methods addressing flow requirements for geomorphological purposes*. Comparative evaluation of environmental flow assessment techniques: Review of methods. Land and Water Resources Research and Development Corporation, Canberra: str. 66–105.

Richter, B. D., Baumgartner, J. V., Powell, J., Braun, D. P. 1996. *A method for assessing hydrologic alteration within ecosystems*. Conservation Biology 10, 4: 1163–1174.

Richter, B. D., Werner, A. T., Meyer, J. L., Lutz, K. 2006. *A collaborative and adaptive process for developing environmental flow recommendations*. River research and applications 22: 297–318.

Smolar-Žvanut, N. Maddock, I., Vrhovšek, D. 2008. *Evaluation and application of environmental flows for running waters in Slovenia*. Water Resources Development 24, 4: 609–619.

Tharme R. E. 2003. *A global perspective on environmental flow assessment: emerging trends in the development and application of environmental flow methodologies for rivers*. River research and applications 19: 397–441.

Uhlmann, V., Wehrli, B. 2006. *Wasserkraftnutzung und Restwasser, Standortbestimmung zum Vollzug der Restwasservorschriften*. Sekretariat Eawag, Kastanienbaum.

Urbanič, G., Toman, M. J. 2003. *Varstvo celinskih voda*. Ljubljana, Študentska založba, Scripta.

Urbanič, G. 2008. *Subekoregije in bioregije celinskih voda Slovenije*. Ljubljana, Natura Sloveniae 10, 1: 5–19.

Uredba o kriterijih za določitev ter načinu spremljanja in poročanja ekološko sprejemljivega pretoka (Uradni list RS, št. 97/2009 z dne 30. 11. 2009).

USGS, 2013.

<http://www.fort.usgs.gov/products/software/ifim/> (Pridobljeno 3. 7. 2013).

Vucijak, B., Smolar-Žvanut, N., Antonelli, F 2010. *Development of environmental flow assessment procedure for Bosnia and Herzegovina*. Geophysical Research Abstracts 12.

Vallania, A., Corigliano, M. d. C. 2007. *The effect of regulation caused by a dam on the distribution of the functional feeding groups of the benthos in the sub basin of the grande river (San Luis, Argentina)*. Environ. Monit. Assess 124: 201–209.

WMO, World Meteorological Organization, 2010. *Manual on Stream Gauging, Volume I – Fieldwork*. WMO-No. 1044, Ženeva, Švica.

Zakon o urejanju voda. Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz – WHG), 2009.

http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/whg_2009/gesamt.pdf (Pridobljeno 2. 6. 2013)

Zvezni Zakon o varstvu voda. Gewässerschutzgesetz, GSchG, 1991. Zvezna skupščina Švicarske konfederacije.

<http://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/19910022/201101010000/814.20.pdf> (Pridobljeno 5. 6. 2013).

Ta stran je namenoma prazna.

PRILOGA A: Krivulje trajanja pretokov na izbranih vodomernih postajah.

