

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/>

V zbirki je izvirna različica izdajatelja.

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

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 a publisher's version PDF file.

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

Čepon, U., Babič, R., Kompare, B., Griessler Bulc, T. 2013. Analiza delovanja malih čistilnih naprav za odpadno vodo pri planinskih kočah = Performance analysis of small wastewater treatment plants for mountain lodges. Acta hydrotechnica 26, 45: 71-84.

<ftp://ksh.fgg.uni-lj.si/acta/a45uc.pdf>
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/5487/>

Datum arhiviranja / Archiving Date: 11-4-2016

UDK/UDC: 628.32:728.61:796.52(497.4)

Prejeto/Received: 17. 02. 2014

Kratki znanstveni prispevek – Short scientific paper

Sprejeto/Accepted: 08. 01. 2015

ANALIZA DELOVANJA MALIH ČISTILNIH NAPRAV ZA ODPADNO VODO PRI PLANINSKIH KOČAH PERFORMANCE ANALYSIS OF SMALL WASTEWATER TREATMENT PLANTS FOR MOUNTAIN LODGES

Urban Čepon^{1,*}, Renato Babič¹, Boris Kompare¹, Tjaša Griessler Bulc^{1,2}

¹ Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Univerza v Ljubljani, Hajdrihova 28, 1000 Ljubljana

² Zdravstvena fakulteta, Univerza v Ljubljani, Zdravstvena pot 5, 1000 Ljubljana

Izvelek

Članek obravnava delovanje sedmih malih komunalnih čistilnih naprav (MKČN) pri planinskih kočah širom Slovenije, ki so bile izbrane kot reprezentativni vzorec na podlagi popisa vseh ČN pri kočah društev Planinske zveze Slovenije. Analizo učinkovitosti delovanja izbranih MKČN smo izvedli na osnovi 20 parametrov, ki smo jih pridobili na podlagi terenskih meritev in laboratorijskih analiz odpadne vode, vzorčene v zimskem in poletnem času. Skupaj smo izvedli 200 ur terenskih raziskav v gorskem svetu.

Na osnovi ocene učinkovitosti delovanja MKČN smo izoblikovali predloge za njihovo izboljšanje. Poleg konkretnih predlogov izboljšav preučevanih MKČN smo v raziskavi podali izhodišča za dopolnitev slovenske zakonodaje o MKČN, predloge za projektante in proizvajalce MKČN, ter predloge za izboljšanje in poenotenje terenskih meritev in vzorčenj. Članek zato predstavlja prvo obširnejšo raziskavo o delovanju MKČN Planinske zveze Slovenije, ki lahko služi kot osnova za nadaljnje študije MKČN v gorskem svetu, katerih značilnost je izrazito nihanje dotočne odpadne vode.

V članku je predstavljena raziskava, ki je izrazito terenska, predstavljeni so ključni rezultati in opisane glavne ugotovitve ter nerešena vprašanja. Predstavljene so tudi ključne spremembe osnutka nove Uredbe o emisiji snovi pri odvajanju odpadne vode iz malih komunalnih čistilnih naprav (2012) v povezavi s planinskimi kočami oziroma nestalno naseljenimi objekti.

Ključne besede: fizikalno-kemijske meritve, kemijske analize, mala komunalna čistilna naprava, gorski svet, planinske kočje, učinkovitost delovanja, zakonodaja.

Abstract

This paper presents the operation of seven small municipal wastewater treatment plants (WWTP) at mountain huts all over Slovenia. The studied WWTPs were selected as a representative sample based on inventory of all WWTPs of Alpine Association of Slovenia. Performance efficiency of selected WWTPs was carried out on the basis of 20 parameters obtained by field measurements and laboratory analyses of wastewater, which was sampled in winter and summer. Together, we carried out 200 hours of field research in the mountains.

* Stik / Correspondence: urban.cepon@gmail.com

© Čepon U. et al.; Vsebina tega članka se sme uporabljati v skladu s pogoji [licence Creative Commons Priznanje avtorstva – Nekomercialno – Deljenje pod enakimi pogoji 4.0.](#)

© Čepon U. et al.; This is an open-access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution – Non Commercial – Share Alike 4.0 Licence.](#)

Based on the assessment of the operation efficiency of selected WWTPs, proposals for their improvements were suggested. In addition to improvement proposals, the paper includes suggestions for Slovenian legislation complementation, proposals for engineers and planners, operators, producers, and suggestions for improvement and standardization of field measurements and sampling. This paper presents the first extensive survey of WWTP performance in the frame of Alpine Association of Slovenia and can serve as a basis for further studies of WWTPs at mountain huts, characterized by high fluctuations of influent wastewater.

The paper presents research, primarily based on field work, the key results and describes the main findings and unanswered questions. It also presents the key changes in the frame of new Regulation (2012) regarding mountain huts or non-permanent inhabited buildings.

Keywords: physical and chemical measurements, chemical analyses, small wastewater treatment plant, alpine environment, mountain lodges, performance efficiency, legislation.

1. Uvod

Planinska društva (v nadaljevanju PD) v okviru Planinske zveze Slovenije (v nadaljevanju PZS) upravljajo s 176 planinskimi kočami, ki planincem v visokogorju in sredogorju poleg hrane, vode in prenočišč zagotavljajo tudi higienski minimum. Obiskovalci planinskih koč povzročajo nastajanje odpadnih voda, ki jih je potrebno pred izpustom v ranljivi gorski svet očistiti. Od vseh 176 planinskih koč je januarja 2013 imelo urejeno čiščenje komunalne odpadne vode le 38 koč (Gospodarska komisija PZS, 2012).

Pri projektiranju in izbiri ustrezne male komunalne čistilne naprave (MKČN) za planinske kočice se PD in projektanti, kljub uveljavljenim metodam, pogosto soočajo s težavami kot je pravilno predvidevanje porabe in sestave odpadne vode v planinskih kočah, predvsem zaradi specifičnih lokalnih pogojev v gorskem svetu. MKČN pri planinskih kočah težko zadostijo pogojem za učinkovito delovanje mikroorganizmov, saj so kočice zelo neenakomerno obremenjene, včasih celo zaprte več mesecev, kar se izraža v izrazitem nihanju dotoka odpadne vode v MKČN. Za natančno projektiranje bi morali poznati tako največjo, kot najmanjšo obremenitev po pretoku in po organski obremenitvi ter interval nihanja obremenitve. Poleg tega so biološki procesi pri čiščenju odpadne vode in presnovi blata izrazito odvisni od temperature, ki v gorskem svetu zelo niha. V gorskem svetu je tudi ravnanje z odvečnim blatom, ki nastaja v procesu čiščenja odpadnih voda, drugačno kot pri običajnih čistilnih napravah (ČN), saj ga moramo ustrezno pripraviti za prevoz v dolino na centralno ČN. V primeru, da je na

planinski koči kmetijsko gospodarstvo, lahko odvečno blato zmešamo skupaj s komunalno odpadno vodo, z gnojivko oziroma gnojnico ter skladiščimo najmanj šest mesecev, nato pa uporabimo kot gnojilo v kmetijstvu, kot je to predpisano v Uredbi o uporabi blata iz komunalnih čistilnih naprav v kmetijstvu (UL RS 62/2008). Poleg naštetih težav se pri izbiri ustrezne MKČN pojavljajo tudi vprašanja dostopnosti do planinske kočice, potrebne električne energije za delovanje MKČN, zakonodajnih omejitev, strukture in porabe odpadne vode v planinskih kočah in ustreznega varovanja ranljivega gorskega okolja.

Obstoječe MKČN pri planinskih kočah delujejo po principu različnih tehnologij, so različnih zmogljivosti, nameščene na različnih nadmorskih višinah, geografskih lokacijah in posamezno, sinergistično ali neodvisno od naštetih parametrov, dosegajo različne učinkovitosti čiščenja odpadne vode. Poleg tega slovenska zakonodaja, ki opredeljuje MKČN v gorah, temelji na več uredbah, pravilnikih in zakonih, ki se pogosto spreminjajo, kar dodatno otežuje delo PD in projektantov. To so:

- Uredba o emisiji snovi pri odvajanju odpadne vode iz malih komunalnih čistilnih naprav (UL RS 98/2007 in UL RS 30/2010),
- Uredba o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih vod v vode in javno kanalizacijo (UL RS 64/2012 in UL RS 64/2014),
- Uredba o emisiji snovi pri odvajanju odpadne vode iz komunalnih čistilnih naprav (UL RS 45/2007, UL RS 63/2009 in UL RS 105/2010),

- Uredba o odvajanju in čiščenju komunalne in padavinske odpadne vode (UL RS 88/2011, UL RS 8/2012 in UL RS 108/2013),
- Uredba o uporabi blata iz komunalnih čistilnih naprav v kmetijstvu (UL RS 62/2008),
- Pravilnik o prvih meritvah in obratovalnem monitoringu odpadnih voda ter o pogojih za njegovo izvajanje (UL RS 54/2011).

V raziskavi smo zato podrobno razčlenili zakonodajo o MKČN v gorah, ki jo je potrebno upoštevati pri predlogih izboljšav, načrtovanju, gradnji in obratovanju MKČN. Glavni namen raziskave je bil prikazati realno stanje delovanja MKČN pri planinskih kočah in podati predloge izboljšav glede izbire, projektiranja, vzorčenja in meritev MKČN. Nadaljnji namen naše raziskave je bil tudi ugotoviti učinkovitost delovanja MKČN pozimi v primerjavi s poletjem, izračunati učinkovitost čiščenja in izdelati predloge izboljšav delovanja posameznih MKČN, ter izdelati splošne predloge glede vzorčenj in izvajanja meritev.

Raziskava je predstavljena v diplomski nalogi Analiza delovanja čistilnih naprav za odpadne vode pri planinskih kočah (Čepon, 2013a) in v

Preglednica 1: Izbrane male komunalne čistilne naprave za analizo učinkovitosti delovanja.

Table 1: Selected small communal wastewater treatment plants for analysis of performance efficiency.

Ime koč	Nadmorska višina [m.n.m.]	Planinsko društvo	Tip MKČN	Zmogljivost MKČN [PE]	Začetek obratovanja MKČN
Tončkov dom in Jurkova koča na Lisci	927	»Lisca« Sevnica	RČN	49	2012
Planinski dom pri Gosposidični na Gorjancih	828	Krka Novo mesto	MBR	20	2009
Krekova koča na Ratitovcu	1642	Za selško dolino Železniki	SBR	25	2011
Valvasorjev dom pod Stolom	1181	Radovljica	SBR	40	2010
Dom na Lubniku	1025	Škofja Loka	SBR	14	2010
Zavetišče na Planini	733	Vrhnika	Biofilter	6	2012
Planinska koča na Ermanovcu	964	Sovodenj	MBBR	4	2012

raziskovalni nalogi Analiza delovanja čistilnih naprav za odpadne vode pri izbranih planinskih kočah v Sloveniji (Čepon, 2013b).

2. Metode

2.1. Vrednotenje delovanja malih komunalnih čistilnih naprav

Delovanje sedmih MKČN pri različnih planinskih kočah smo ovrednotili na podlagi naslednjih kriterijev: obratovalni čas koč in MKČN, tip MKČN in število oziroma pogostost posameznih tipov MKČN v slovenskih gorah, ustrezno in pravilno delovanje MKČN (npr. brez okvar), oddaljenost posameznih koč med seboj zaradi optimalne izvedbe vzorčevanj, obremenitev MKČN izražena s populacijskimi enotami (PE), nadmorska višina MKČN in ustrezen ter varen dostop do merilnega mesta. Ovrednotili smo rastlinsko MKČN (RČN), membransko MKČN (MBR), tri sekvenčne MKČN (SBR), MKČN tipa biofilter in MKČN tipa »Moving Bed Biological Reactor« (MBBR). Vse izbrane MKČN imajo zmogljivost manjšo od 50 PE in so predstavljene v preglednici 1.

Natančen opis delovanja vsake analizirane MKČN, s ključnimi podatki o koči in pripadajoči MKČN, ki lahko skupaj z rezultati raziskave služi kot referenčna opora pri nadaljnjih izbirah ter projektiranju MKČN, so podani v diplomski nalogi Analiza delovanja čistilnih naprav za odpadne vode pri planinskih kočah (Čepon, 2013a).

2.2. Zakonodajni okvir

Podlaga za primerjavo rezultatov naše raziskave so bile mejne dopustne koncentracije (MDK), predpisane z Uredbo o emisiji snovi pri odvajanju odpadne vode iz malih komunalnih čistilnih naprav (UL RS 98/2007 in UL RS 30/2010). Za oceno delovanja MKČN sta kot MDK predpisana le kemijska potreba po kisiku (KPK) in biokemijska potreba po kisiku po 5 dneh (BPK₅), prikazani v preglednici 2.

Preglednica 2: Mejne vrednosti emisij iz malih komunalnih čistilnih naprav (Uredba o emisiji snovi pri odvajanju odpadne vode iz malih komunalnih čistilnih naprav (UL RS 98/2007 in UL RS 30/2010)).

Table 2: Limit emission values for wastewater treatment plants (Decree on the emission of substances in the discharge of waste waters from small urban waste water treatment plants (UL RS 98/2007 in UL RS 30/2010)).

Parameter	Izražen kot	Enota	Mejna vrednost emisije
KPK	O ₂	mg/l	150
BPK ₅	O ₂	mg/l	30

V primeru, da bo na osnovi osnutka (MKO, 2012) sprejeta nova Uredba o emisiji snovi pri odvajanju odpadne vode iz malih komunalnih čistilnih naprav, pa bosta kot MDK predpisana tudi celotni dušik s koncentracijo 15 mg/l s 70 % učinkom čiščenja in celotni fosfor s koncentracijo 2 mg/l z 80 % učinkom čiščenja. Možno je, da bo še večji nabor parametrov določen za izbrane MKČN oz. tiste, ki se nahajajo nad 1500 m nadmorske višine.

2.3. Terensko vzorčenje, meritve in kemijske analize

Na vsaki analizirani MKČN smo izvedli po pet krogov vzorčenj in fizikalno-kemijskih meritev (trikrat pozimi, dvakrat poleti), tako na vtoku kot tudi iztoku MKČN. Fizikalno-kemijske meritve parametrov, ki so predstavljeni v preglednici 3, smo izvedli z multimetrom Hach, model HQ40d. Meritve smo izvajali tik pod gladino odpadne vode po standardizirani metodi (preglednica 3). Na MKČN na Lubniku in pri Gosposdični na Gorjancih smo zaradi konstrukcije naprave meritve izvedli na drugačen način in sicer: i) Na Lubniku smo vzorec vode iz vzorčevalne plastenke, vgrajene v MKČN (Lubnik), pretočili v posodo in v njej izvedli meritve; ii) na Gorjancih smo vzorčili v vzorčevalno posodo in v njej izvedli meritve. Meritve in vzorčenje na vtoku smo na vseh MKČN izvedli neposredno v primarnem usedalniku. Meritve in vzorčenje na iztoku pa so bile odvisne od oblike in konstrukcije merilnega mesta na posamezni MKČN.

Preglednica 3: Merjeni parametri in uporabljene merilne metode.

Table 3: Measurement parameters and methods used.

Parameter	Merilna metoda
pH	SIST ISO 10523
Temperatura	DIN 38404 - C4
koncentracija raztopljenega kisika	elektrometrično
nasičenost s kisikom	elektrometrično
redox potencial	elektrometrično
električna prevodnost	elektrometrično

Odpadno vodo smo vzorčili v posode prostornine 2 l, na vtoku in iztoku. Metoda vzorčenja je bila enkratni zajem odpadne vode, cca. 5 do 10 cm pod gladino vode, skladno s standardom SIST ISO 5667-10. Vzorce smo do laboratorijskih analiz hranili na 4°C v hladilni omari. Med transportom so bili vzorci svetlobno in temperaturno izolirani.

Preglednica 4: Analizirani parametri, uporabljene analizne metode, oprema in vzorčenje.

Table 4: Analysed parameters, measurement methods, equipments and sampling.

Parameter	Enota	Merilna metoda	Oprema
Usedljivost	mL/l	DIN 38409-H9	Sedimentacijski stožec
KPK	mg/l	ISO 6060	Spektrofotometer HACH DR 2800
BPK ₅	mg/l	SIST EN 1899 - 2	Manometer WTW Oxi top
TSS	mg/l	SIST ISO 11923	Analitska tehtnica Mettler
OSS	mg/l	SIST ISO 11923	Analitska tehtnica Mettler
ASS	mg/l	SIST ISO 11923	Analitska tehtnica Mettler
NH ₄ ⁺ -N	mg/l	ISO 7150 - 1,2	Spektrofotometer HACH DR 2800
NO ₃ ⁻ -N	mg/l	SIST ISO 7890-1	Spektrofotometer HACH DR 2800
NO ₂ ⁻ -N	mg/l	SIST EN 26777	Spektrofotometer HACH DR 2800
TN	mg/l	/	Spektrofotometer HACH DR 2800
TKN	mg/l	SIST EN 25663	Spektrofotometer HACH DR 2800
ON	mg/l	/	Spektrofotometer HACH DR 2800
TP	mg/l	ISO 6878 - 1	Spektrofotometer HACH DR 2800
PO ₄ ³⁻ -P	mg/l	ISO 6878 - 1	Spektrofotometer HACH DR 2800
Vzorčenje	/	SIST ISO 5667-10	zajemalna posoda

Razlaga kratic: KPK = kemijska potreba po kisiku, BPK₅ = biokemijska potreba po kisiku po petih dneh, TSS = skupne suspendirane snovi, OSS = organske suspendirane snovi, ASS = anorganske suspendirane snovi, NH₄⁺-N = amonijev dušik, NO₃⁻-N = nitratni dušik, NO₂⁻-N = nitritni dušik, TN = celotni dušik, TKN = celotni Kjeldahlov dušik, ON = organski dušik, TP = celotni fosfor, PO₄³⁻-P = fosfatni fosfor

Vse vzorce smo dan po vzorčenju analizirali v kemijskem laboratoriju Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani. Vsi vzorci so bili homogenizirani kot to zahteva standard DIN 38402 - A30, modificirali smo ga le do te mere, da smo mešali namesto s frekvenco 700 - 900 obratov/minuto, s frekvenco 400 obratov/minuto. S tem smo preprečili brizganje vzorca. V preglednici 4 so predstavljeni analizirani parametri, uporabljene analizne metode oz. standardi in oprema.

Pri nestalno obremenjenih čistilnih napravah, kot so to MKČN in še posebej MKČN pri planinskih kočah, je za izračun učinkovitosti čiščenja in za primerjavo vrednosti na vtoku in iztoku izrednega pomena poznavanje zadrževalnega časa ČN. Učinkovitost čiščenja izračunamo iz podatkov, pridobljenih na vtoku in iztoku, zato morajo biti ti podatki pri ČN z nestalnim dotokom odpadne vode usklajeni s časovnim zamikom zadrževalnega časa ČN. Kadrovske in finančne razmere nam niso dopuščale meritve zadrževalnega časa MKČN, saj je zadrževalni čas posamezne MKČN lahko tudi več dni. Podatek o zadrževalnem času obravnavanih MKČN je neznan oziroma prej še ni bil izmerjen. V raziskavi smo izračunali le informativne vrednosti, pridobljene iz dobljenih podatkov, brez upoštevanja zadrževalnega časa. Zato jih tudi ne predstavljamo v tem članku. Več o tem problemu je napisano v poglavju diskusija.

3. Rezultati

V raziskavi smo pridobili 1403 vrednosti parametrov, vendar v nadaljevanju predstavljamo le najzanimivejše. Učinkovitost delovanja smo vrednotili na osnovi zakonsko določenih vrednosti

BPK5 in KPK. Njihove vrednosti, izmerjene na izbranih MKČN, so predstavljene v preglednicah 5 do 8 in slikah 1 in 2. Pri vrednotenju rezultatov nismo upoštevali MKČN na Planini v prvih štirih krogih meritev, saj smo naknadno ugotovili, da zaradi tehnične napake pri montaži MKČN le-ta ni delovala pravilno. Pri MKČN na Ratitovcu nismo upoštevali vrednosti KPK in BPK5 drugega kroga meritev na iztoku zaradi resuspendiranih usedlin med vzorčenjem. Pri MKČN na Valvasorju nismo upoštevali prvega kroga meritev zaradi zagona mešala med vzorčenjem. Pri MKČN na Lubniku je

bil na vtoku zaradi zajetih večjih delcev v tretjem krogu meritev vzorec za analizo BPK5 nereprezentativen.

Prihajajoča Uredba (MKO, 2012) predvideva tudi meritve fosforjevih in dušikovih parametrov. V nadaljevanju so zato v preglednicah 9 do 12 predstavljeni rezultati celotnega fosforja (TP) in celotnega dušika (TN). V naši raziskavi so bile izračunane tudi učinkovitosti čiščenja, ki pa so zgolj informativne narave, zaradi že omenjenega neupoštevanja zadrževalnega časa MKČN in zato v članku niso predstavljene.

Preglednica 5: Izmerjene vrednosti BPK₅ na vtoku v izbrane čistilne naprave, tip in zmogljivost.

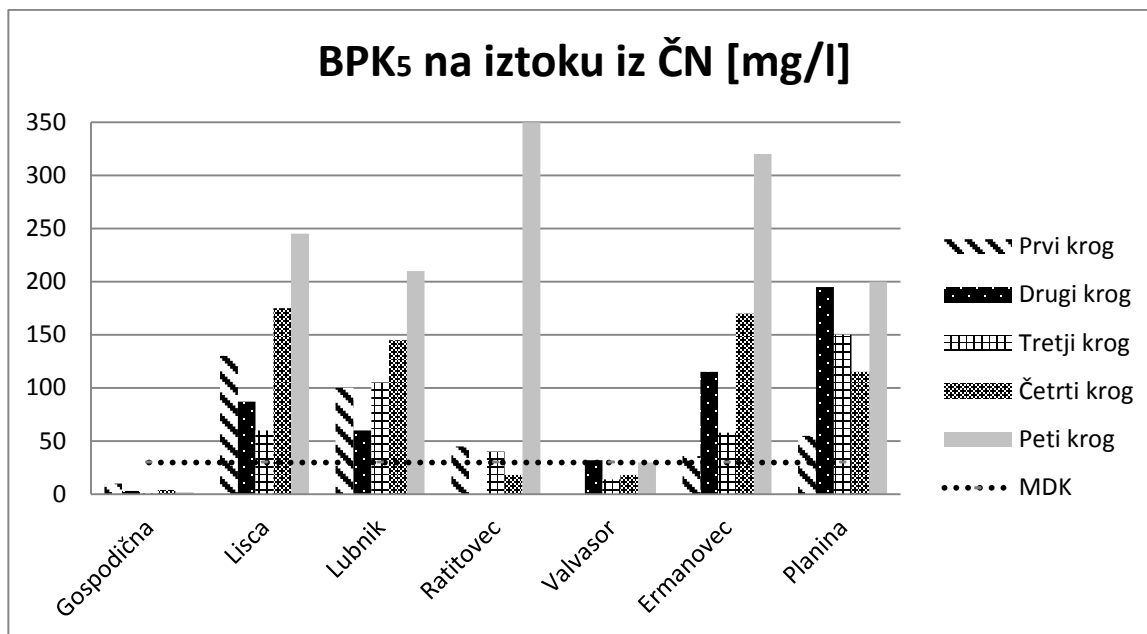
Table 5: Measured BOD₅ values at inflow of selected wastewater treatment plants, type and capacity.

BPK5 – vtok	Enota	Gospodična	Lisca	Lubnik	Ratitovec	Valvasor	Ermanovec	Planina
Tip MKČN		MBR	RČN	SBR	SBR	SBR	MBBR	biofilter
Zmogljivost MKČN		20 PE	49 PE	14 PE	25 PE	40 PE	4 PE	6 PE
Krog 1	mg/l	568	1230	1315	640	407	200	80
Krog 2	mg/l	796	470	560	220	540	240	410
Krog 3	mg/l	600	460	2500	105	500	85	380
Krog 4	mg/l	880	920	1600	270	380	480	310
Krog 5	mg/l	760	6000	1550	1300	760	2000	900

Preglednica 6: Izmerjene vrednosti BPK₅ na iztoku iz izbranih čistilnih naprav.

Table 6: Measured BOD₅ values at the outflow of selected wastewater treatment plants.

BPK5 – iztok	Enota	MDK	Gospodična	Lisca	Lubnik	Ratitovec	Valvasor	Ermanovec	Planina
Krog 1	mg/l	30	10	130	100	45	/	36	55
Krog 2	mg/l	30	3	87	60	/	32	115	195
Krog 3	mg/l	30	1	60	105	40	14	58	150
Krog 4	mg/l	30	4	175	145	18	18	170	115
Krog 5	mg/l	30	2	245	210	350	30	320	200



Slika 1: BPK₅ vrednosti na iztoku iz izbranih čistilnih naprav.

Figure 1: BOD₅ values at outflow of selected wastewater treatment plants.

Preglednica 7: Izmerjene vrednosti KPK na vtoku v izbrane čistilne naprave.

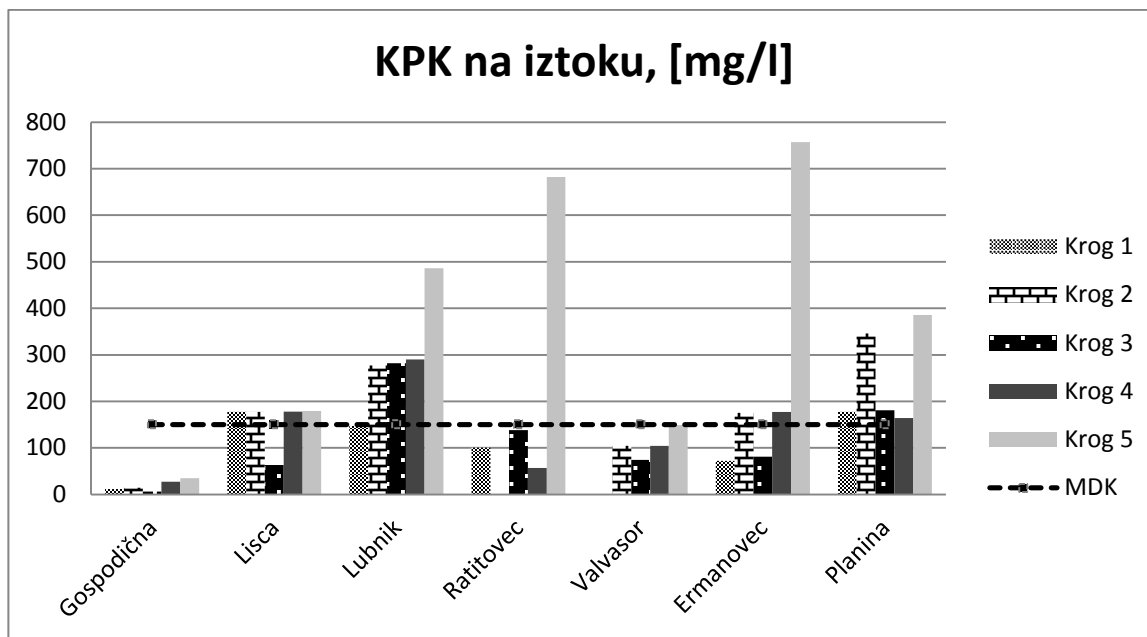
Table 7: Measured COD values at the inflow of selected wastewater treatment plants.

KPK – vtok	Enota	Gospodična	Lisca	Lubnik	Ratitovec	Valvasor	Ermanovec	Planina
Krog 1	mg/l	1156	2279	1397	973	836	215	168
Krog 2	mg/l	869	517	815	268	1059	250	646
Krog 3	mg/l	716	534	1863	229	902	149	601
Krog 4	mg/l	890	1033	1709	475	713	502	537
Krog 5	mg/l	1060	2357	1938	1835	1122	2076	1310

Preglednica 8: Izmerjene vrednosti KPK na iztoku iz izbranih čistilnih naprav.

Table 8: Measured COD values at the outflow of selected wastewater treatment plants.

KPK – iztok	Enota	MDK	Gospodična	Lisca	Lubnik	Ratitovec	Valvasor	Ermanovec	Planina
Krog 1	mg/l	150	11,5	177	147	100	/	72	177
Krog 2	mg/l	150	14,1	177	277	/	104	175	346
Krog 3	mg/l	150	6	63	282	138	74,2	81	181
Krog 4	mg/l	150	27	178	290	57	104	177	164
Krog 5	mg/l	150	35	179	486	682	149	757	386



Slika 2: KPK vrednosti na iztoku iz izbranih čistilnih naprav.

Figure 2: COD values at outflow of selected wastewater treatment plants.

Preglednica 9: Izmerjene vrednosti TP na vtoku v izbrane čistilne naprave.

Table 9: Measured TP values at the inflow of selected wastewater treatment plants.

TP – vtok	Enota	Gospodična	Lisca	Lubnik	Ratitovec	Valvasor	Ermanovec	Planina
Krog 1	mg/l	18,2	18,0	15,0	19,2	19,6	10,3	23,2
Krog 2	mg/l	11,9	5,4	11,1	4,3	21,2	15,5	8,8
Krog 3	mg/l	7,7	5,9	19,9	5,2	22,5	16,0	8,8
Krog 4	mg/l	13,4	12,5	14,2	7,4	18,2	19,2	9,3
Krog 5	mg/l	16,4	28,6	22,9	26,5	22,0	34,0	26,3

Preglednica 10: Izmerjene vrednosti TP na iztoku iz izbranih čistilnih naprav.

Table 10: Measured TP values at the outflow of selected wastewater treatment plants.

TP – iztok	Enota	Gospodična	Lisca	Lubnik	Ratitovec	Valvasor	Ermanovec	Planina
Krog 1	mg/l	6,6	10,8	5,5	20,0	17,0	10,2	16,8
Krog 2	mg/l	7,6	9,2	2,1	17,2	17,4	16,1	20,0
Krog 3	mg/l	5,3	3,1	16,5	10,8	14,4	16,8	11,1
Krog 4	mg/l	9,5	5,8	23,9	7,7	16,4	20,3	17,2
Krog 5	mg/l	14,4	13,7	6,9	24,3	15,5	28,2	21,1

Preglednica 11: Izmerjene vrednosti TN na vtoku v izbrane čistilne naprave.

Table 11: Measured TN values at the inflow of selected wastewater treatment plants.

TN – vtok	Enota	Gospodična	Lisca	Lubnik	Ratitovec	Valvasor	Ermanovec	Planina
Krog 1	mg/l	/	/	/	/	/	/	/
Krog 2	mg/l	98,2	34,6	/	41,5	/	33,5	101
Krog 3	mg/l	58,1	41,7	128	44,5	169	27,1	83,5
Krog 4	mg/l	83,0	75,0	93,5	68,4	182	77,9	105
Krog 5	mg/l	113	251	140	185	222	245	209

Preglednica 12: Izmerjene vrednosti TN na iztoku iz izbranih čistilnih naprav.

Table 12: Measured TN values at the outflow of selected wastewater treatment plants.

TN – iztok	Enota	Gospodična	Lisca	Lubnik	Ratitovec	Valvasor	Ermanovec	Planina
Krog 1	mg/l	/	/	/	/	/	/	/
Krog 2	mg/l	49,8	76,1	/	178	/	32,3	198
Krog 3	mg/l	48,0	15,6	119	107	110	23,0	151
Krog 4	mg/l	70,0	38,0	170	50,6	111	68,1	284
Krog 5	mg/l	84,0	96,0	105	209	147	175	107

Preglednica 13: Izmerjene vrednosti temperature odpadne vode v izbranih čistilnih napravah.

Table 13: Measured temperature values of wastewater in selected wastewater treatment plants.

Temperatura vode	Enota	Gospodična – vtok	Valvasor – vtok	Lisca – vtok	Ermanovec – vtok	Lubnik – vtok	Planina – vtok	Ratitovec – vtok
Krog 1	°C	8,1	5,4	6,6	4,8	6,9	4,7	3,5
Krog 2	°C	8,7	7,6	6,1	6,7	5,6	2,7	4,4
Krog 3	°C	6,3	5,2	4,2	5,3	7,3	3,1	2,4
Krog 4	°C	16,6	9,7	14,04	11,2	16,4	11,7	6,0
Krog 5	°C	19,1	17,4	20,4	19,1	20,0	16,4	12,1
Temperatura vode	Enota	Gospodična – iztok	Valvasor – iztok	Lisca – iztok	Ermanovec – iztok	Lubnik – iztok	Planina – iztok	Ratitovec – iztok
Krog 1	°C	6,3	5,2	0,9	4,3	2,4	4,6	1,3
Krog 2	°C	8,6	6,3	2,6	6,5	2,7	4,4	2,9
Krog 3	°C	4,7	5,4	1,7	5,4	5,2	3,1	0,7
Krog 4	°C	14,0	9,8	12,6	11,1	14,3	10,6	8,0
Krog 5	°C	18,2	17,4	18,5	18,8	17,5	15,3	14,2

Iz vidika učinkovitega delovanja MKČN so pomembne tudi izmerjene temperature odpadne vode. Prvi trije krogi meritev so bili izvedeni med 27. januarjem in 2. aprilom 2013, torej v zimskem času, ko so temperature bistveno nižje. Četrti in peti krog sta bila izvedena v poletnem času in sicer v maju, avgustu in septembru 2013, ko so temperature bistveno višje. S primerjavo podatkov v preglednicah 5 do 11 in 13 pa lahko ugotovimo, da ni bilo zaznani nižjih izmerjenih vrednosti na iztoku v poletnem času. V MKČN na Ratitovcu je bila v četrtem, poletnem krogu meritev, najnižja vrednost BPK5 na iztoku, medtem ko smo najnižje vrednosti BPK5 na iztoku na ostalih MKČN izmerili v enem od treh zimskih krogov meritev. Razlog temu bi lahko bila nižja obremenitev. S primerjavo podatkov v preglednicah 5 do 8 lahko ugotovimo, da podatki ne kažejo povezanosti med večjo obremenitvijo na vtoku in posledično slabšim rezultatom na iztoku, verjetno zaradi nepoznavanja zadrževalnega časa.

Mikrobiološkega čiščenja nismo merili, saj nam finančni okvir tega ni dopuščal.

4. Diskusija in sklepi

4.1 Učinkovitost čiščenja glede na vrsto tehnologije

Planinske kočje in podobni nestalno naseljeni objekti se soočajo s problemom čiščenja odpadne vode. Projektiranje MKČN za tako vrsto objektov je oteženo zaradi spreminjajočih se vremenskih in drugih lokalnih pogojev, predvsem pa zaradi izredno nihajočega dotoka v MKČN tekom tedna, kot tudi tekom leta. V praksi se, navkljub naštetim posebnostim MKČN pri planinskih kočah, MKČN projektira po enakem ključu kot za ostale, stalno naseljene objekte. V bližnji prihodnosti se pri planinskih kočah tudi zaradi zakonodajnih zahtev načrtuje izgradnja večjega števila MKČN. Nekatero planinske kočje so že vgradile MKČN različnih tehnologij, s katerimi dosegajo primerjalno različne rezultate. Rezultati kažejo, da je izbira primerne tehnologije odvisna od stalnosti obremenitve, zmogljivosti MKČN, obratovalnega časa MKČN, strukture in porabe vode ter zato ni enoznačne rešitve pri izbiri čistilne naprave za

posamezen, konkreten objekt. Na podlagi vrednotenja rezultatov raziskave lahko vendarle povzamemo, da je membranska ČN dosegla najboljšo učinkovitost pri organskem čiščenju, saj je dosegla na iztoku povprečje KPK 18,7 mg/l in povprečje BPK5 4 mg/l.

Glede zahtev za terciarno čiščenje pa tudi membranska ČN ni zadostila zahtevam osnutka Uredbe (MKO, 2012). Najnižji izmerjeni TP na iztoku v vseh krogih analiz je dosegla MKČN na Lubniku in sicer s koncentracijo 2,08 mg/l, ki pa še vedno presega MDK za TP, ki znaša 2 mg/l. Najnižje izmerjeni TN na iztoku v vseh krogih analiz je dosegla MKČN na Lisci in sicer s koncentracijo 15,6 mg/l, ki pa še vedno presega MDK za TN, ki znaša 15 mg/l. Pri vrednotenju rezultatov delovanja MKČN moramo poudariti, da upoštevanje zadrževalnega časa žal ni bilo mogoče. Za potrditev ugotovitev o doseganju slabše stopnje čiščenja MKČN pozimi zaradi nizkih temperatur v primerjavi s poletjem bi bilo zaradi naštetega potrebno izvesti nove meritve in vzorčiti z upoštevanjem zadrževalnega časa vsake posamezne MKČN.

4.2 Zakonodajni okviri in izzivi pri projektiranju MKČN za planinske kočje v prihodnosti

Prihajajoča nova Uredba (MKO, 2012) je z okoljevarstvenega vidika pridobitev, za mnoge PD pa velik izziv pri zagotavljanju teh zahtev. Za sedanja parametra KPK in BPK5 je potrebno vzorčiti odpadno vodo le na merilnem mestu iztok iz MKČN. Temu so prilagojene tudi vse MKČN z zmogljivostjo pod 50 PE. Skladno z napovedano uredbo bi bilo za potrebe parametrov učinkovitosti čiščenja potrebno pridobiti vzorce tudi na merilnem mestu vtok v MKČN. V raziskavi smo zato vzorce vtoka zajemali v primarnem usedalniku, po predhodnem premešanju usedalnika. Vendar pa kaže, da imajo vsi načini trenutnega vzorčenja v vtoku v MKČN tudi svoje pomanjkljivosti. Zato bi bil najbolj ustrezen način vzorčenja 24 urno vzorčenje na vtoku v ČN, čemur pa zaradi kadrovske, časovne in finančne omejitve raziskave nismo mogli zadostiti.

Pri načinu vzorčenja, tako na vtoku kot iztoku, se postavlja vrsta vprašanj. Če zakonodaja želi uzakoniti merjenje učinkovitosti MKČN, potrebujejo MKČN ustrezno urejena merilna mesta tudi na vtoku. Nadalje trenutno vzorčenje, kot je sedaj predpisano za merilna mesta na iztoku, ne zadostuje vzorčenju na vtoku, saj bi trenutni vzorci na vtoku v MKČN zaradi nihanja porabe na viru bili nereprezentativni (trenutno lahko priteka voda iz prhe ali pa močno obremenjena voda iz stranišč). Če vztrajamo pri merjenju učinkovitosti, bi bilo smiselno večurno vzorčenje. To pomeni večje stroške, pri čemer pa je nujno poznavanje zadrževalnega časa. Pri MKČN in še posebej pri MKČN, ki niso stalno obremenjene, je poznavanje zadrževalnega časa zelo pomembno, v praksi pa velikokrat neznan. Razmisliti je potrebno tudi, kaj merjenje učinkovitosti doprinese v primerjavi z merjenjem koncentracij le na iztoku. Menimo, da merjenje parametrov na iztoku zadostuje za redne prve meritve in obratovalni monitoring. Strinjamo se, da je koncentracija snovi, ki jo izpuščamo v naravno okolje pomembnejša od učinkovitost delovanja ČN, hkrati pa je v daljšem časovnem obdobju potrebno upoštevati tudi masne obremenitve okolja, zlasti za vrednosti TP, ki se v okolju lahko kopiči. Posebno so koncentracije in mase pomembne v občutljivih okoljih, kot je to gorski svet, npr. območje Nature 2000 in Triglavskega narodnega parka. Za potrebe interventnih in inšpekcijskih meritev pa menimo, da bi vsaka MKČN potrebovala urejeno merilno mesto na vtoku.

4.3 Vzorčna mesta in vzorčenje odpadne vode

Terensko delo je prineslo veliko vprašanj in dilem. Zagotavljanje ustreznih vzorcev je lahko težavno, saj sta oblika in velikost vzorčnih mest na MKČN različni. Vsaka MKČN ima namreč drugačno merilno mesto na iztoku iz MKČN, kot to dokazujejo naslednji primeri; i) na MKČN na Lubniku se vzorec shranjuje v merilni plastenki, tako je vedno na voljo največ 8 ur star vzorec (slika 3). Taka postavitev merilnega mesta vpliva na temperaturo vzorca in s tem na razgradnje

proces, saj je plastenka nameščena nad glavnim reaktorjem, pod pokrovom jaška, ii) na MKČN na Gorjancih vzorec iztoka lahko zajamemo iz treh cevk na iztoku iz MKČN, kot kaže slika 4. Membranska MKČN na Gorjancih čisti v območju mikro in ultrafiltracije, kar pomeni, da se v vzorcu iztoka naj ne bi nahajali trdi delci. Ker so cevke za zajem vzorca odpadne vode kratke, vzorčimo v jašku, ki pa vsebuje nekaj prašnih delcev. Zato lahko med vzorčenjem v vzorec padejo tudi trdni delci, kar bi ustrežnejše merilno mesto preprečilo. Prav tako počasni tok očiščene vode iz cevk v vzorčevalno posodo vpliva na temperaturo vzorca in vsebnost raztopljenega kisika njem. Na MKČN na Ratitovcu smo vzorčili v jašku, izdelanem prav v ta namen. Jašek je manjše prostornine in v odpadni vodi se na dnu nahaja več drobnih usedlin, kar prikazuje slika 5.

Pri številnih obravnavanih MKČN ni možno časovno opredeliti posamezne faze čiščenja, saj je le-ta popolnoma odvisna od dotoka odpadne vode. To ne predstavlja težav le pri trenutnem vzorčenju iztoka odpadne vode, temveč tudi pri morebitnih izračunih učinkovitosti čiščenja, saj je zadrževalni čas naprave neznan. Poudariti je potrebno, da so obravnavane MKČN tedensko in letno zelo različno obremenjene. Poglejmo primer rastlinske MKČN na Lisci. Koča na Lisci je stalno odprta, toda ob vikendih se število obiskovalcev močno poveča, tudi do 400 obiskovalcev na dan. RČN na Lisci deluje gravitacijsko. Odpadna voda se pretaka iz usedalnika v grede in nato v iztok v odvisnosti od količine dotoka odpadne vode. To pomeni, da je med tednom zadrževalni čas daljši kot med vikendi, ko je obremenjenost RČN povečana. V obeh primerih je dejanski zadrževalni čas neznan, saj bi ga bilo potrebno izmeriti. Dejanski in načrtovani zadrževalni čas se pri RČN namreč lahko precej razlikuje, zato ga je potrebno po izgradnji izmeriti. Podoben problem imajo vse MKČN, ki niso stalno obremenjene. Pogoj za izračun učinkovitosti čiščenja je namreč stalna obremenitev MKČN ali pa natančno poznavanje zadrževalnega časa, česar v primerih MKČN pri planinskih kočah nimamo.



Slika 3: Merilno mesto iztok na MKČN na Lubniku.

Figure 3: Measuring outflow location at small wastewater treatment plant on Lubnik mountain.



Slika 4: Vzorčenje na merilnem mestu iztok na MKČN na Gorjancih (fotografija: M. Mole).

Figure 4: On-site sampling at measuring outflow location at small wastewater treatment plant on Gorjanci highland (photo: M. Mole).



Slika 5: Merilno mesto iztok na MKČN na Ratitovcu.

Figure 5: Measuring outflow location at small wastewater treatment plant on Ratitovec mountain.

Po sedanji Uredbi o emisiji snovi pri odvajanju odpadne vode iz malih komunalnih čistilnih naprav (UL RS 98/2007, 30/2010) se za tipske MKČN, ki imajo izdano Izjavo o lastnostih, namesto monitoringa in prvih meritev izdelava oceno obratovanja. Izdelovalec ocene se odloči na podlagi česa bo izdelal oceno obratovanja. Po izvedenih 35 terenskih vzorčenjih in meritvah lahko ugotovimo, da v primeru, ko se izdelovalec odloči le za vizualno oceno, le-ta nikakor ne zadošča. Na podlagi vizualne ocene namreč ni mogoče ugotoviti učinkovitosti delovanja posamezne MKČN, še manj pa predpostavljati koncentracije onesnaževal na iztoku, kar omenja tudi druga literatura (Levstek, 2011). Isti tip MKČN ima lahko zelo različen vpliv na okolje, odvisno od lokacije naprave. Na občutljivih območjih lahko povzroči občutno škodo v okolju, medtem ko na območjih z veliko sposobnostjo samočiščenja vpliv MKČN ne bo imel večjega pomena. Ta vidik bi morali obvezno upoštevati tudi v zakonodaji o MKČN.

Na podlagi izračunov lahko predvidevamo, da so nekatere MKČN poddimenzionirane, zato bi bilo potrebno v prihodnje opraviti bolj redna vzorčenja

vtočne in iztočne odpadne vode in izvesti primerjavo med projektirano zmogljivostjo MKČN, izračunano na podlagi podanih podatkov, in med zmogljivostjo, izračunano na podlagi obremenitev v zadnjem tednu pred vzorčenjem.

Verjamemo, da raziskava odpira več vprašanj, kot jih zapira, želimo pa si, da bo koristna čim širšemu krogu ljudi.

Viri

Čepon, U. (2013a): Analiza delovanja čistilnih naprav za odpadne vode pri planinskih kočah (Performance analysis of wastewater treatment plants for mountain lodges). Graduation Thesis – University studies, Univerza v Ljubljani, FGG, 100 p. (in Slovenian).

Čepon, U. (2013b): Analiza delovanja čistilnih naprav za odpadne vode pri izbranih planinskih kočah v Sloveniji (Analysis of certain mountain lodges' wastewater treatment plants in Slovenia). Scientific research, Univerza v Ljubljani, FGG, 98 p. (in Slovenian).

Gospodarska komisija PZS (2012). Seznam planinskih koč s čistilnimi napravami (ČN) za odpadno vodo (List of mountain lodges' small wastewater treatment plants).

Internal document, the document is not publically accessible. Commission for Mountain Huts, Alpine Association of Slovenia (in Slovenian).

GZS (2013). Problemska konferenca 2013, Izvajanje ocene obratovanja za mKČN (in Slovenian).

Levstek, M. (2011). Problematika delovanja malih KČN v praksi=Practical performance problems of small waterwater treatment plants. Proceedings of the "Vodni dnevi 2011", Portorož, 19–20 oktober 2011. (in Slovenian).

MKO (2012). Osnutek prihajajoče Uredbe o emisiji snovi pri odvajanju odpadne vode iz malih komunalnih čistilnih naprav=Draft of new coming Decree on the emission of substances in the discharge of waste waters from small urban waste water treatment plants (in Slovenian).

http://www.mko.gov.si/index.php?L=0&id=1333&no_cache=1&tx_ttnews%5BbackPid%5D=12029&tx_ttnews%5Btt_news%5D=5898 (Pridobljeno 15.12.2012)

UL RS 45/2007 (2007). Uredba o emisiji snovi pri odvajanju odpadne vode iz komunalnih čistilnih naprav=Decree on the emission of substances in waste water discharged from urban waste water treatment plants. Uradni list RS št. 45/2007. (in Slovenian).

UL RS 98/2007 (2007). Uredba o emisiji snovi pri odvajanju odpadne vode iz malih komunalnih čistilnih naprav=Decree on the emission of substances in the discharge of waste waters from small urban waste water treatment plants. Uradni list RS št. 98-4857/2007: 13266. (in Slovenian).

UL RS 62/2008 (2008). Uredba o uporabi blata iz komunalnih čistilnih naprav v kmetijstvu= Decree on the management of sewage sludge from the urban waste water treatment plants. (Uradni list RS, št. 62-2630/2008:8221. (in Slovenian).

UL RS 63/2009 (2009). Uredba o emisiji snovi pri odvajanju odpadne vode iz komunalnih čistilnih naprav=Decree on the emission of substances in waste water discharged from urban waste water treatment plants. Uradni list RS št. 63/2009. (in Slovenian).

UL RS 30/2010 (2010). Uredba o emisiji snovi pri odvajanju odpadne vode iz malih komunalnih čistilnih naprav=Decree on the emission of substances in the discharge of waste waters from small urban waste water treatment plants. Uradni list RS št. 30- 1392/2010: 4061. (in Slovenian).

UL RS 105/2010 (2010). Uredba o emisiji snovi pri odvajanju odpadne vode iz komunalnih čistilnih naprav=Decree on the emission of substances in waste water discharged from urban waste water treatment plants. Uradni list RS št. 105/2010. (in Slovenian).

UL RS 54/2011 (2011). Pravilnik o prvih meritvah in obratovalnem monitoringu odpadnih voda ter o pogojih za njegovo izvajanje=Rules on initial measurements and operational monitoring of waste water and on conditions for its implementation. Uradni list RS št. 54/2011. (in Slovenian).

UL RS 88/2011 (2011). Uredba o odvajanju in čiščenju komunalne in padavinske odpadne vode=Decree on the discharge and treatment of urban waste water and meteoric water. Uradni list RS št. 88/2011. (in Slovenian).

UL RS 8/2012 (2012). Uredba o odvajanju in čiščenju komunalne in padavinske odpadne vode=Decree on the discharge and treatment of urban waste water and meteoric water. Uradni list RS št. 8/2012. (in Slovenian).

UL RS 64/2012 (2012). Uredba o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih vod v vode in javno kanalizacijo=Decree on the emission of substances and heat when discharging waste water into waters and the public sewage system. Uradni list RS št. 64/2012. (in Slovenian).

UL RS 108/2013 (2013). Uredba o odvajanju in čiščenju komunalne in padavinske odpadne vode=Decree on the discharge and treatment of urban waste water and meteoric water. Uradni list RS št. 108/2013. (in Slovenian).

UL RS 64/2014 (2014). Uredba o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih vod v vode in javno kanalizacijo=Decree on the emission of substances and heat when discharging waste water into waters and the public sewage system. Uradni list RS št. 64/2014. (in Slovenian).