

RAZISKAVA VPLIVA IZTOKOV IZ KOMUNALNIH ČISTILNIH NAPRAV NA KAKOVOST POVRŠINSKIH VODA

STUDY OF THE IMPACT OF MUNICIPAL SEWAGE OUTFALLS ON THE QUALITY OF SURFACE WATERS

doc. dr. Darko Drev, univ. dipl. inž. kem.

Inštitut za vode RS, Hajdrihova 28 c, 1000 Ljubljana,
darko.drev@izvrs.si

izr. prof. dr. Jože Panjan, univ. dipl. inž. grad.

UL FGG Ljubljana, Jamova 2, Ljubljana,
jpanjan@fgg.uni-lj.si

Znanstveni članek

UDK 556.5:628.32

Povzetek | Pomanjkljivo in nestrokovno odvajanje in čiščenje onesnaženih voda je eden izmed glavnih razlogov za čezmerno onesnaženost površinskih voda. To se dogaja zato, ker čistilne naprave ne dosegajo ustreznih učinkov čiščenja, ali pa zaradi tega, ker niso predpisani ustrezni kriteriji. Različna vodna telesa niso enako občutljiva na obremenjevanje, kar pa se žal ne upošteva z različnimi kriteriji za izpuste tehnološke in komunalne odpadne vode. Za komunalne čistilne naprave (KČN) so različni kriteriji predvsem glede na velikost, ne pa glede na vodno telo. Obstajajo nekatere izjeme, ki pa niso bistvene. Na občutljivih in vodovarstvenih območjih bi morale dosegati predvsem male KČN večje učinke čiščenja od teh, ki so trenutno predpisani. Mala MBR ČN, ki jo spremljamo od faze načrtovanja, izgradnje do danes, se je pokazala kot primerna rešitev, saj dosega ustrezne učinke čiščenja.

Ključne besede: male čistilne naprave, površinske vode, onesnaževanje, občutljiva območja

Summary | Inadequate and unsafe collection and purification of contaminated water is one of the main reasons for the excessive pollution of surface waters. This is either due to treatment plants not meeting the relevant treatment efficacy benchmarks, or to a lack of the prescription of appropriate treatment criteria. Different bodies of water are not equally sensitive to pollution, but this is unfortunately not taken into account by various criteria for treating technology and waste water discharges. For municipal wastewater treatment plants (WWTP) different criteria are prescribed mainly according to size, but not according to the body of treated water. There are some exceptions to this general rule, but they are not essential. In sensitive and water protection areas all WWTPs, and small plants in particular, should meet much more stringent treatment benchmarks and criteria than those currently prescribed. A small prototype MBR WWTP, which we have followed from the design phase until today, is a possible solution for this problem, as it meets relevant stringent treatment benchmarks.

Keywords: small treatment plants, surface water pollution, sensitive areas

1 • UVOD

Skoraj celotno ozemlje Slovenije bi lahko ocenili s stališča občutljivosti vodnih teles kot »občutljivo območje«, čeprav imajo uradni status »občutljivih območij« le določena območja, ki so definirana v Uredbi o emisiji snovi pri odvajanju odpadne vode iz komunalnih čistilnih naprav (Ur. l. RS, št. 45/2007). Približno dve tretjini slovenskega ozemlja lahko uvrstimo med kraško zemljišče. Na teh zemljiščih ni ostre meje med površinskimi vodami in podtalnico. To je posebno pomembno pri oskrbi prebivalstva s pitno vodo. Vodovarstveni pasovi so namenjeni predvsem varovanju vodnih virov pred neposrednim

onesnaženjem, ne rešujejo pa problema onesnaževanja podtalnice iz širšega zaledja. To se v praksi najbolj očitno pokaže v kraškem okolju, kjer se onesnaženost površinskih voda zelo hitro odraža na kakovosti podtalnice. Pri pregledu ukrepov v uredbi, ki veljajo za uradna občutljiva območja po kriterijih za eutrofikacijo in kopalne vode v naravnem okolju, lahko ugotovimo, da so zelo mili (Uredba 2, 2010). Nanašajo se le na srednje in velike komunalne čistilne naprave. Večina komunalnih čistilnih naprav je na teh območjih kapacitete pod 2000 PE. Za te čistilne naprave je predpisano, da na izpustu v vodotoke ne sme presežati:

KPK 150 mg O₂/l in BPK₅ 30 mg O₂/l (Uredba 1, 2010). Ne obstajajo torej omejitve glede izpusta dušika, fosforja in mikrobiološkega onesnaženja. Veliko bolje tudi ni pri izpustu tehnoloških odpadnih voda v okolje (Uredba o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih vod v vode in javno kanalizacijo (Ur. l. RS, št. 47/05, 45/07, 79/09)). Kriterij za KPK je 120 mg O₂/l in za BPK 5 25 mg O₂/l. Pri tehnoloških odpadnih vodah ni predpisanih kriterijev mikrobiološkega onesnaženja (Uredba, 2005).

Obstoječi predpisani kriteriji za izpuste odpadnih voda v vodna telesa so sprejemljivi le za velika vodna telesa, ki niso občutljiva (Sava, Drava, Mura itd.). Za veliko majhnih vodnih teles, posebno v kraškem okolju, pa pomenijo takšni izpusti prevelike obremenitve.

2 • METODE

Kemijske in mikrobiološke preiskave v okviru monitoringov površinskih voda so se opravljale po akreditiranih metodah (Pravilnik,

2011). Opravljali so jih regionalni zavodi za zdravstveno varstvo. Za analizo stanja kakovosti površinskih voda

smo uporabili bazo podatkov ARSO in IzVRS. Za analizo stanja komunalnih čistilnih naprav smo uporabili bazo podatkov ARSO in IzVRS. Pri mali MBR ČN Gospodična pod Gorjanci smo sodelovali od faze načrtovanja, izgradnje, poskusnega obratovanja in rednega obratovanja.

3 • RAZISKAVA VPLIVA ČISTILNIH NAPRAV NA POVRŠINSKE VODE

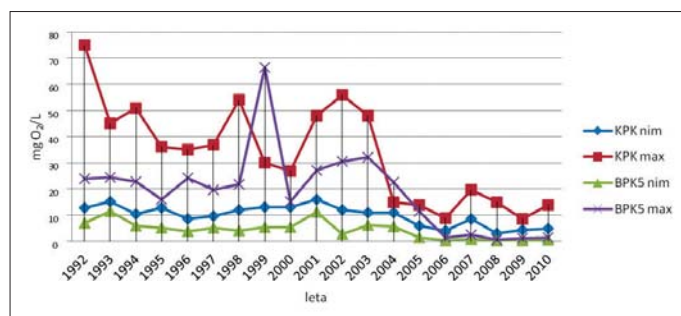
V članku navajava le nekatere karakteristične primere površinskih voda v Sloveniji, čeprav je raziskava zajela vse površinske vode. Izbrala sva določena odzemna mesta, na katerih je najbolj viden vpliv kanalizacijskih sistemov in čistilnih naprav na kakovost površinskih voda.

Na reki Ljubljanici pri Zalogu je zelo očiten vpliv izgradnja kanalizacije in čistilne naprave na kakovost površinske vode (sliki

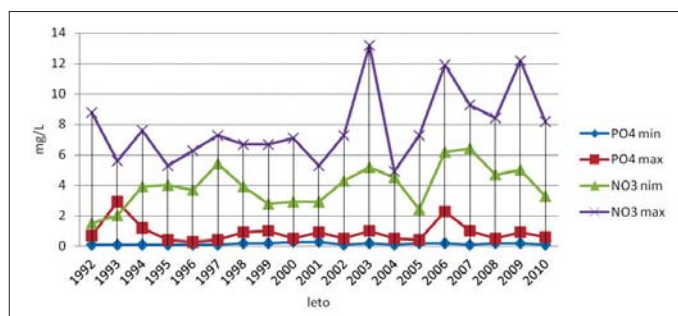
1 in 2). Od leta 1992 do leta 2003 je bila zgrajena večina kanalizacijskega omrežja na območju Ljubljane, centralna čistilna naprava pa je imela le prvo stopnjo čiščenja. Zato je bila odpadna voda na iztoku iz CČN precej obremenjena s KPK in BPK₅. Z začetkom obratovanja druge stopnje čiščenja (2004–2005) s kapaciteto 360.000 PE sta se vrednosti KPK in BPK₅ bistveno znižali. Vsebnost NO₃⁻ se je v obdobju 1992–2010 nekoliko

povišala, celokupni fosfor pa je ostal na približno enakem nivoju.

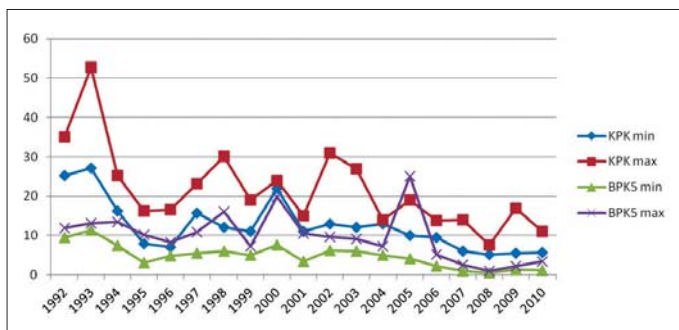
Na reki Paki pred izlivom v reko Savinjo je bil v obdobju 1992–2010 še bolj očiten vpliv izgradnje kanalizacijskih sistemov in čistilnih naprav (sliki 3 in 4). Leta 1992 je imela centralna čistilna naprava Velenje–Šoštanje le prvo stopnjo čiščenja. Nova centralna čistilna naprava s kapaciteto 50.000 PE je začela obratovati v obdobju 2006–2007. Takrat je začela delovati tudi nova KČN Šmartno ob Paki s kapaciteto 1500 PE. To se na sliki 3 odraža s precejšnjim znižanjem KPK in BPK₅. Vsebnost nitrata se je v obdobju 1992–2010



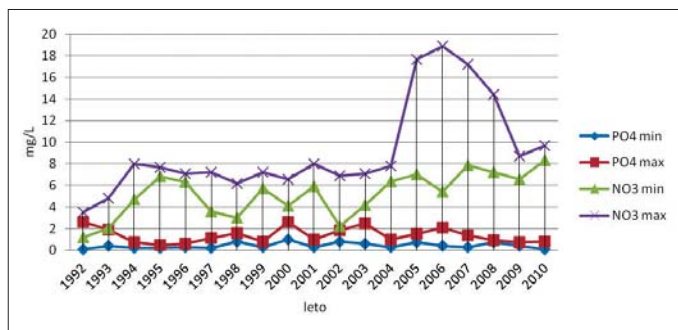
Slika 1 • Vsebnost KPK in BPK₅ v reki Ljubljanici pri Zalogu v obdobju 1992–2010



Slika 2 • Vsebnost PO₄²⁻ in NO₃⁻ v reki Ljubljanici pri Zalogu v obdobju 1992–2010



Slika 3 • Izmerjene vrednosti KPK in BPK₅ v reki Paki pred izlivom v Savinjo v obdobju 1992–2010

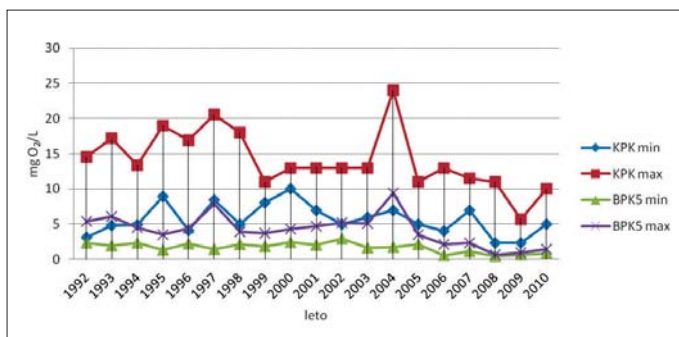


Slika 4 • Izmerjene vrednosti PO₄²⁻ in NO₃⁻ v reki Paki pred iztokom v Savinjo v obdobju 1992–2010

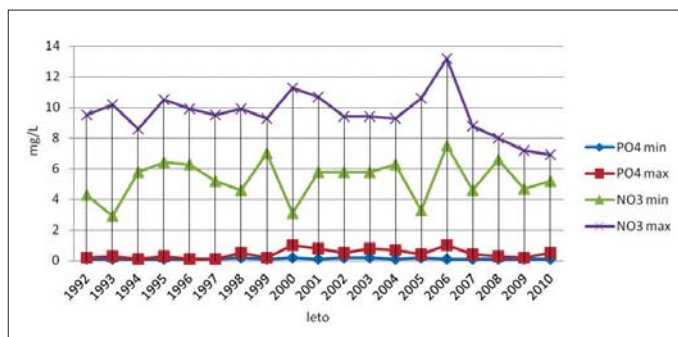
bistveno povečala, kar lahko pripišemo izgradnji kanalizacijskih sistemov in relativno nizkemu učinku čiščenja dušika na KČN. Fosfor je ostal ves čas na približno enakem nivoju. Pri kakovosti reke Savinje je prav tako opazen vpliv kanalizacije in čistilnih naprav (sliki 5 in 6). Vrednosti KPK in BPK₅ sta se znatno znižali leta 2005, ko sta začeli delovati CČN Celje in CČN Laško. Njuno delovanje se ne odraža na povečani vsebnosti NO₃⁻. Obe CČN namreč relativno dobro čistita celokupni dušik, zato ni bilo povečanja nitrata. Podobno velja za celokupni fosfor, ki je ves čas na relativno nizkem nivoju.

Veliko bolj izrazit vpliv izgradnje kanalizacijskega sistema in KČN pa je na reki Pivki pri Postojni (sliki 7 in 8). KČN Postojna s kapaciteto 15.000 PE je bila zgrajena leta 1985, vendar pa brez priključitve večine gospodinjstev in industrije. Kanalizacijski sistem se je dograjeval in priključeval na KČN Postojna postopno. To se je odražalo tudi na kakovosti reke Pivke. Vsebnost KPK in BPK₅ se je bistveno povečala iz leta 1992 v leto 1993. Potem sta bila KPK in BPK₅ ves čas relativno visoka. Leta 1997 so priključili na KČN tudi tehnološko kanalizacijo, s čimer je postala čistilna naprava CČN Postojna. Padec KPK in

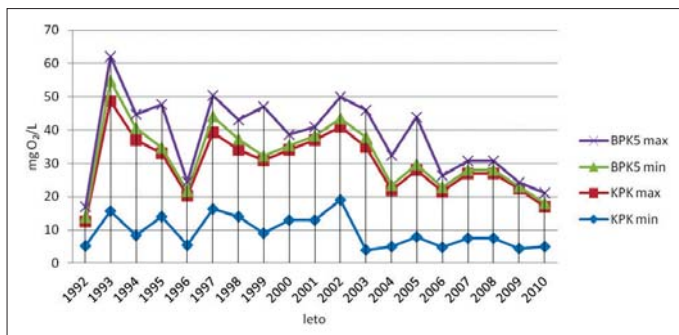
BPK₅ je prisoten šele v obdobju 2008–2010. Vendar pa je kljub padcu v reki še vedno relativno velika koncentracija KPK in BPK₅. Gre namreč za zelo občutljivo kraško reko, ki ima zelo velik vpliv na podtalnico in kraške jame. Zaradi izpusta slabo očiščenih odpadnih voda v reko Pivko se je od leta 1992 do 2010 znatno povečala vsebnost NO₃⁻ in PO₄²⁻. Za čistilno napravo velikosti 15.000 PE je na iztoku dovoljena koncentracija celokupnega dušika 20 mg N/L in celokupnega fosforja 1 mg P/L. Za velike reke takšna koncentracija ne predstavlja opazne obremenitve. Za kraško reko z relativno majhnim pretokom pa je to pre-



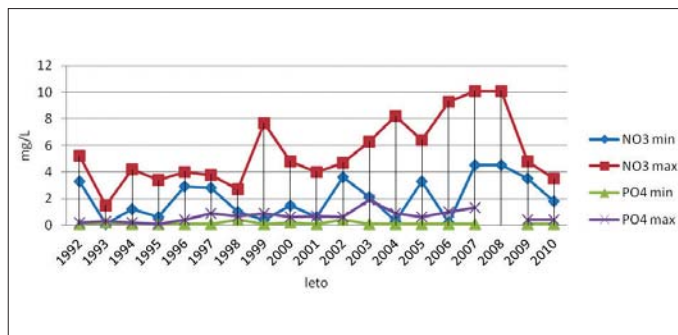
Slika 5 • Izmerjene vrednosti KPK in BPK₅ v reki Savinji pred iztokom v reko Savo v obdobju 1992–2010



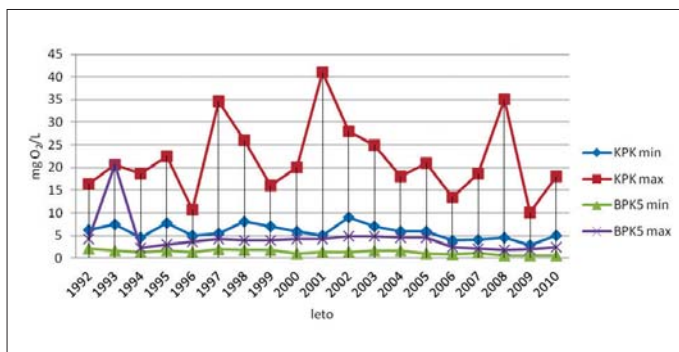
Slika 6 • Izmerjene vrednosti PO₄²⁻ in NO₃⁻ v reki Savinji pred iztokom v reko Savo za obdobje 1992–2010



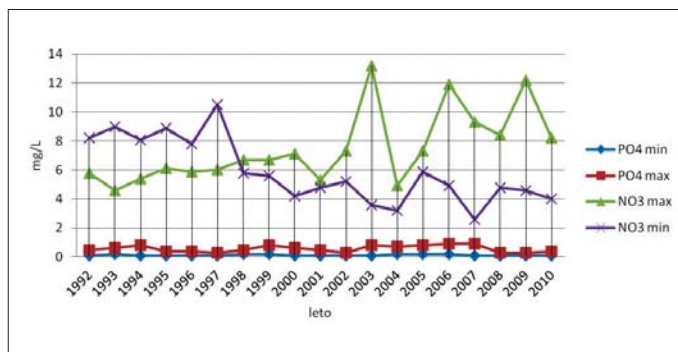
Slika 7 • Izmerjene vrednosti KPK in BPK₅ v reki Pivki pri Postojni v obdobju 1992–2010



Slika 8 • Vsebnost NO₃⁻ in PO₄²⁻ v Pivki pri Postojni v obdobju 1992–2010



Slika 9 • Prikaz vsebnosti KPK in BPK₅ v reki Savi pred hrvaško mejo v obdobju 1992–2010

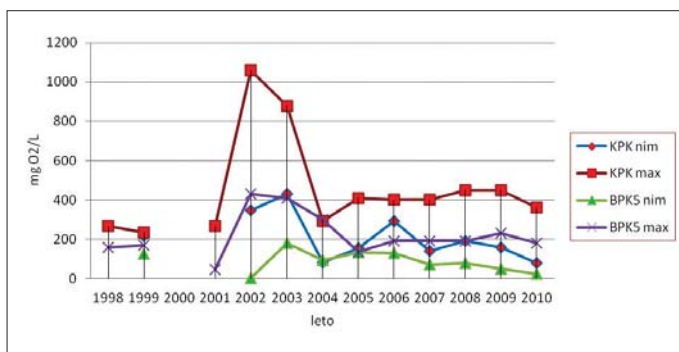


Slika 10 • Izmerjene vrednosti NO₃⁻ in PO₄²⁻ v reki Savi pri Jesenicah na Dolenjskem v obdobju 1992–2010

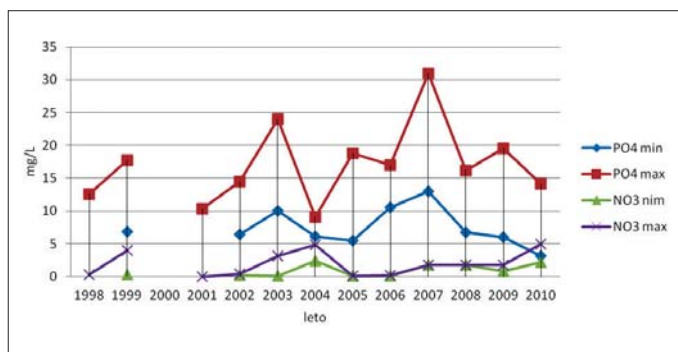
velika obremenitev. Odpadne vode na izpustih kanalizacij (komunalne, tehnološke) so tudi mikrobiološko onesnažene, saj ni predpisanih kriterijev za mikrobiološko onesnaženje. Zato se mikrobiološki parametri ne merijo v okviru državnega monitoringa površinskih voda. Čezmerna mikrobiološka onesnaženost pa se zelo pogosto pokaže v vodnih zajetjih ter kraških jamah, prav tako zaradi posledice vpliva onesnaženih površinskih voda.

Reka Sava pred hrvaško mejo ima vedno relativno velik pretok, zato niso tako očitni vplivi izpustov očiščenih odpadnih voda iz KČN (sliki 9 in 10). Kljub temu pa se lahko opazi postopno zmanjševanje BPK₅ in postopno povečanje količine nitrata. Najbolj viden negativni vpliv izpusta slabo očiščenih odpadnih voda na površinske vode pa je na reki Koren pri Novi Gorici (sliki 11 in 12). Vsebnosti KPK in BPK₅ so občasno tako

visoke kot v običajni komunalni vodi na dotoku na KČN. Podobno velja tudi za vsebnost NO₃⁻ in PO₄²⁻. Če bi državni monitoring površinskih voda zajemal tudi mikrobiološke parametre, bi v reki Koren gotovo izmerili preko celega leta veliko mikrobiološko obremenjenost. V poletnem času, ko se temperatura reke dvigne nad 20 °C, pa bi bile prisotne tudi bakterije iz skupine *Legionelle*.



Slika 11 • Vsebnost KPK in BPK₅ v reki Koren v obdobju 1998–2010



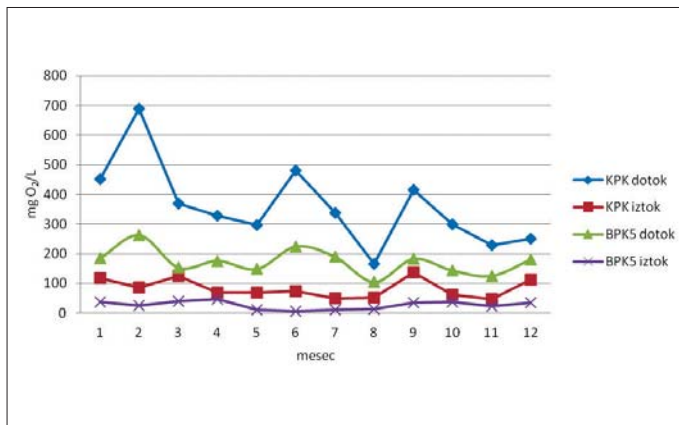
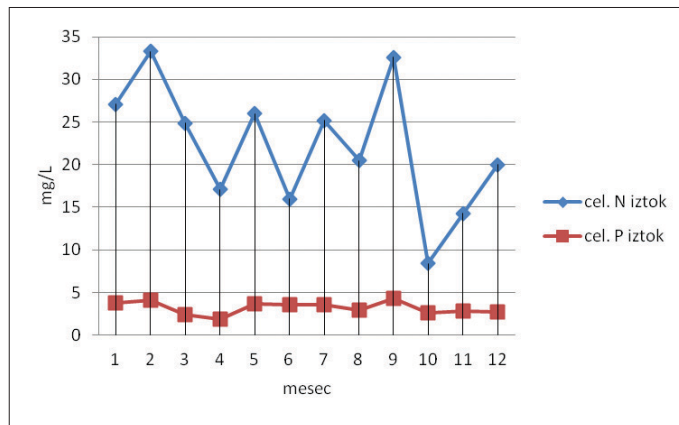
Slika 12 • Vsebnost NO₃⁻ in PO₄²⁻ v reki Koren v obdobju 1998–2010

4 • PRIKAZ DELOVANJA SREDNJE VELIKE KČN IZ POREČJA REKE PIVKE

Na sliki 13 je prikazano nihanje KPK in BPK₅ na dotoku in iztoku iz KČN leta 2005. Podobno učinkovita je bila KČN tudi pozneje. Učinek čiščenja je bil leta 2010 po KPK 70-odstoten, po celokupnem fosforju 47-odstoten in po celokupnem dušiku 36-odstoten (podatki ARSO). Takšni učinki čiščenja ne dosegajo v

celoti kriterijev, ki veljajo za komunalne čistilne naprave v velikostnem redu med 10.000 in 100.000 PE. Na iztoku je dovoljeno 110 mg O₂/l KPK in 20 mg O₂/l BPK₅. Učinek čiščenja za celotni dušik in celotni fosfor pa mora dosegati 80 odstotkov. Drugi kriterij za izpust celotnega dušika je 15 mg N/l in celotnega

fosforja 2 mg P/l. S slike 13 je razvidno, da sta KPK in BPK₅ v letu 2005 občasno presegala dopustne vrednosti za izpust v vode. Celotni dušik in fosfor pa sta ves čas bistveno prekoračevala dopustne vrednosti, kar je razvidno s slike 14.


 Slika 13 • Prikaz vrednosti KPK in BPK₅ na dotoku in iztoku ČČN za posamezne meritve v letu 2005


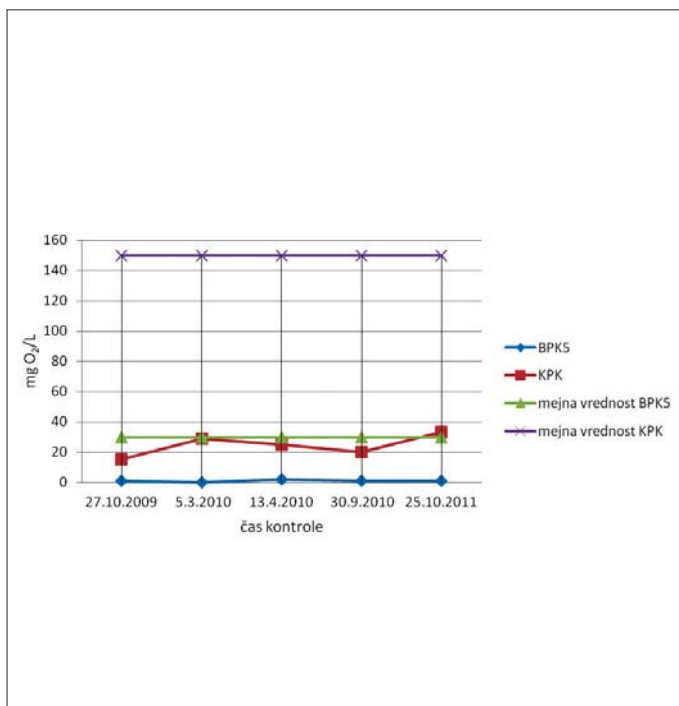
Slika 14 • Prikaz vsebnosti celotnega N in P na iztoku iz ČČN po posameznih mesecih leta 2005

5 • PRIKAZ DELOVANJE MALE MBR ČČN

MBR ČČN Gosposodična ima nazivno kapaciteto 20 PE. Glede na to, da gre za kombinirani postopek čiščenja s suspendirano biomaso in membranske module, je kapaciteta veliko bolj prilagodljiva. Membrane imajo velikosti por 0,05 μm, zato lahko zadržijo vse suspen-

dirane snovi, mikroorganizme in tudi viruse. Membrane so izdelane iz poliestra. Skupna površina membran je 18,75 m². Za črpanje filtrata se uporablja potopna črpalka s kapaciteto 100 l/h pri 2,0 m in priklopno močjo 19 W. Za črpanje viška blata se uporablja

potopna črpalka 0,35 KW. Za prezračevanje so nameščena tri puhalca s skupno priklopno močjo 477 W. Mehansko anoksična predstopnja ima delovni volumen 5 m³, biološki del pa delovni volumen 5,99 m³. Rezultati meritev so prikazani na sliki 15 in v preglednicah 1 in 2.


 Slika 15 • Prikaz nihanja KPK in BPK₅ na iztoku iz MBR ČČN Gosposodična v času dveletnega delovanja

parameter	enota	normativ za male KČN	normativ za velike KČN	izmerjena vrednost
KPK	mg O ₂ /l	150	110	33
BPK5	mg O ₂ /l	30	20	1
neraztopljeni snovi	mg/l	-	35	<1,1
amonijev dušik	mg N/l	-	10	<0,6
celokupni dušik	mg N/l	-	25	86
celokupni fosfor	mg P/l	-	2	14,9

Preglednica 1 • Prikaz kompletne kemijske preiskave odpadne vode na iztoku iz MBR ČČN Gosposodična (25. oktober 2011)

parameter	enota	izmerjena vrednost
Escherichia coli	MPN/100 ml	0
Intestinalni ekterokoki	MPN/100 ml	0

Preglednica 2 • Prikaz mikrobioloških preiskav odpadne vode na iztoku iz MBR ČČN Gosposodična (18. oktober 2011)

6 • REZULTATI IN DISKUSIJA

Rezultati monitoringa površinskih voda v Republiki Sloveniji v obdobju 1992–2010 kažejo na to, da se čiščenje odpadnih voda močno odraža v kakovosti površinskih voda. Pri pregledu še starejših podatkov smo ugotovili, da je bilo veliko vodnih teles v ruralnem okolju bistveno bolj čistih pred letom 1980, ko še ni bilo zgrajenih kanalizacijskih sistemov. Znatno bolj onesnažene pa so bile površinske vode v bližini večjih mest in industrijskih središč. Z izgradnjo kanalizacijskih sistemov (komunalnih, tehnoloških, meteornih) se kanalizirajo razpršeni viri onesnaževanja v vodna telesa. Zato je zelo pomembno, da se odpadne vode dovolj učinkovito očistijo, preden odtečejo v vodna telesa. To je še posebno pomembno v kraškem okolju in drugih občutljivih območjih. Obstoječi predpisi, ki veljajo za odvajanje in čiščenje odpadnih voda (komunalnih, tehnoloških, meteornih), v glavnem ne poznajo razlik glede na vodno telo, kamor odteka odpadna voda. Pri izpustu tehnoloških odpadnih voda obstajajo različni kriteriji glede na to, ali odteka odpadna voda v javno kanalizacijo ali v vode (Uredba, 2005). Velja torej enak kriterij, ali odteka odpadna voda v reko Dravo, Pivko ali Krko. Pri malih KČN (do 2000 PE) ni različnih kriterijev, kam odteka odpadna voda (Uredba, 2012). Samo pri velikih KČN obstajata dva dodatna kriterija glede na to, ali odteka odpadna voda v občutljiva voda telesa

ali pa v navadna (Uredba 2, 2010). Vendar pa gre tudi v tem primeru za relativno blage dodatne kriterije. Mikrobiološki kriteriji veljajo le za izpuste v vodna telesa s statusom kopalnih voda v naravnem okolju. Porečja s statusom občutljivega območja za eutrofikacijo so obsežnejša in zajemajo približno eno tretjino slovenske površine. Na teh območjih morajo zagotavljati srednje in velike KČN bistveno večje učinke čiščenja po dušiku in fosforju. Ker so ta območja skoraj izključno na podeželju, je v teh okoljih zelo malo KČN s kapaciteto 2000 PE in več. Za čistilne naprave s kapa citeto do 2000 PE pa te dodatne zahteve ne veljajo, saj naj bi v normalnih naravnih pogojih bila samočistilna sposobnost odvodnikov dovolj velika. Zato je za komunalne čistilne naprave z zmogljivostjo od 1 do 1999 PE predpisano samo to, da na izpustu v vodna telesa ne sme presegati KPK 150 mg O₂/l in BPK5 30 mg na O₂/l (Uredba 2, 2010). Pri malih KČN pa obstaja še dodatna omejitev za varovanje nekaterih vodnih teles (oskrbo s pitno vodo, jezera, morje itd.) (Uredba, 2012). Na primer: izpust iz male KČN ni dovoljen bliže od 300 m od obale kopalne vode, na najozjem vodovarstvenem območju, maj kot 600 m od obale naravnega jezera itd. Raziskava je pokazala, da z obstoječimi predpisi, ki veljajo za odvajanje in čiščenje odpadnih voda (komunalnih, tehnoloških, me-

teornih), ne moremo ustrezno varovati večine manjših vodnih teles na občutljivih in vodovarstvenih območjih. Obstoječi predpisi so bili očitno namenjeni predvsem uveljavljanju zahtev Direktive 91/271/EGS iz leta 1991 o čiščenju komunalne odpadne vode in njeni dopolnitvi iz leta 1998 (Direktiva 98/15/ES). Ta direktiva ne obravnava malih komunalnih čistilnih naprav in tudi ne specifičnih zahtev, ki so pomembne za Slovenijo (kraška območja, vodna zajetja, kopalne vode itd.). Te zahteve bi morali upoštevati v skladu z vodno Direktivo 60/2000/ES in nekaterimi drugimi direktivami (pitna voda, kopalna voda itd.). Primera klasične komunalne čistilne naprave velikosti približno 15.000 PE in male MBR ČN velikosti 20 PE kažeta, da lahko tudi z malimi komunalnimi čistilnimi napravami dosežemo celo večje učinke čiščenja kot z velikimi. To je zelo pomembno za Slovenijo, ki ima večino ozemlja pokritega z občutljivimi vodnimi telesi z relativno majhnimi pretoki. Na teh območjih je pomembno, da tudi majhne komunalne in tehnološke naprave dosejajo velike učinke čiščenja. Današnje stanje tehnike omogoča, da za ekonomsko sprejemljive stroške zelo učinkovito očistimo odpadne vode ((ATV, 1991), (EPA, 2008), (WTH, 2005)). Zato ni več strokovnih in ekonomskih razlogov, da bi morali obstajati za male KČN na občutljivih območjih nižji kriteriji za učinkovitost čiščenja kot za velike KČN. Potrebo po učinkovitejšem čiščenju kaže kakovost vodnih teles, ki se z neustreznim čiščenjem bistveno ne izboljšuje ali pa se izboljšuje le v nekaterih parametrih.

7 • LITERATURA

- ATV, ATV-A 122 E, Principles for Dimensioning, Construction and Operation of Small Sewage Treatment Plants with Aerobic Biological Purification Stage for Connection Values between 50 and 500 Total Number of Inhabitants and Population Equivalents, 1991.
- EPA, Environmental Protection Agency, United States, Emerging Technologies for Wastewater Treatment and In-Plant Wet Weather Management, 2008.
- Pravilnik o prvih meritvah in obratovalnem monitoringu odpadnih voda ter o pogojih za njegovo izvajanje, Uradni list RS, št. 54/2011.
- Uredba 1, Uredba o emisiji snovi pri odvajanju odpadne vode iz malih komunalnih čistilnih naprav, Uradni list RS, št. 98/2007, 30/2010.
- Uredba 2, Uredba o emisiji snovi pri odvajanju odpadne vode iz komunalnih čistilnih naprav, Uradni list RS, št. 45/2007, 105/2010.
- Uredba o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih voda v vode in javno kanalizacijo, Uradni list RS, št. 47/2005.
- Uredba o odvajanju in čiščenju komunalne in padavinske odpadne vode, Uradni list RS, št. 88/2011, 8/2012.
- WTH, Water Treatment Handbook, 10 th Edition, Degremont, 2005.