

SAMONADZOR DELOVANJA ČISTILNIH NAPRAV V NEMŠKI DEŽELI RHEINLAND-PFALZ

SELF MONITORING OF WASTE WATER TREATMENT PLANTS IN RHINELAND-PALATINATE, GERMANY

Franc Maleiner, univ. dipl. inž. kom.
Sojerjeva 43, 1000 Ljubljana

Strokovni članek
UDK: 628.32

Povzetek | Komunalne čistilne naprave potrebujejo ustrezno poklicno šolano osebje za nadzor njihovega pravilnega tehničnega delovanja, ekološkega obratovanja ter s tem dokaza ekonomske upravičenosti teh visokih finančnih naložb in stroškov. Za razliko od nemško govorečih dežel v Sloveniji tega poklicnega usposabljanja in nadzora hote ne uvajamo. Z redkimi izjemami je nekontrolirano delovanje slovenskih čistilnih naprav zato zavestno prepuščeno več ali manj čistemu naključju. Uvedba samonadzora delovanja slovenskih čistilnih naprav bi namreč jasno prikazala vzroke nezadostnega delovanja slovenskih komunalnih čistilnih naprav in tako dokazala obsežne, škodljive ekonomske ter ekološke posledice.

Summary | Waste water treatment plants (WWTPs) operators need a proper education/training program for the staff in charge of monitoring the operations in regards to technical and ecological management and economic efficiency to justify the high costs of the investment. In contrast to Germany, there is no such education/training in Slovenia. Most of Slovenian WWTPs are operated unmonitored, which means uncontrolled operations, with a random outcome. The introduction of self monitoring would clearly identify deficiencies and would show the economic and ecologic consequences of unsuitable operations in Slovenian WWTPs.

1 • UVOD

Čistilna zmožnost optimalno načrtovane, zgrajene in opremljene biološke komunalne čistilne naprave (na podlagi pravilno izbranega tehnološkega načina čiščenja) je odvisna pretežno od strokovnega znanja ter izkušenj njenih načrtovalcev kakor tudi strokovnih sposobnosti na njej zaposlenega osebja. Torej bo še tako dobro opremljena naprava prej ali slej popustila v njeni zmožnosti čiščenja, če se na njej ne bodo optimalno in tekoče vršile potrebne dejavnosti vodenja procesov, samonadzora, vzdrževanja ter ne-

govanja naprav in njene opreme. **Dobro in pravilno obratovanje komunalnih čistilnih naprav omogoča ter zagotavlja le dobro šolano in ustrezno strokovno usposobljeno zaposleno osebje.** To velja še posebno za manjše čistilne naprave z zelo koničasto obliko bioloških ter hidravličnih obtežb oziroma z ekstremno hitro spreminjajočimi se pogoji obratovanja. Zadostno in varno izpolnjevanje zakonsko predpisanih zahtev čiščenja je predpogoj za uvajanje odpadnih voda v javne čistilne

naprave ali v vodotoke, kar se lahko doseže le s pravilno gradnjo, opremo, z neoporečnim vzdrževanjem in varnim obratovanjem kanalizacijskih omrežij za zbiranje ter odvajanje, kakor tudi naprav za čiščenje komunalnih odpadnih voda. Pri tem je potrebno tudi pogosto ter natančno nadzorovanje sestava, količine in kakovosti odpadnih voda. Ker spada v njihovo nadležnost, so nemške deželne vlade predpisale minimalne obsege zahtevanih raziskav in potrebnih dokazov samonadzora čistilnih naprav. Ti nemški deželni odloki medsebojno le ne bistveno odstopajo, zato se bom v tem članku v glavnem opiral le na deželni odlok o samonadzoru čistilnih naprav (Landesverordnung

über die Eigenüberwachung von Abwasseranlagen (EÜVOA)), ki ga je 27. 8. 1999 sprejela deželna vlada Rheinland-Pfalz ((MUF, 1999), (EÜVOA, 1999)).

Stalni in načrtni samonadzor (Eigenüberwachung) je predpisan za obratovanje naprav za zbiranje in odvajanje (kanalizacijska omrežja) kakor tudi za obdelavo oziroma čiščenje odpadnih voda (čistilne naprave). Samonadzor se mora izvesti na napravah različnih tehničnih in tehnoloških izvedb, ne glede na njihove mehanske, fizikalne, biološke, kemične postopke ali medsebojne kombinacije teh postopkov. **Vršiti ga mora uporabnik navedenih naprav, ki mora v sklopu samonadzora te podatke redno evidentirati, iz vrednotiti, dokumentirati, (če je potrebno) redno poročati zato zadolženim uradom, predvsem pa ustrezno ukrepati in ohranjati optimalno obratovalno stanje vseh naprav.**

Države Evropske skupnosti morajo vsaki dve leti obvezno poročati ustreznemu uradu Evropske skupnosti o stanju čiščenja komunalnih odpadnih voda. To poročilo naj s kratkimi opisi in preglednimi diagrami dokumentira dosedanje stanje naprav ter poda njihove bodoče namene in naloge. Poleg tega mora to poročilo informirati o obsegu priključitve uporabnikov, o izgradnji naprav kakor tudi o učinku čiščenja odpadnih voda. Vsebovati pa mora tudi podatke o količini in načinu odstranitve blata (Klärschlamm) ter o višini potrebnih investicij za odstranitev komunalnih odpadnih voda.

Nemški uporabniki naprav za zbiranje, odvod ter čiščenje komunalnih odpadnih voda morajo torej upoštevati številna pravna določila, kot so:

- EU-smernice 91/271/EWG »komunalne odpadne vode«,

- Zakon o gospodarjenju z vodami (Wasserhaushaltsgesetz),
- Deželno zakonodajo o vodah (Landeswassergesetz),
- Odlok o komunalnih odpadnih vodah (Kommunalabwasserverordnung),
- Odlok o samonadzoru (Eigenüberwachungsverordnung),
- zahteve vodopravnih dovoljenj (Einleitungsbescheid, Genehmigung) in
- zahteve ustreznih statutov (satzungsrechtliche Zulässigkeit),

medtem ko so raziskave, ki se morajo izvajati v sklopu uporabe blata na kmetijskih površinah, predpisane v posebnem zveznem odloku za uporabo blata iz čistilnih naprav (Klärschlammverordnung (AbfKlärV)).

V Nemčiji se že več kakor 4 desetletja vrši ločen sistematični nadzor delovanja čistilnih naprav, in sicer v dveh medsebojno dopolnjujočih se oblikah:

- * nadzor državnih uradov (državni nadzor) ter
- * nadzor uporabnikov naprav (samonadzor).

Državni nadzor se vrši v obliki občasnega jemanja naključnih vzorcev v predpisanem obsegu. Pri tem se nadzoruje tudi (indirektni) vnos odpadnih voda v kanalizacijska omrežja, ki vsebujejo nevarne sestavine. Za državni nadzor so odgovorni državni uradi za tehnični nadzor vodotokov deželnega vodnega gospodarstva (Wasserwirtschaftsamt – technische Gewässeraufsicht). Tak nadzor ne obsega le tehnični nadzor čistilne naprave (pregled predpisanih zahtev, stanja naprav, vzdrževanja naprav, zadostnega ter pravilnega samonadzora naprav), temveč tudi nadzor omejitvenih zahtev v odtoku (jemanja vzorcev ter njihove analize, ocene delovanja).

Poleg tega se preverja tudi vpliv in skupno delovanje celotnih naprav na vodotoke.

Glede na velikost ter pomen naprav se vrši državni nadzor praviloma 1- do 4-krat letno. Predstavnikom ustreznega državnega urada, ki vrši nadzor, je omogočen stalen, **predhodno nenajavljen** pristop na vse naprave.

Na napravah se izmerijo temperature ter vrednosti pH. Za ugotavljanje čistilne sposobnosti pa se v laboratoriju (na primer dotične komunalne čistilne naprave) ugotovijo velikosti sledečih parametrov:

- vsebnost celotnega organskega ogljika (TOC)
- oziroma kemično potrebnega kisika (KPK),
- biološko potrebnega kisika (BPK5),
- vsebnost celotnega fosforja (Pskupni),
- vsebnost amonija (NH4-N),
- vsebnost nitratov (NO3-N),
- vsebnost nitritov (NO2-N),
- vsebnost kloridov (Cl*).

V primeru prekrščitve predpisanih mej parametrov se proti uporabniku naprave takoj sprožijo ustrezne državne sankcije.

Samonadzor je tekoči nadzor čistilne naprave, ki ga mora stalno vršiti upravljavec naprav. Tekoče se morajo evidentirati, dokumentirati, iz vrednotiti in shranjevati merilni podatki, poleg tega pa mora upravljavec redno nadzirati pravilno obratovanje in funkcijo naprav. Stalni vpogled podatkov ter ustreznih podlog (obratovalni dnevnik itd.) je možen na čistilni napravi. Ustreznemu državnemu uradu pa se o samonadzoru redno pošiljajo tudi zahtevana občasna poročila.

Pri državnem nadzoru so postopki raziskav predpisani, dočim se pri samonadzoru lahko uporabljajo tudi ustrezni obratovalni postopki. Predpisane postopke raziskav smejo izvajati le laboratoriji s certifikatom AQS.

2 • POTREBNI LABORATORIJSKI PROSTORI IN NJIHOVA OPREMA

V prilogi 1 Odloka o samonadzoru (EÜVOA, 1999) so predpisane vrste ter obseg nadzora glede na velikost čistilnih naprav za biološko razgradnjo odpadnih voda. V delovnem listu (BLW, 1996) se podajata minimalni obseg ter oprema laboratorijskih prostorov in obratovalnih naprav za smiselno izvedbo samonadzora. V kolikor je iz obratovalnih razlogov treba zvečati vrsto, obseg ali pogostost raziskav (preko minimalno predpisane mere), se morajo ustrezno zvečati tudi pred-

pisane zahteve glede minimalnega obsega ter opreme laboratorijskih prostorov in obratovalnih naprav.

Za večje število sosednih manjših čistilnih naprav (velikosti izpod 5000 PE) se lahko iz ekonomskih ter organizacijskih razlogov vrši skupni samonadzor in se zanj predvidi ter nabavi ustrezna skupna oprema. Zahtevnejše kemično-biološke raziskave se lahko izvajajo v skupnem centralnem laboratoriju. Vendar je pri skupnem samonadzoru potrebno,

da se določi odgovorno osebo za nabavo, vzdrževanje in nadomestilo skupne opreme ter sredstev.

Pogosto se lahko samonadzor manjših okoliških čistilnih naprav (v zato predpisani obliki) poveri strokovnemu osebju bližnje velike čistilne naprave.

Za laboratorij se mora izbrati zadostno velik prostor, ki omogoča izvedbo vseh potrebnih raziskav, in se ga mora ustrezno opremiti v skladu z veljavnimi predpisi (Richtlinien für Laboratorien ZH1/119, Berufsgenossenschaft Chemie). Minimalne površine laboratorijev naj znašajo:

velikost čistilne naprave (PE)	potrebna površina laboratorija (m ²)
do 4999	okoli 10
od 5000 do 19.999	okoli 15
iznad 20.000	najmanj 25

Preglednica 1 • Minimalne površine laboratorije

Tipični sestav opreme laboratorija v »suhem« delovnem območju predstavljajo:

- laboratorijske omarice,

- po ena delovna in pisalna miza z ustreznim številom predalov,
- mobilna miza in stol.

Tipični sestav opreme laboratorija v »mokrem« delovnem območju pa predstavljajo:

- laboratorijska miza s kislinsko odporno delovno površino in ustreznim številom predalov,
 - omarice in
 - dvojni kislinsko odporni umivalnik.
- Nad dobro osvetljenimi delovnimi mizami je treba namestiti zadostno število električnih vtičnic.

3 • RAZISKOVALNI POSTOPKI

Jemanje vzorcev ter raziskovalni postopki se vršijo praviloma po navedbah v EÜVOA. Raziskovalne metode niso predpisane do vseh potankosti, saj se obseg samonadzora ravna predvsem na podlagi obratovalnih zahtev in v skladu s strokovnimi zmožnostmi zaposlenega osebja (v odvisnosti od velikosti čistilne naprave). Za nekatere posamezne raziskave je lahko na razpolago tudi več različnih me-

tod, zato se strokovna izbira ustrezne metode prepušča upravljavcu, ki naj jo izbere v skladu z njegovimi potrebami ter možnostmi. Za raziskave v odtoku čistilne naprave pa naj se nasprotno uporabijo že priznane in preizkušene raziskovalne metode.

Novejši fizikalni merilni postopki s primerljivo natančnostjo (ki bazirajo na primer na optični ali ionski občutljivosti) so zaradi njihovih vi-

sokih nabavnih stroškov opravičljivi le, če je iz obratovalnih razlogov treba vršiti določene meritve večkrat dnevno.

Zahtevnejše metode (na primer po DIN) se uporabljajo (nameščajo) le redko in še to le pri potrebnih ali zahtevanih meritvah izrednih natančnosti. Pri tem je vsekakor treba tudi upoštevati, da te metode zahtevajo dobro strokovno usposobljeno osebje z ustreznim znanjem analitike.

4 • AVTOMATIČNI MERILNI TER REGISTRIRNI APARATI

Za korektno beleženje avtomatsko merjenih vrednosti in za vodenje agregatov, avtomatskih jemalcev vzorcev, kakor tudi državnih nadzorstvenih aparatov je potrebno poenotenje ustreznih parametrov ((ATV, 2000), (ATV, 2003), (Maleiner, 2008)) ter vseh vstopnih ter izstopnih priključnih elementov (BLW, 1981). Aparati za beleženje podatkov naj se zato predvidijo v skladu z ustreznimi smernicami (BLW, 1998).

Pri samostojnem, avtomatskem beleženju merilnih vrednosti se morajo trakovi za beleženje podatkov ali protokoli označevati glede na časovno ter parametrsko merilo

(merilo za merjene vrednosti), tako da je na podlagi teh označb, datuma in časa možno te merjene vrednosti naknadno natančno uvrščati v dejanska časovna obdobja meritev. Trakovi za beleženje podatkov, na katerih se podaja parametrsko merilo samo kot odstotek merilnega območja merilnega aparata, ne ustrezajo tem zahtevam. V smernicah ATV-DVWK-M 256 (ATV, 2001) so podane splošne zahteve glede obratovalne merilne opreme na čistilnih napravah.

Uporabljati se smejo le take merilne aparature, ki razpolagajo z obširnimi, dobro ra-

zumljivimi obratovalnimi navodili in jih osebje lahko servisira v razumnem ter opravičljivem časovnem obdobju. Na zunanjih aparaturah, nameščenih na prostem, je potrebno v neposredni bližini le-teh predvideti in dobro vidno nanesti tudi ustrezna vremenska obstojna, jedrnata uporabna navodila.

Merilna oziroma prikazna območja merilnikov naj se izberejo tako, da se pričakovane merilne vrednosti prikazujejo približno v srednjem območju merila. Pri merilnikih pretoka kot zgornja merilna meja praviloma zadostuje nekoliko presežena dvojna vrednost najvišjega sušnega pretoka. V primeru potrebe se pogosto predvidi tudi možnost naknadnega preklopa merilnega območja. Pogosto so se v praksi obnesla tudi logaritmična merilna območja.

5 • ODLOK O SAMONADZORU (EÜVOA)

Zaradi omejene dolžine članka navajam jedrnato le bistvene zahteve že navedenega zelo obširnega odloka s številnimi prilogami ter obrazci (EÜVOA, 1999).

5.1 Vsebina in struktura EÜVOA

EÜVOA §1 določa sledeča območja veljave EÜVOA:

- samonadzor čistilnih naprav, iz katerih se očiščene vode na podlagi **obveznega dovoljenja** (erlaubnispflichtig) uvajajo **direktno v vodotoke** (t. i. direktno uvajanje (Direkt-einleiter)),
- samonadzor čistilnih naprav, iz katerih se **po §55 LWG** na podlagi **obveznega dovoljenja** (genehmigungspflichtig) uvajajo

očiščene vode **indirektno v javna kanalizacijska omrežja** (t. i. indirektno uvajanje (Indirekteinleiter)),

- preverjanje dejanskega stanja kanalizacijskih omrežij, naprav za obdelavo mešanega odtoka (Mischwasserbehandlungsanlagen) in črpališč,
- direktno uvajanje hladilnih voda.

EÜVOA ne velja za:

- naprave za odtok gospodinjstev z dnevno pretočno količino izpod 8 m³/dan ter
- naprave za obdelavo padavinskih voda.

Vendar to še ne pomeni, da sta ti poslednje navedeni vrsti naprav osvobojeni vsakega samonadzora. Za te naprave so namreč načini

obratovanja ter obsegi vzdrževanja predpisani v posebnih navodilih (na primer: DIN 4261).

EÜVOA §2 določa vrste in obseg raziskav za:

- **biološko razgradljive odpadne vode** ter
- **ostale odpadne vode.**

EÜVOA §3 določa raziskovalne metode.

Raziskave se morajo vršiti v skladu z Odlokom o načinu analiz in meritev z dne 17. 6. 2004 (BGBl. I S. 1108, 2625).

EÜVOA §4 določa vrsto ter obseg posebnih preverjanj dejanskega stanja.

EÜVOA §5 določa vrsto ter obseg **obratovalnega dnevnika**.

Za čistilne naprave se mora voditi obratovalni dnevnik (Betriebstagebuch), v katerega se tekoče vnašajo in beležijo rezultati samo-

nadzora, uporabljeni postopki, preverbe dejanskega stanja po prilogah 1 in 2 kakor tudi motnje obratovanja. Te podatke mora podpisovati upravljavec naprave. Vsaj enkrat mesečno mora te podatke preveriti in podpisati tudi njemu nadrejeni, odgovorni vodja obratovanja. Obratovalni dnevnik(i) se nahaja(jo) na pripadajoči čistilni napravi in se mora(jo) hraniti vsaj za dobo petih let po zadnjem vnosu podatkov.

EÜVOA §6 določa vrsto ter obseg **poročil o samonadzoru**.

Lastnik čistilne naprave (z izjemo naprav za obdelavo mešanega pretoka) mora za minulo koledarsko leto redno predložiti poročilo (Eigenüberwachungsbericht) (priloge 4 do 7) odgovornemu državnemu uradu do 31. marca tekočega koledarskega leta.

Čistilne naprave z biološko razgradljivimi odpadnimi vodami

Veljavno območje po §1 EÜVOA

	direktno uvajanje			indirektno uvajanje	
				obvezno izdajanje dovoljenja	
	obvezno izdajanje dovoljenja			obstaja po §55 LWG	odpade po § 1, Abs.1 IndVO
izvor odpadnih voda	priloga 1 AbwVO	priloga 1 AbwVO	priloga 2 in sledeče AbwVO(*)	priloga 2 in sledeče AbwVO(*)	
količina odpadnih voda	manj kakor 8 m³/dan	več kakor 8 m³/dan	za vsako količino	za vsako količino	

Izvedejo se raziskave po §2 EÜVOA, priloga 1

jemanje vzorcev	ne	da	da	da	ne
merjenje količine	ne	da	da	da	ne
obratovalne nazivne velikosti	ne	da	da	da	ne
dotočne/odtočne raziskave	ne	da	da	da	ne
ugotavljanje tujih voda	ne	da	ne	ne	ne

Obratovalni dnevnik po §5 EÜVOA

ne	da	da	da	da
----	----	----	----	----

Samonadzorno poročilo po §6 EÜVOA

lokacija/obratovanje brez eko-avdita	ne	da	da	da	ne
lokacija/obratovanje z eko-avditom	ne	ne	ne	ne	ne

(* oziroma prehodno veljavnega VWV po §7 AbwVO)

Preglednica 2 • **Najmanjši obseg potrebnih raziskav za čistilne naprave z biološko razgradljivimi odpadnimi vodami**

5.2 Napotki in razlage v zvezi z izvedbami raziskav

Za izgradnjo, vzdrževanje ter varno delovanje javnih kanalizacijskih omrežij in čistilnih naprav so odgovorne občine, zato je tudi nujno evidentiranje, izrednotenje in nadzor tako imenovanih »odpadnih voda negospodinskega izvora« (nicht häuslichen Abwässern).

Sistematsko vodeni »**kataster odpadnih voda**« (Abwasserkataster) je osnova zahtevanemu poznavanju sestava odpadnih voda, njihovih količin in nihanja /10/ kakor tudi rezultatov samonadzora. Za določanje obsega indirektnih uvajalcev so na tržišču na razpolago številni računalniški programi.

Samonadzor sestave odpadnih voda služi različnim namenom:

- vodenju ter optimiranju čistilnih postopkov,
- preverjanju obtežb oziroma prostih kapacitet čistilne naprave,
- ugotavljanju stopenj razgradnje in odstranitve posameznih snovi in skupin snovi,
- kontroli zagotavljanja vodnogospodarskih zahtev,
- dokumentiranju obratovanja naprave v obratovalnem dnevniku kakor tudi v samonadzornem poročilu.

Najmanjši obseg potrebnih raziskav za čistilne naprave **z biološko razgradljivimi odpadnimi vodami** se določa na podlagi sledeče pregledne tabele (MUF, 1999):

Najmanjši obseg potrebnih raziskav za čistilne naprave **za ostale odpadne vode** pa se določa na podlagi sledeče pregledne tabele (MUF, 1999):

Na podlagi določil vodnogospodarskega odloka (wasserrechtliche Bescheid) se lahko vrste in obsegi posameznih raziskav še povečajo ter konkretizirajo. V kolikor odlok takih navedb ne vsebuje, se mora upoštevati vsaj v EÜVOA navedeni obseg minimalnih raziskav. Potrebne nazivne velikosti parametrov, potrebnih za vodenje procesa čiščenja in za obdelavo blata, mora uporabnik izbrati ter v zadostnem obsegu določiti po lastni presoji tako, da je zagotovljeno pravilno obratovanje čistilne naprave.

Čistilne naprave za ostale odpadne vode

Veljavno območje po §1 EÜVOA

	direktno uvajanje	indirektno uvajanje	
		obvezno izdajanje dovoljenja	
		obstaja po §55 LWG	odpade po §1, Abs.1 Satz 1 IndVO
izvor odpadnih voda	priloga 2 in sledeče AbwVO(*)	priloga 2 in sledeče AbwVO(*)	
količina odpadnih voda	za vsako količino	za vsako količino	

Izvedejo se raziskave po §2 EÜVOA, priloga 1

jemanje vzorcev	da	da	ne
merjenje količine	da	da	ne
preverjanje dejanskega stanja	da	da	ne
preverjanje napravi pripadajočih vodilnih parametrov	da	da	ne
odtočne raziskave	da	da	ne
ugotavljanje tujih voda	ne	ne	ne

Posebno preverjanje dejanskega stanja po §4 EÜVOA

da (**	da (**	da (**
--------	--------	--------

Obratovalni dnevnik po §5 EÜVOA

da	da	da
----	----	----

Samonadzorno poročilo po §6 EÜVOA

lokacija/obratovanje brez ekoavdita	da	da	da
lokacija/obratovanje z ekoavditom	ne	ne	ne

(** če je preverjanje predpisano po odločilni prilogi AbwVO

Preglednica 3 • Najmanjši obseg potrebnih raziskav za čistilne naprave za ostale odpadne vode

Relativno majhne količine odpadnih voda pri jemanju vzorcev morajo omogočiti reprezentativne vrednosti za (velike) celotne pretočne količine, zato je nadvse važna pravilna izbira:

- mesta jemanja vzorcev,
- vrsta vzorcev,
- čas jemanja vzorcev,
- pogostost jemanja vzorcev,
- pravilna izbira vzorčne posode ter konzerviranja vzorcev.

V kolikor ni drugače določeno, se vzorci jemljejo tako dnevno kakor tudi časovno zamaknjeno. 24-urni mešani vzorci se odvezajo proporcionalno dotoku ter času.

Pri čistilnih napravah za biološko razgradljive odpadne vode, velikosti iznad 5000 PE, se pretočna količina meri kontinuirano z merilnikom, ki samostojno beleži podatke, dočim pri napravah, manjših od 5000 PE, zadostujejo posamezne meritve s pomočjo merilnega preliwa ali posode. (Pri tem opozarjam, da nemška klasifikacija velikostnih redov čistilnih naprav precej odstopa od naše klasifikacije.) Za SBR – čistilne naprave – se mora predvideti ustrezno (saržno) merjenje pretočne količine.

Posebej dovedene oziroma uvajane količine odpadnih voda ali snovi (na primer dovoz fekalnega blata itd.) se morajo tako po vrsti kakor tudi po količini dodatno beležiti.

Za vodenje procesov čiščenja ter obdelavo blata potrebne značilne velikosti parametrov (na primer: kislinna kapaciteta, vsebnost kisika, prostornina blata, indeks blata, količina povratnega blata, motnost, poraba energije, temperatura, produkcija plina itd.) se morajo ugotavljati v potrebnem obsegu, da se lahko vrši pravilno, varno in nemoteno obratovanje čistilnih naprav. Na zahtevo ustreznega državnega urada se morajo dokumentirane obratovalne vrednosti redno predložiti v predpisani obliki.

V kolikor v vodnogospodarskem dovoljenju ni drugače določeno, se morajo pri čistilnih napravah **za biološko razgradljive odpadne vode** med drugim raziskati (EÜVOA, 1999):

	velikostni red 1 manjši kakor 60 kg/dan BPK ₅ (svež)	velikostni red 2 od 60 do 300 kg/dan BPK ₅ (svež)	velikostni red 3 od 301 do 600 kg/dan BPK ₅ (svež)	velikostni red 4 od 601 do 6000 kg/dan BPK ₅ (svež)	velikostni red 5 iznad 6000 kg/dan BPK ₅ (svež)	vrsta jemanja vzorcev
--	--	---	--	---	---	--------------------------

dotok čistilne naprave

dotočna količina	–	–	kontinuirano	kontinuirano	kontinuirano	
vrednost pH	–	vsak delovni dan	kontinuirano	kontinuirano	kontinuirano	naključni vzorec
BPK ₅	kvartalno	kvartalno	14-dnevno	14-dnevno	14-dnevno	qStP, 2-h-MP, 24-h-MP
KPK (TOC)	mesečno	mesečno	tedensko	tedensko	tedensko	qStP, 2-h-MP, 24-h-MP
fosfor, celotni	–	–	–	tedensko	tedensko	qStP, 2-h-MP, 24-h-MP
NH ₄ -N	–	–	mesečno	tedensko	tedensko	qStP, 2-h-MP, 24-h-MP

biološki reaktor

temperatura v odtoku (istočasna določitev z odvze- mom vzorca za N, celotni)	–	–	mesečno	tedensko	vsak delovni dan	naključni vzorec
--	---	---	---------	----------	------------------	------------------

odtok čistilne naprave

odtočna količina	tedensko	tedensko	kontinuirano	kontinuirano	kontinuirano	
vrednost pH	tedensko	vsak delovni dan	kontinuirano	kontinuirano	kontinuirano	naključni vzorec
usedle snovi	tedensko	tedensko	vsak delovni dan	vsak delovni dan	vsak delovni dan	naključni vzorec
odfiltrirane snovi		mesečno/kvartalno ³	mesečno	2-krat mesečno	tedensko	naključni vzorec
BPK ₅	kvartalno	mesečno	14-dnevno	14-dnevno	14-dnevno	qStP, 2-h-MP, 24-h-MP
KPK (TOC)	mesečno	tedensko	tedensko	tedensko	vsak delovni dan ² tedensko ¹	qStP, 2-h-MP, 24-h-MP
fosfor, celotni	–	–	–	tedensko	vsak delovni dan ² tedensko ¹	qStP, 2-h-MP, 24-h-MP
dušik, celotni	–	–	mesečno	tedensko	vsak delovni dan ² tedensko ¹	qStP, 2-h-MP, 24-h-MP

stopnja eliminacije

za KPK, P, celotni, TN _b	–	–	–	mesečno	14-dnevno	k-24-h-MP
-------------------------------------	---	---	---	---------	-----------	-----------

qStP: neusedeni, homonizirani, kvalificirani naključni vzorec

2-h-MP: neusedeni, homonizirani, 2-urni mešani vzorec

24-h-MP: neusedeni, homonizirani, 24-urni mešani vzorec

k-24-h-MP: neusedeni, homonizirani, korespondirani, 24-urni mešani vzorec (dotok, odtok)

1 če se parameter kontinuirano nadzoruje z *on-line meritvami* in se dokumentira dnevna srednja vrednost

2 če ni kontinuiranih *on-line meritev*

3 mesečno v prvem letu, kvartalno v sledečih letih, če je za ta parameter potrebno dokazovati vrednosti po smernicah 91/271/EWG z dne 21. 5. 1991 (ABl. EG Nr. 135 S. 40)

Preglednica 5 • Raziskave na čistilnih napravah z biološko razgradljivimi odpadnimi vodami

Delež tujih voda se mora ugotavljati in dokumentirati po predpisanem merilnem protokolu najmanj polletno. Količina tujih voda se določa na podlagi najmanjšega sušnega

pretoka (na primer nočne meritve ob 3. uri) in meritev 24-urnega dnevnega pretoka ((MUF, 1999), priloga 2).

V kolikor v vodnogospodarskem dovoljenju ni drugače določeno, se morajo pri čistilnih napravah za ostale odpadne vode na podlagi naključnih vzorcev med drugim raziskati:

Parameter	Čistilna naprava		
	izpod 10 m ³ /dan ¹	10 do izpod 50 m ³ /dan ¹	več kot 50 m ³ /dan ¹
KPK (TOC), ² NH ₄ , NO ₃ , NO ₂ -N, ² fosfor, celotni ²	mesečno	mesečno	tedensko
TN _b ²			
dotočna količina	po prilogi 2, Nr. 3		
vrednost pH, temperatura	kontinuirano/v saržah	kontinuirano/v saržah	kontinuirano/v saržah
cianid, lahko sprostljiv, klor, krom VI	mesečno	tedensko	2-krat tedensko
težke kovine, sulfid	6-krat letno	mesečno	tedensko
ogljikovodiki, AOX, hitro hlapljivi haloganizirani ogljik-vodiki (LHKW)	4-krat letno	6-krat letno	mesečno
druge snovi ali skupine snovi	2-krat letno	4-krat letno	6-krat letno

¹ Uvrstitev čistilnih naprav se ravna v skladu s količinami, navedenimi v vodnogospodarskem dovoljenju. V kolikor teh navedb ni, se upošteva dnevna količina odpadnih voda.

² Samo pri direktnem uvajanju v vodotoke.

Preglednica 4 • Raziskave na čistilnih napravah z ostalimi odpadnimi vodami

Stanje kanalizacijskih omrežij in napeljav se mora optično preveriti vsaj vsakih deset let, medtem ko se mora to obdobje preverbe ustrezno skrajšati na področjih zdravilnih vrelcev in območjih zaščitnih površin za pitno vodo. Delovanje naprav za obdelavo ter razbremenjevanje mešanih pretokov se mora preveriti optično po potrebi (na primer po izdatnih padavinah) ali pa vsaj enkrat mesečno. Napake ter usedline, ki lahko motijo in ovirajo delovanje teh naprav, se morajo nemudoma odstraniti.

Rezultati preverb se morajo ustrezno dokumentirati.

5.3 Napotki in razlage v zvezi z izvedbami raziskav

Strokovni napredek na področju merilne tehnike ter tehnike vodenja naprav povzroča naraščajočo uporabo *on-line merilne tehnike* tudi na čistilnih napravah. V praksi se take meritve v glavnem uporabljajo v sledeče namene:

- kontrola dotoka čistilne naprave,
- opazovanje procesov v biološki stopnji na podlagi merjenja specifičnih parametrov, na primer različnih obtežb, nitrifikacije ter denitrifikacije, lastnosti blata itd.,
- meritve dogajanj pri izločanju fosforja,
- nadzoru iztoka čistilne naprave.

Pri uporabi *on-line merilne tehnike* za vodenje naprav je treba upoštevati predvsem sledeče okvirne pogoje:

- primernost mest namestitve merilcev,

- zanesljiva in primerna priprava vzorcev,
- redno vzdrževanje in kalibriranje merilnih aparatov,
- redna primerjava z laboratorijskimi analizami,
- razpoložljivost šolanega osebja, potrebnega za oskrbo aparatov,
- strategija pri izpadu aparatov ali njihovih motnjah obratovanja.

Bistvena vodnogospodarska zahteva glede samonadzora (§57 LWG) čistilnih naprav je redno preverjanje njihove čistilne zmoglosti (stopnja izločitve, stopnja delovanja). Za določanje stopnje delovanja se morata (za posamezno opazovano meritveno velikost)

medsebojno primerjati dotočni tovor (Fracht) in odgovarjajoči tovor v odtoku, kar pomeni, da se vrši jemanje vzorcev v dotoku ter odtoku s časovnim zamikom, in sicer za računski čas zadrževanja odpadne vode (srednja pretočna količina pri sušnem pretoku) v čistilni napravi. Ta časovni zamik je možno določiti na podlagi izračuna ali z ustreznim barvnim markiranjem pretoka.

Izpolnjevanje predpisanih zahtev (glede zgorajne meje preostalih koncentracij posameznih snovi ali skupin snovi v odtoku čistilnih naprav) s pomočjo razredčitve ali mešanja odtokov ni dopustno in je v nasprotju z zahtevanim stanjem tehnike (§3 Abs.3 AbwVO). Zato mora

upravljevalnik čistilne naprave redno določati delež tujih voda v dotoku.

Pravilno obratovanje čistilnih naprav zahteva (samoodgovorno od upravljavca):

- redne kontrole preverjanja delovanja naprav in merilnikov,
- redne optične preglede posameznih gradbenih delov naprav,
- izvajanje zahtevanih vzdrževalnih del in popravil,
- izvajanje zahtevanih meritev, ki so potrebne za vodenje naprav,
- izvajanje zahtevanih del čiščenja in kalibriranja merilnih naprav ter naprav za vodenje procesov.

6 • SKLEP

V Nemčiji že pol stoletja poklicno šolajo in strokovno usposablajo osebje za delo na čistilnih napravah in njihovo vodenje v sledečih treh poklicnih stopnjah:

- * strežnik na čistilni napravi (Klärwärter),
 - * strokovni strežnik na čistilni napravi (Klärfacharbeiter),
 - * delovodja na čistilni napravi (Klärmeister).
- Poleg tega se v določenih časovnih obdobjih redno prireja nadaljnje poklicno šolanje in zahteva redno strokovno izpopolnjevanje tega osebja.

V Sloveniji teh za čistilne naprave nujno potrebnih strokovnih poklicev sploh še ne poznamo, saj določeni lobiji tega ustrezno šolanega osebja ne želijo in se uvedbi poklicnega šolanja na tem področju že desettletja uspešno izogibajo. Ustrezno šolano osebje bi namreč v sklopu samonadzora čistilnih naprav (na podlagi dejansko izmerjenih obratovalnih podatkov) zelo hitro opazilo in jasno dokumentiralo nezadostno delovanje naših kanalizacijskih omrežij in čistilnih naprav ter razkrilo s tem povezano prekomerno in hudo nepotrebno razmetavanje finančnih sredstev. Po zagotovilih slovenskih projektantov naj bi se v Sloveniji praviloma gradile moderne mehansko-biološke komunalne čistilne naprave z nitrifikacijo, denitrifikacijo in s simultano aerobno stabilizacijo blata. Za ta način čiščenja je v strokovni literaturi navedena potrebna računsko starost blata $t_{TS,r} \geq 25$ dni (Maleiner, 2008). Dejanski izračuni prostornin slovenskih čistilnih naprav pa praviloma kažejo bistveno nižje starosti blata, kar pomeni, da je projektant hudo »oklestil« potrebno velikost bioloških bazenov (saj je s tem dosegel »znižanje« in-

vesticijskih stroškov čistilne naprave). Zatorej take naprave ne morejo dosegati **v razpisih predpisanega** in v projektnih dokumentacijah obljubljenih rezultatov čiščenja ter zadostno stabiliziranega blata. Nekateri slovenski projektanti skušajo zato uvesti posebni strokovni pojem »delno aerobno stabiliziranega blata«, čeprav v tuji strokovni literaturi poznamo izključno le stabilizirano ali nestabilizirano blato. Na hude ekološke in ekonomske posledice (po evropski zakonodaji prepovedane) odstranitve nestabiliziranega blata (oziroma tega »delno aerobno stabiliziranega blata«) sem že pogosto opozarjal, zato tega tukaj ne bom ponavljal ((Maleiner, 2006), (Maleiner, 2008)).

Bodoči samonadzor delovanja čistilnih naprav bo pokazal tudi hude hidravlične preobtežbe slovenskih čistilnih naprav. Pri nekaterih čistilnih napravah se namreč iztočni parametri nahajajo v območju zakonsko predpisanih mej le zaradi hudih vdorov tujih voda v kanalizacijska omrežja in s tem nedopustnih, hudih razredčitev dotokov na čistilne naprave.

V razpisih se (»za pomiritev vesti«) sicer redno predpišejo zahtevane mejne vrednosti glavnih parametrov v odtokih, vendar se med obratovanjem čistilnih naprav te predpisane vrednosti »preverjajo« le na podlagi zelo redkega, časovno nepravilno izbranega ter nezadostnega državnega monitoringa. Za samonadzor potrebni ustrezni merilni instrumenti in laboratorijska oprema v projektnih dokumentacijah običajno sploh niso predvideni in se zato tudi ne razpišejo. Vodenje ustreznih obratovalnih dnevnikov in redno občasno poročanje državnim uradom o delovanju teh naprav

pa je pri nas (z zelo redkimi izjemami) še praktično neznano. Brez ustreznega samonadzora se namreč le težko dokaže napačno zasnovane, dimenzionirane, konstruirane in opremljene čistilne naprave.

Stanje slovenske politike ter stroke na področju čistilne tehnike zgovorno kaže strokovni molk in popolno pomanjkanje reakcije (investitorjev predvsem pa MOP-a) na zastrašujoče zgovorni strokovni članek, ki je bil objavljen v Gradbenem vestniku že aprila 2005 (Ribič Rep, 2005). Avtorja (magistra in izr. prof. Univerze v Ljubljani) sta (v odgovoru na moje pripombe k temu članku (Maleiner, 2005)) javno priznala, da si v članku strokovnega glasila (Zveze društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije in Matične sekcije gradbenih inženirjev Inženirske zbornice Slovenije!) iz strahu pred posledicami ne upata imenovati novozgrajene komunalne čistilne naprave, kaj šele navesti ime vodotoka, na katerem sta z meritvami jasno dokumentirala katastrofalno delovanje te novozgrajene čistilne naprave! Torej pri nas neizpolnjevanje razpisnih zahtev nikogar ne zanima, kaj šele, da bi zato kdor koli odgovarjal. Topogledna slepota in gluhost MOP-a sta torej zanesljivi. Nasprotno pa je lahko avtorjem eksistenčno nevarno že samo imenovanje takih naprav v strokovnem članku, kaj šele javno opozarjanje politike in stroke na njihovo slabo delovanje!

Čeprav se načrtovalci čistilnih naprav redno sklicujejo na upoštevanje in izpolnjevanje zahtev ustreznih evropskih in predvsem nemških strokovnih smernic (na primer ATV-DVWK-A 131), pri nas nihče (še najmanj pa MOL) ne nadzoruje, zahteva ali preverja pravilnost (pomanjkljivih ali celo manjkajočih) strokovnih izračunov, dokazuje zmogljivosti in izračune skupnih stroškov čistilnih naprav, ki se v teh smernicah predpisujejo.

Pri vsaki menjavi političnih režimov je namreč potrebno najprej (za vsako ceno) ustrezno dokazati upravičenost menjave »preživelega« režima s prikazom vseh odlik naprednega novega režima. Zatorej se morajo najprej striktno zamočati, odstraniti ali uničiti vsi (hudo moteči) dobri in uspešni dosežki preteklega režima. Ob zadnji menjavi režima so tako politiki nemudoma poskrbeli, da so se kar najhitreje ter radikalno razdobile in uničile več ali manj dobro organizirane ter delujoče strokovne strukture. Medtem ko so se v preteklosti politiki še zavedali, da potrebujejo stroko in so ji zato dopuščali določeno strokovno/politično avtonomijo, pa se današnji politiki tega ne zavedajo več. Zanašajo se izključno le na njihovo vsevednost, Google ter evropsko birokracijo. Vse hitreje se spuščamo na vsiljeni način življenja ter inteligenčno raven računalnikov. Kvalitetno strokovno znanje, praktične izkušnje ter argumentirano konceptno reševanje strokovnih problemov je tako nadomestilo izključno le slepo hazardiranje z le uradno »najnižimi« cenami na podlagi razpisnih dokumentacij.

Bivši vrstni red: strokovna ocenitev dejanskega stanja in potreb, predhodna analiza tehničnih variant ter iskanje za investitorja oziroma uporabnika stroškovno optimalnega celotnega koncepta rešitve (investicijskih ter obratovalnih stroškov), izdelava projektne dokumentacije, neodvisna strokovna revizija te projektne dokumentacije, izdelava izvedbenih načrtov, razpis izvajalskih del ter končno spremljanje (morebitno spreminjanje) izvedbe s končno predajo objekta je dandanes nadomestil (pogosto nestrokovni ali celo diletantski) razpis določenega (na kožo predhodno izbranega »našega« izvajalca) investicijsko »najcenejšega« objekta, kateremu sledi naknadna izdelava oziroma »priređitev« ustrezne projektne dokumentacije in izvedbenih načrtov za ta predhodni razpis. Pravilno delovanje naprav ter njihovi obratovalni stroški se pri takih razpisih praviloma ne upoštevajo. Tudi v preteklosti striktno zahtevana, ekološko ter ekonomsko izredno koristna **neodvisna strokovna revizija projektnih dokumentacij** je dandanes popolnoma »nepotrebna«.

Dodatno se je v razpisih tudi striktno onemogočila ali se je celo izrecno prepovedala ponudba odstopajočih tehnološko, ekološko in ekonomsko boljših strokovnih rešitev. Ponudnika boljših rešitev, ki bi lahko povzročil »strokovni dvom« in tako ogrožal »pravilno izbiro (»našega«) ponudnika«, se hitro in

enostavno odstrani iz nadaljnega postopka izključno na podlagi formalnih razlogov (»nedopustnega odstopanja od razpisnih pogojev«, brez za državne uradnike ter investitorja »nepotrebne« strokovnega pojasnjevanja in mučnega utemeljevanja že sprejetih tehnološko ter ekološko slabših in ekonomsko dražjih (»naših«) rešitev.

Kakor že navedeno – minili so časi, ko so se na podlagi strokovnega znanja ter izkušenj kakor tudi na podlagi variantnih primerjav različnih tehnologij ter stanja tehnike najprej izbrale in ovrednotile ekonomske ter ekološke optimalne rešitve za investitorja ter uporabnike. Po izbiri optimalne rešitve se je nato izdelala ustrezna projektna dokumentacija, ki je služila kot osnova natančnemu popisu ter razpisu potrebnih gradbenih del ter opreme. Ponudnik gradbenih del ter opreme je prejel obširni razpisni tender (s točnimi količinami in predpisano kvaliteto del ter opreme) kakor tudi natančne izvedbene načrte, po katerih je lahko natančno izračunal in izdelal celotno ponudbo brez možnosti naknadnih obsežnih špekulacij in aneksov.

Dandanes so se slovenski projektantski biroji prelevili v inženiringe, ki zastopajo in ponujajo določene tehnologije ter opremo. Zato se najprej razpiše na primer gradnja predhodno politično ali po občutku izbranega določenega tipa (in velikosti) čistilne naprave, ne glede na stanje tehnike, brez ustrezne izvedbene projektne dokumentacije ter običajno na podlagi nezadostnega strokovnega znanja ter izkušenj sestavljalca razpisne dokumentacije. Posamezne pozicije ter njihove količine se brez izvedbene projektne dokumentacije razpišejo »po občutku«, torej se morajo pri (»kasneje ugotovljenem«) pomanjkanju posameznih pozicij ali večjemu odstopanju kvalitete ali količine sklepati ustrezni aneksi, ki ne podlegajo pritiskom konkurenčnih ponudb. Končna vsota aneksov pogosto za nekajkrat presega razpisano investicijo (glej ljubljanske klinike, šentviški predor itd.).

V razpisni dokumentaciji se tudi pogoji udeležbe ter s tem možnosti sodelovanja in oddaje ponudbe ustrezno priredijo profilu »zelenega« ponudnika. Neželene ponudnike, ki bi odstopali ali celo moteče ponujali tehnološko ali ekonomsko boljše rešitve, je najlažje izključiti iz nadaljnjih postopkov na podlagi formalnih razlogov ali prekomernih (megalomanskih) zahtev udeležbe (ki jih izpolnjuje le »naš« ponudnik). Najzanesljivejši in najpogostejši pripomoček za izločitev

neljubih ponudnikov pa so malenkostne formalne napake (spregledani podpis ali žig na nešteti zahtevanih obrazcih, potrdilih, izjavah itd.). Strokovno neznanje, tehnološke pomanjkljivosti ali predrago obratovanje naprav pa nasprotno niti najmanj ne ogrožajo nadaljnje udeležbe.

Seveda tako pomanjkljivi razpisni tender večji ponudniki najprej analizirajo na njegove pomanjkljivosti ali napake. Prevelike ali premajhne količine se opremijo z ustreznimi cenami, predvsem pa se poiščejo in kasneje izkoristijo manjkajoče količinske pozicije oziroma pričakujoče spremembe načina ali kvalitete izvedbenih del, ki za »naše ponudnike« obetajo naknadne dobičkonosne anekse k pogodbi.

Izbranemu ponudniku se za v razpisu strogo določeni tip naprave poveri naknadna izdelava ustrezne projektne dokumentacije. Ker je ponudbena cena fiksna, se izbere najcenejšega izdelovalca dokumentacije (ne glede na njegovo strokovno znanje ter izkušnje), ki mora čim bolj (tako po kvantiteti kakor tudi po kvaliteti) oklestiti ponujene objekte, saj se s tem avtomatično zviša dobiček ponudnika. Podobni pritiski se nato vršijo tudi na vse podizvajalce gradenj ter dobavitelje opreme.

Tolaži me, da moja kritika posledic takega (ne)gospodarjenja ni popolnoma osamljena, saj ga je pred kratkim opisal in analiziral v svojem članku (Jermain, 2007) tudi mag. Bojko Jermanj.

Namesto da bi se vrnil na desetletja uspešno delujoči preizkušeni način načrtovanja ter gradnje objektov in bi strokovne položaje ponovno zasedli z izkušenimi strokovnjaki, je in bo politika le vse bolj krčevito iskala krivce in obdolževala gradbena podjetja, ki v skladu z bedastimi predpisi in zakoni izkoriščajo neumnost, neznanje in nezmožnost vsevednih politikov na strokovnih položajih.

Pomanjkanje odgovornosti je funkcija nezmožnosti. Ker na strokovnih področjih ni zadostnih odstopanj in povsod na odgovornih mestih vlada skoraj enako visoka stopnja strokovne nezmožnosti, se ustrezno zvišuje tudi prag neodgovornosti. Kolikor očitnejše postajajo politične bedarije, toliko bolj histerično se bo zatorej skušalo utišati stroko! Na žalost nimam upanja, da bo nova vlada kar koli izboljšala, saj je prihajajoča finančna kriza naravnost čudoviti izgovor za nadaljnje nagrajevanje slepote, gluhosti ter pospešeno odpiranje odgovornosti!

7 • LITERATURA

- ATV-DVWK-A 131, Bemessung von einstufigen Belebungsanlagen, maj 2000.
- ATV-DVWK-A 198, Vereinheitlichung und Herleitung von Bemessungswerten für Abwasseranlagen, april 2003.
- ATV-DVWK-M 256, Anforderungen an Betriebsmesseinrichtungen auf Kläranlagen, februar 2001.
- BLW, Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, Mindestausrüstung für die Eigenüberwachung kommunaler Kläranlagen, Merkblatt Nr. 4.7/5, 12. 6. 1996.
- BLW, Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, Prozessleittechnik auf kommunalen Kläranlagen, Merkblatt Nr. 4.6/8, 5. 2. 1998.
- BLW, Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, Technische Hinweise zur analogen Aufzeichnung von Betriebswerten und zur durchflussproportionale Probenahme auf kommunalen Kläranlagen, Merkblatt Nr. 4.6/2, 12. 5. 1981.
- EÜVOA, Landesverordnung über die Eigenüberwachung von Abwasseranlagen, Rheinland-Pfalz, 27. 8. 1999.
- Jermanj, B., Projektanti in kočevski medvedi, Moj dom, 19. sept. 2007.
- Maleiner, F., Biološko blato iz čistilnih naprav – kam z njim?, ZTI, strokovno posvetovanje Ravnanje z odpadki 2006, 19. in 20. 10. 2006.
- Maleiner, F., Izračun enostopenjskih naprav s poživljenim biološkim blatom po ATV-DVWK-A 131, 19. strokovni seminar, 19. 3. 2008.
- Maleiner, F., Kritika strokovnega članka, mag. Karmen Ribič Rep, izr. prof. dr. Boris Kampare, Načrtovanje čistilne naprave glede kakovosti odvodnika, Gradbeni vestnik, junij 2005.
- Maleiner, F., Strokovne pripombe na članek Mitje Rismala, Problematika negospodarne dispozicije blata iz ljubljanske čistilne naprave, Gradbeni vestnik, maj 2008.
- MUF, Ministerium für Umwelt und Forsten Rheinland-Pfalz, Leitfadeneigenüberwachung von Abwasseranlagen, Mainz, oktober 1999.
- Ribič Rep, K., Kampare, B., Načrtovanje čistilne naprave glede kakovosti odvodnika, Gradbeni vestnik, april 2005.