KAKOVOST VODA IN TEHNOLOŠKI RAZVOJ

Janez Vrtovšek, Andreja Drolc, Magda Cotman, Albin Pintar
Slovensko kemijsko društvo
Hajdrihova 19, SI-1000 Ljubljana
chem.soc@ki.si

Povzetek

V prispevku je prikazana problematika kakovosti voda v Sloveniji in tehnološke rešitve, ki lahko pripomorejo k izboljšanju stanja na tem področju. Tehnologija biološkega čiščenja zadovoljuje potrebe pri čiščenju komunalnih in industrijskih odpadnih voda, kar se odraža v dokaj dobrem stanju površinskih voda. V zadnjem času pa se pojavljajo problemi v povezavi s kvaliteto pitne vode, tako glede onesnaženosti podtalnice z nitratnimi ioni ali z onesnaženjem vodovodnih sistemov s patogenimi mikroorganizmi. Z novejšimi tehnološkimi postopki in materiali, pri razvoju katerih so sodelovali raziskovalci v okviru Slovenskega kemijskega društva, lahko tudi tu ponudimo ustrezne rešitve, pri čemer pa sta potrebna podpora in sodelovanje državnih inštitucij.

Ključne besede: *biološko čiščenje, denitrifikacija, fizikalno-kemijsko čiščenje, pitna voda*, *ultrafiltracija*.

Abstract

The paper represents the problems associated with water quality in Slovenia and potential technological solutions that could contribute to the improvement of the situation in this area. Biological waste water treatment technologies fulfill the requirements linked to municipal and industrial waste water, which is reflected in a rather good quality of surface water. Recently, some problems appeared in Slovenia in relation to drinking water quality, mainly the appearance of nitrates in groundwater and contamination of drinking water in the water distribution systems with pathogenic microorganisms. The researchers of the Slovenian Chemical Society played an active role in the development of advanced technological processes and materials. We can offer adequate solutions, but stronger support and cooperation of state institutions is also crucial.

Keywords: *biological treatment, denitrification, drinking water, physical-chemical treatment, ultra filtration.*

1 UVOD

Nova paradigma trajnostnega razvoja pred raziskovalce postavlja zahtevo po razvoju novih proizvodov in procesov oziroma po optimizaciji sedanjih. To narekuje usmerjeno in interdisciplinarno povezovanje kapacitet znanstvenih ustanov, izmenjavo izkušenj in tesno povezovanje z gospodarskimi družbami. Sodoben način preprečevanja onesnaževanja okolja zahteva harmoniziran razvojni in implementacijski globalni pristop kot tudi uporabo najnovejših znanstvenih spoznanj.

Na področju ohranjanja in izboljšanja kakovosti voda bi morali uporabljati kompleksen pristop k raziskovanju, ki povezuje: prvič, razvoj sodobnejših in čistejših tehnologij; drugič, preprečevanje onesnaževanja na samem viru z optimizacijo obstoječih tehnoloških proizvodnih procesov; in tretjič, integrirano ravnanje z odpadnimi vodami in odpadki, kamor sodijo tudi regenerativni postopki predobdelave močno obremenjenih procesnih in odpadnih vod ter zapiranje tehnoloških krogov procesnih vod in uvedba koncepta "brez odpadkov" (angl. zero waste management).

V Sloveniji nam je delno uspelo uveljaviti ta princip pri ohranjanju in celo izboljšanju kakovosti površinskih vodotokov z izgradnjo komunalnih in industrijskih čistilnih naprav. V zadnjem času pa opažamo velike probleme na področju onesnaževanja podtalnice in drugih virov pitne vode.

2 KOMUNALNE IN INDUSTRIJSKE ODPADNE VODE

Z izgradnjo komunalnih čistilnih naprav v vseh večjih slovenskih mestih, ki temeljijo na bioloških procesih, se je kakovost večine površinski vodotokov (predvsem rek) občutno izboljšala. V proces izgradnje velikih komunalnih čistilnih naprav so naše raziskovalne ustanove le redko vključene. V glavnem se uporabljajo že uveljavljene tehnologije biološkega terciarnega čiščenja s pretočno ali šaržno izvedbo, ki lahko ob ustreznem »predimenzioniranju« zelo učinkovito delujejo. Prav gotovo pa bi morali v optimizacijo in nadgradnjo njihovega delovanja vključiti raziskovalne ustanove.

Program monitoringa za industrijske odpadne vode je prispeval k preglednosti onesnaževalcev glede količine vode in njihovega onesnaženja. Zbrani podatki pa kažejo, da se tudi industrijske odpadne vode v največih primerih čistijo na komunalnih čistilnih napravah. Posamezni industrijski obrati so na osnovi podatkov monitoringa in ekonomskih ocen pristopili k načrtovanju in izgradnji lastnih industrijskih čistilnih naprav. S tem so poleg neposrednih (znižanje okoljske dajatve) in posrednih (uporaba energije iz odpadne vode) ekonomskih učinkov tudi občutno razbremenili komunalne čistilne naprave, ki lahko dosegajo boljše učinke čiščenja ostalih odpadnih vod. Pri nekaterih projektih je sodeloval tudi Kemijski inštitut (Javor, Pivovarna Laško).

V prihodnje bo treba dati večji poudarek preučevanju uvedbe – kjer je to smiselno – anaerobno/aerobnih čistilnih postopkov, ki bodo omogočali pridobivanje energije (bioplin) iz odpadnih vod v še večji meri.

3 PODTALNICA IN PITNA VODA

V Sloveniji se v zadnjem času soočamo z dvema perečima problemoma: z onesnaženostjo podtalnice (ki je vir pitne vode) z nitratnimi ioni in z oporečno pitno vodo v javnih vodovodnih sistemih (pretežno onesnaženo z bakterijami).

Na nekaterih območjih Slovenije s specifičnimi pogoji (velike ravnice z bogato obdelovalno zemljo) se v posameznih vrtinah pojavlja prekomerna koncentracija nitratnih ionov (dovoljena koncentracija v pitni vodi znaša 50 mg/l). Ti se v podtalnici pojavljajo zaradi intenzivne uporabe gnojil na kmetijskih površinah v obdobju pred

10–20 leti. Zaenkrat se ta problematika rešuje tako, da se meša vodo iz različnih vrtin tako, da je koncentracija nitratnih ionov pod predpisano mejo.
Hkrati pa v Sloveniji v 21. stoletju kar 300.00–400.000 prebivalcev uživa oporečno pitno vodo. Na določenih območjih se pogosto pojavljajo onesnaženja vodovodov (predvsem s patogenimi mikroorganizmi), kar je pred kratkim zahtevalo celo smrtno žrtev. Edina rešitev, ki jo v tem primeru ponujajo odgovorne institucije, pa je »prekuhavanje vode«, ki lahko traja celo po več dni ali tednov! V okviru te problematike bi bilo treba preveriti tudi učinkovitost predpisov glede pogostosti pregledov kvalitete pitne vode.

4 TEHNOLOŠKE REŠITVE

Mnenja smo, da se je na družbene izzive treba odzivati z interdisciplinarnim in inovativnim pristopom. V nadaljevanju bodo prikazane nekatere možne tehnološke rešitve za zgoraj opisano problematiko. Opisane so samo tehnologije in materiali, pri razvoju in testiranju katerih intenzivno sodelujejo člani Slovenskega kemijskega društva (v okviru svojega profesionalnega udejstvovanja na Kemijskem inštitutu).

4.1 Biološka denitrifikacija podtalnice

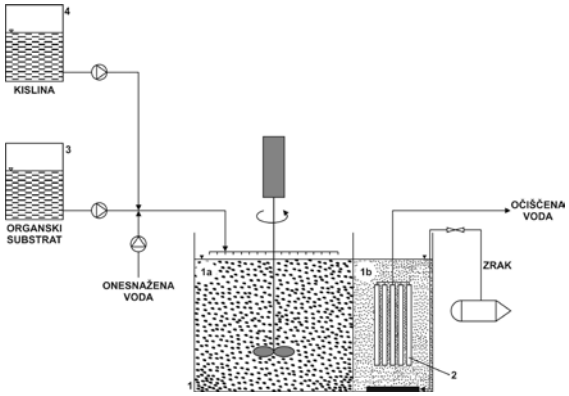
Tehnologija membranskih bioreaktorjev (MBR) se je že dobro uveljavila na področju biološkega čiščenja komunalnih odpadnih vod. Postopek ločevanja aktivnega blata od obdelane vode z membranami omogoča, da je v iztoku iz sistemov MBR, v primerjavi z iztokom iz konvencionalnih bioloških čistilnih naprav, občutno nižja koncentracija mikroorganizmov. Zaradi boljše mikrobiološke kakovosti obdelane vode je tehnologija MBR postala zanimiva tudi za področje priprave pitne vode, kjer so se do sedaj uporabi bioloških procesov večinoma izogibali.

V napravah MBR lahko vzdržujemo visoke koncentracije aktivnega blata, kar poveča intenziteto bioloških postopkov, vendar hkrati negativno vpliva na pretočnost membran zaradi mašenja z nabiranjem plasti mikroorganizmov in njihovih izločkov na površini in v porah membran. Zato so v zadnjem času začeli razvijati sisteme MBR (hibridni ali biofilm MBR-sistemi), ki temeljijo na delovanju mikroorganizmov, ki so pritrjeni na nosilnem materialu. S tem se ohrani visoka intenziteta bioloških procesov, hkrati pa se v obdelani vodi, ki prihaja v proces separacije z membranami, nahaja le zelo nizka koncentracija dispergiranih mikroorganizmov. Vendar rezultati nekaterih raziskav nakazujejo, da lahko tudi nizka koncentracija suspendiranih mikroorganizmov (zaradi svojih specifičnih lastnosti) povzroča velike težave pri delovanju membran.

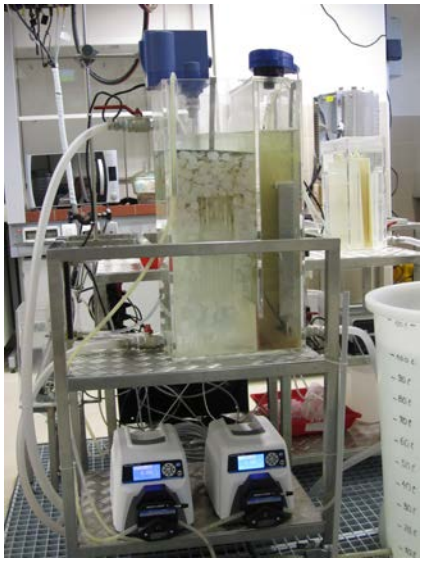
Na Kemijskem inštitutu smo razvili in skonstruirali kompaktni hibridni MBR pilotni sistem za odstranjevanje nitratnih ionov iz onesnažene podtalnice (sliki 1 in 2). Sistem sestoji iz reaktorske posode, ki je s perforirano pregrado razdeljena na anoksični in aerobni del. V anoksičnem delu, ki je napolnjen z nosilcem biomase v obliki majhnih plavajočih kock iz poroznega polimernega materiala, poteka biološka denitrifikacija ob dodatku organskega substrata (etanol). Pri tem lahko kot stranski produkt nastajajo nitritni ioni, ki se v aerobnem delu oksidirajo v nitratne ione. V aerobnem delu se hkrati oksidirajo prebitne količine organskega substrata, ki ostanejo po denitrifikaciji. V aerobnem delu je potopljen membranski modul z

membranami v obliki plošč in sistem za prezračevanje. Aerobni del je napolnjen s specifičnim nosilcem biomase v obliki plavajočih okroglih lističev iz poroznega polimernega materiala. Mehanske lastnosti nosilca omogočajo, da je ta lahko nenehno v intenzivnem stiku z zunanjo površino membran, ne da bi povzročal njene poškodbe. Ta stik občutno poveča učinek mehanskega čiščenja površine membran, ki so ga do sedaj dosegali le s tokom zračnih mehurčkov iz prezračevalnega sistema.

Rezultati pilotnih preskusov kažejo, da stabilno delovanje hibridnega sistema MBR lahko dosežemo pri koncentraciji nitratnega iona v obdelani vodi pod 0,1 mg/l, koncentraciji nitritnega iona pod mejo določitve, vrednostmi KPK pod 5 mg/l in nizko koncentracijo aktivnih suspendiranih mikroorganizmov. Pri tem pa se je delovni cikel membrane, ko ni bilo potrebno čiščenje njene površine, podaljšal nad 1000 obratovalnih ur.



Slika 1. Shematski prikaz večfunkcijskega sistema za biološko denitrifikacijo podtalnice



Slika 2. Pilotni sistem za denitrifikacijo podtalnice na Kemijskem inštitutu

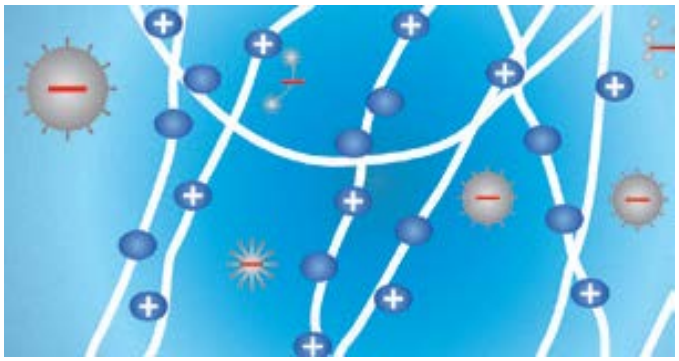
4.2 Priprava neoporečne pitne vode v gospodinjstvih

Na področjih, kjer pogosto prihaja do onesnaženja vodovodnih sistemov, je smotrna uporaba t. i. podpultnih sistemov za pripravo neoporečne pitne vode. Ti sistemi temeljijo na kombinaciji več filtrov (slika 3), ki so priključeni na cev vodovoda pred pipo v prostoru, kjer se pitna voda največ uporablja (ponavadi je to kuhinja).

Slika 3. Primer podpultnega sistema za pripravo neoporečne pitne vode

Pri teh sistemih je najpomembnejši filter, ki zadrži mikroorganizme. Kemijski inštitut je sodeloval pri razvoju materialov na osnovi nanodelcev, ki so izredno učinkoviti pri odstranjevanju mikroorganizmov, hkrati pa omogočajo visoke pretoke vode preko sistema.

Mikrobiološki filtrski vložki so najnovejši dosežek na področju razvoja nanomaterialov. Iz vode odstranjujejo bakterije (Escherischia coli, koliformne bakterije, enterokoke, Clostridium perfringes, legionelo), viruse (enterovirusi, hepatits A, hepatitis B, rotavirus), težke kovine (železo, arzen, cink, svinec, živo srebro, baker, kadmij). Uspešnost filtracije je od 99,999999 do 100 %.



Slika 4. Princip delovanja filtra na osnovi nanodelcev

Filtrski material deluje na principu elektrostatične privlačnosti (slika 4). Nanodelci iz sintranega aluminijevega oksida ustvarjajo v vodi pozitiven naboj in na sebe vežejo negativno nabite nečistoče v vodi (virusi, bakterije, težke kovine).

Tehnične specifikacije filtrskih vložkov različnih dimenzij so podane v preglednici 1.

Na voljo je tudi ekonomičnejša varianta v obliki športne plastenke, ki uporablja mikrobiološki filter v kompaktni izvedbi. Plastenko lahko uporabljamo za filtriranje oporečne vode iz vodovodnega sistema ali vodnih virov v naravi (potoki, jezera), izkazala pa se je tudi kot zelo primerna za pripravo vode za dojenčke neposredno pred uporabo.

Preglednica 1. Tehnične specifikacije filtrskih vložkov

Premer/dolžina (cm)	7/12	7/25	7/50	11/25	11/50
Površina (m^2)	0,13	0,32	0,66	0,78	1,58
Učinkovitost mikrobiološke filtracije (%)	99,99	99,9999	99,9999	99,9999	99,9999
Priporočen pretok (l/min)	7,5	15	30	40	75
Življenjska doba (m^3)	20	40	80	120	160
Temperaturno območje (°C)	4–80	4–80	4–80	4–80	4–80
pH območje	5–10	5–10	5–10	5–10	5–10

Slika 5. Športna plastenka s filtrskim vložkom

Pri nabavi in montaži podpultnih sistemov na območjih, kjer se onesnaženja vode v vodovodnih sistemih redno pojavljajo, bi morala pomagati tudi država s subvencijami, saj je dostop do neoporečne pitne vode pomembnejši kot dobro izolirana fasada na hiši! Vsekakor pa bi pomembno vlogo pri osveščanju prebivalstva morale odigrati tudi javne inštitucije, ki so zadolžene za varovanje zdravja ljudi.

Viri

Uradni list R Slovenije št. 19 (2004): Pravilnik o pitni vodi.
Vrtovšek, J., Pintar, A. (2011): Kompaktni in večfunkcijski reaktorski sistem za odstranjevanje nitratnih ionov iz podtalnice. Patentna prijava št. P–201100253, vložena pri Uradu RS za intelektualno lastnino.
Vrtovšek, J., Ravnjak, M., Pintar, A. (2011): A novel multifunctional system for ground water denitrification. Slovenian-Italian Conference on Materials and Technologies for Sustainable Growth, Ajdovščina.