

ZAKLJUČNO POROČILO
O REZULTATIH OPRAVLJENEGA RAZISKOVALNEGA DELA
NA PROJEKTU V OKVIRU CILJNEGA RAZISKOVALNEGA PROGRAMA
(CRP) »KONKURENČNOST SLOVENIJE 2006 - 2013«

I. Predstavitev osnovnih podatkov raziskovalnega projekta

REPUBLIKA SLOVENIJA
 NOSILEC JAVNEGA POOBLASTILA
 JAVNA AGENCIJA ZA RAZISKOVALNO DEJAVNOST
 REPUBLIKE SLOVENIJE LJUBLJANA

1. Naziv težišča v okviru CRP:

POVEZOVANJE UKREPOV ZA DOSEGANJE TRAJNOSTNEGA RAZVOJA

Prejeto:	30-10-2008	Sig. z.:	0110
Šifra zadeve:	03113-273/2008	Pril.:	
		Vrednost:	

2. Šifra projekta:

VI-0294

3. Naslov projekta

3.1. Naslov projekta v slovenskem jeziku:

Vrednotenje ekoremediacijskega potenciala tal Ljubljanskega barja in modeliranje transporta kontaminantov v pitno vodo

3.2. Naslov projekta v angleškem jeziku:

Evaluation of the ecoremediation potential of the Ljubljana marsh soils and modelling the transport of contaminants in ground water.

4. Ključne besede projekta

4.1. Ključne besede projekta v slovenskem jeziku:

Šotna tla, podtalnica, točkovno in disperzno onesnaževanje, dušik, fosfor, mikrobi, sledilni poskus, uranin

4.2. Ključne besede projekta v angleškem jeziku:

Peat soils, groundwater, point and diffuse pollution, nitrogen, phosphorus, microbes, tracer experiment, uranine

5. Naziv nosilne raziskovalne organizacije:

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta

5.1. Seznam sodelujočih raziskovalnih organizacij (RO):

Nacionalni inštitut za biologijo

Vrednotenje ekoremediacijskega potenciala tal Ljubljanskega barja in modeliranje transporta kontaminantov v pitno vodo

Povzetek

Namen projekta je bil ugotoviti kako vertikalni in lateralni hidravlični transport ter čistilna sposobnost barjanskih šotnih tal vplivata na bremenitev podtalnice in površinskih voda s kemičnimi in mikrobiološkimi onesnaževali iz točkovnih in disperznih virov. S pomočjo mreže piezometrov smo v podtalnici iz globine 0.6, 1.2, 1.8, 2.4 in 3.0 m in v odvodnem jarku kamor gravitira podtalnica v obdobju enega leta redno merili koncentracije fluorescentnega barvila (Uranin), amonijskega (NH₄-N) in nitratnega (NO₃-N) dušika ter fosfata (PO₄-P). Na dveh serijah vzorcev podtalnice in vzorcih 2 površinskih vodotokov, ki izvirata v neposredni bližini polja z mrežo piezometrov smo poleg analize hranil opravili tudi analize na skupno število mikroorganizmov, število fekalnih streptokokov, enterokokov, koliformnih in fekalnih koliformnih bakterij.

Koncentracije barvila in hranil v podtalnici okrog točkovnega vira onesnaženja so pokazale, da gre za izredno hiter transport v vertikalni smeri in znatno počasnejši transport v lateralni smeri. Že na razdalji 25 m od vira onesnaženja se je koncentracija amonija in fosfata zmanjšala za 100 krat, koncentracija fluorescentnega barvila pa za 1000 krat, medtem ko je bila koncentracija nitrata in število mikroorganizmov pri viru in na razdalji 25 m podobno. Dodatna disperzna bremenitev z gnojevko ni povečala koncentracije hranil v podtalnici okrog točkovnega vira. Navedeni rezultati kažejo da šotna tla učinkovito zadržujejo hranila, neučinkovita pa so pri zadrževanju mikrobnih onesnaževal. Po mikrobioloških parametrih tako podtalnica kot voda iz površinskih vodotokov ne ustrežata normativom za vodo za pitje oziroma kopanje, koncentracije hranil pa so večinoma pod normativi za pitno vodo.

Evaluation of the ecoremediation potential of the Ljubljana marsh soils and modelling the transport of contaminants in ground water

Abstract

The aim of this work was to investigate how the vertical and lateral hydraulic transport and ecoremediation function of the peat soils affect the distribution of chemical and microbiological contaminants in groundwater and surface waters. Throughout the year we measured concentrations of a fluorescent dye (Uranine), ammonium (NH₄-N), nitrate (NO₃-N) and phosphate (PO₄-P) in groundwater at a depth of 0.6, 1.2, 1.8, 2.4 and 3.0 m, sampled from a network of piezometers positioned around the point source of pollution. In addition to nutrients, we determined total number of microorganisms, number of fecal streptococci, enterococci coliforms and fecal coliforms in two series of groundwater samples and in samples from 2 surface waterflows rising in the vicinity of the field with piezometers.

Concentrations of the dye and nutrients in the ground water around the point source of pollution indicate a rapid transport in the vertical direction and much slower transport in the lateral direction. Concentrations of ammonium and phosphate in ground water were reduced by 100-fold, whereas concentration of Uranine was reduced by 1000-fold within 25 m distance from the source. Concentrations of nitrate and the numbers of microorganisms were similar at the source and in the surrounding piezometers and similar to those in surface waters. Surface application of liquid manure did not increase the concentrations of nutrients in groundwater around the point source of pollution. These results indicate that peat soil effectively retains nutrients but is rather ineffective in reducing the number of microbial contaminants in ground and surface waters.

II. Vsebinska struktura zaključnega poročila o rezultatih raziskovalnega projekta v okviru CRP

1. Cilji projekta:

1.1. Ali so bili cilji projekta doseženi?

- a) v celoti
 b) delno
 c) ne

Če b) in c), je potrebna utemeljitev.

1.2. Ali so se cilji projekta med raziskavo spremenili?

- a) da
 b) ne

Če so se, je potrebna utemeljitev:

aplikacije zmanjšala s 100 µg/l na 10 µg/l, na ostalih točkah pa z 1 µg/l na 0 µg/l, zato smo v zadnjih 5 serijah paralelnih vzorcev (od 19.1. 2008 do 29.5.2008) določili tudi količino amonija, nitrata in fosfata.

2. Ugotavljanje samočistilne sposobnosti šotnih tal pri točkovnem onesnaženju s hranili in mikrobi

Poskusna zasnova je bila enaka kot pri sledilnemu poskusu, poskus pa smo izvedli na sosednjem polju, na travniških tleh nizkega barja z enakimi fizikalno kemijskimi karakteristikami. Mrežo piezometrov - 12 točk s 5 piezometri različnih globin smo namestili po prej opisanem principu okrog točkovnega vira onesnaženja – greznice, ki je, tako kot površina aplikacije barvila na polju sledilnega poskusa, na točki z najvišjim nivojem podtalnice. V istih časovnih terminih kot na sledilnem poskusu smo vzorčili podtalnico na 5 globinah in površinsko vodo iz glavnega odvodnega jarka kamor gravitira podtalnica. V vseh vzorcih smo določili koncentracijo amonijskega in nitratnega dušika ter fosfata, mikrobiološke analize pa smo zaradi delovne zahtevnosti opravili le na 2 serijah vzorcev v maju in v decembru.

Rezultati analize hranil v podtalnici so pokazali, da je vertikalni in lateralni transport hranil iz točkovnega vira onesnaženja zelo podoben transportu fluorescentnega barvila na sledilnem poskusu. Z izjemo nitratnega dušika, povprečna koncentracija amonijskega dušika ter fosfata v podtalnici ne kaže značilnega gradienta z globino (0.6 – 3.0 m) na nobeni od 12 točk v mreži piezometrov, ugotovili pa smo značilne razlike v koncentraciji amonija in fosfata v lateralni smeri. Koncentracija amonijskega dušika (10 – 100 mg/l) in fosfata (1 - 10 mg/l) je v podtalnici pri viru onesnaženja 100 krat višja kot na razdalji 25 m in več od vira, kar se sklada z zmanjšanjem koncentracije barvila v lateralni smeri na sledilnem poskusu. Kljub 100 – kratnemu zmanjšanju je bila količina amonija v podtalnici na razdalji 25 m in več od vira vseskozi v rangu 0,1 – 1 mg/l, kar je nad sanitarno mejo (0,1 mg/l NH₄ - N), medtem ko je bila količina fosfata na razdalji 25 m in več od vira vseskozi pod sanitarno mejo (0,1 mg/l PO₄ -P).

Koncentracija nitrata v podtalnici (0,01 – 10,0 mg/l) na razdalji 25 m in več od vira se ni značilno razlikovala od tiste pri viru in je bila vseskozi pod sanitarno mejo (11 mg/l NO₃ -N).

Mikrobiološke analize, za razliko od hranil, niso pokazale značilnih razlik v prisotnosti in številčnosti mikrobov vertikalni (0.6 – 3.0 m) in lateralni smeri - na razdalji 25 – 35 m in 50-70 m od vira onesnaženja. Skupno število mikroorganizmov v podtalnici na vseh vzorčnih točkah je bilo med 10 000 in 1000 000, število fekalnih streptokokov med 10 in 100, število enterokokov med 10 in 20, število koliformnih bakterij med 1000 in 10 000, število fekalnih koliformnih pa med 100 in 1000. Najvišje vrednosti za vse našete mikrobiološke parametre smo ugotovili v potoku kamor gravitira podtalnica s poskusnega polja. Vrednosti mikrobioloških parametrov presegajo normative za pitno in kopalne vode. Od indikatorskih oz. patogenih mikroorganizmov smo v vseh vzorcih ugotovili prisotnost bakterij rodu *Listeria*, *Campylobacter* v vzorcu pri viru točkovnega onesnaženja, *Clostridium perfringens* pa nismo ugotovili v nobenem vzorcu.

Iz navedenih rezultatov je mogoče povzeti, da kvaliteto zgornjega sloja podtalnice (do globine poljarice) in površinskih voda v odvodnih jarkih na Ljubljanskem barju veliko bolj kot onesnaženje s hranili ogroža bakterijsko onesnaženje, zaradi česar je voda

4. Ugotavljanje onesnaženja površinskih vodotokov s hranili in mikrobi

Od površinskih vodotokov smo za vzorčenje izbrali odvodni jarek Strahomerski skočnjak, ki ima arteški izvir sredi polja približno 200 m severo-vzhodno od našega poskusnega polja s piezometri in potok Šentjanž, ki ima kraški izvir ob vznožju Krimskega pogorja. Približno 200 m južno od poskusnega polja. V obeh vodotokih smo vzorčili na 5 točkah in sicer: ob izviru, ob izlivu v Ljubljano ter na 3 vmesnih točkah, ki smo jih izbrali glede na kmetijsko rabo tal in poseljenost. Vzorčenje smo opravili v istem dnevu (11 december) kot vzorčenje za mikrobiološke analize podtalnice na polju z disperznim virom onesnaženja, na obeh serijah vzorcev pa smo opravili analize hranil in mikrobiološke analize.

Za razliko od podtalnice kjer je bila koncentracija fosfata med 0,01 in 0,1 mg/l PO₄-P, je bila koncentracija fosfata v obeh površinskih vodotokih na vseh vzorčnih točkah pod mejo detekcije, medtem ko so bile koncentracije amonijskega in nitratnega dušika v obeh površinskih vodotokih v istem rangi kot v podtalnici – 0,2-0,4 mg/l NH₄- N ter 1,1-13,0 mg/l NO₃- N. Pri obeh vodotokih je koncentracija nitratnega dušika naraščala od 1,1, oz. 2,4 mg/l NO₃- N pri izviru do 10,5 oz. 13,0 mg/l NO₃- N na vzorčnih točkah 3 in 4 v naselju Lipe, nato pa zopet upadla na 2-3 mg/l NO₃- N pri izlivu v Ljubljano. Koncentracija amonijskega dušika v obeh površinskih vodotokih ni pokazala značilnega trenda od izvira do izliva.

Vrednosti vseh mikrobioloških parametrov v obeh površinskih vodotokih so naraščale od izvira do izliva v Ljubljano.

Skupno število mikroorganizmov (100 do 10 000 celic/ml) pri izviru obeh vodotokov je bilo za 2 reda velikosti manjše kot v podtalnici (10 000 do 1000 000) in je do izliva naraslo na 10 000 do 1000 000 celic/ml. Število fekalnih streptokokov in enterokokov je bilo že pri izviru obeh vodotokov med 100 in 1000, kar je za 2 reda velikosti višje kot v podtalnici (med 10 in 100) do izliva v Ljubljano pa je naraslo na 1000 do 10 000. Število koliformnih in fekalnih koliformnih bakterij pri arteškem izviru je bilo v istem rangi kot v podtalnici (med 100 in 10 000) v kraškem izviru pa 10 krat nižje (med 100 in 1000); do izliva pa je v obeh vodotokih naraslo na 10 000 do 100 000 celic/ml.

3.3. Kateri so **neposredni rezultati** vašega raziskovalnega projekta glede na zgoraj označen potencialni pomen in razvojne cilje?

Zasnova poskusa na polju in rezultati tega raziskovalnega projekta so bili osnova za program usposabljanja dveh doktorskih kandidatov: Špele Höfferle in Levina Pala. Špela proučuje mikrobne združbe odgovorne za proces nitrifikacije Levin pa mikrobne združbe udeležene v procesu denitrifikacije v profilu šotnih tal nizkega barja. Njune raziskave bodo pokazale temeljne mehanizme odstranjevanja dušika v odvisnosti od sezonskih nihanj temperature in vlage v tleh ter mikroorganizme, udeležene v procesih čiščenja, ki jih bo mogoče uporabiti pri čiščenju odpadnih voda.

Rezultati sledilnega poskusa so pomemben prispevek k poznavanju hidrologije zgornjega sloja nizkega barja, ki doslej še ni bil zajet v hidrogeoloških raziskavah Ljubljanskega barja in osvetljujejo vertikalni in lateralni transport hranil v podtalnici. Čistilna sposobnost šote nizkega barja ugotovljena na polju je bila preizkušena tudi v primerjalnem pilotnem poskusu s šoto visokega barja, ki se sicer ponekod že komercialno uporablja za čiščenje odpadnih vod iz točkovnih virov. Poskusi s šotnimi kolonami v katerih smo preverjali čistilno sposobnost šote nizkega in visokega barja so pokazali da je pri zadrževanju hranil (amonij, fosfat) šota nizkega barja še učinkovitejša od šote visokega barja, medtem ko sta pri zadrževanju bakterij obe vrsti šote neučinkoviti.

3.4. Kakšni so lahko **dolgoročni rezultati** vašega raziskovalnega projekta glede na zgoraj označen potencialni pomen in razvojne cilje?

Poleg biodiverzitete in zadrževanja vode je čistilna sposobnost najpomembnejša okoljska funkcija naravnih mokrišč. Znanstvena spoznanja pridobljena pri proučevanju naravnih mokrišč so neposredno uporabna pri načrtovanju umetnih mokrišč in čistilnih naprav kot ekoremediacijskih tehnologij..

Projekt predstavlja prvi celostni pristop k problemu kako kmetijstvo in poseljenost vplivata na onesnaženost zgornjega sloja podtalnice in površinskih vodotokov na Ljubljanskem barju s hranili in mikrobi. Rezultati tega projekta pomembno dopolnjujejo rezultate meritev toplogrednih plinov ki smo jih pridobili v okviru projekta Centra odličnosti - Okoljske tehnologije in so dobra strokovna osnova za upravljalni načrt Krajinskega parka Ljubljansko barje. Ta naj bi določal rabo habitatnih tipov in rabo tal, ki bi imela čimmanjše negativne okoljske posledice kot so onesnaženje podtalnice in površinskih voda s hranili iz kmetijstva in urbanizacije ter emisije toplogrednih plinov.

Poskusno polje z mrežo piezometrov predstavlja terensko učilnico in vir vzorcev za laboratorijske vaje študentov pri predmetih Mikrobiologija tal, Mikrobiologija voda in Mikrobna ekologija, ki so del študijskih programov Agronomija, Mikrobiologija, Biologija in Biotehnologija. Teoretična in praktična spoznanja pridobljena v projektu pa se vključujejo v predavanja dodiplomskih in podiplomskih programov.

V okviru projekta so bile izpopolnjene analitske tehnike določanje ionskih oblik dušika in fosforja ter mikrobiološke analize voda, na novo pa so bili oblikovani in preizkušeni kolonski šotni filtri.

(Biotehniška fakulteta, Enota medoddelčnega študija mikrobiologije, Ljubljana, Diplomске naloge, 347). Ljubljana: [D. Repič], 2008. X, 59 f., graf. prikazi, tabele. [COBISS.SI-ID 3467640]

4. Sodelovanje z tujimi partnerji:

4.1. Navedite število in obliko formalnega raziskovalnega sodelovanja s tujimi raziskovalnimi inštitucijami.

V okviru projekta V1-0294 bi izpostavili sodelovanje z University of Aberdeen, Scotland, UK, ki je potekalo v obliki študijskih obiskov profesorjev in podiplomskih študentov, ter sodelovanje v COST akciji 856 z naslovom: "Denitrification" in v COST akciji 869 z naslovom: "Mitigation options for nutrient reduction in surface waters and groundwater". Vodja projekta V1-0294 je tudi član Management committee COST akcije 869.

4.2. Kakšni so rezultati tovrstnega sodelovanja?

V sodelovanju s profesorjem J.I Proserjem na University of Aberdeen, je doktorska kandidatka na naši katedri Špela Höfflerle opravila genetsko analizo (TRFLP Amo A gena) arhejske in bakterijske združbe nitrifikatorjev v profilu (0 – 100 cm) šotnih tal pri točkovnem viru onesnaženja in v razdalji 25 m od vira – t.j. na lokacijah, ki se značilno ločita po količini amonija v podtalnici.

V COST akciji 856 je naša Katedra za mikrobiologijo organizirala konferenco z naslovom: "Denitrification – basic research and its application in wetlands", ki je potekala v Ljubljani od 9-11 septembra 2007 in na kateri so bili rezultati projekta predstavljeni mednarodni znanstveni javnosti.

V COST akciji 869, v kateri sodelujejo znanstveniki iz 30 držav, so se izoblikovale podatkovne baze, ki vključujejo: 1. Lokalizacijo in karakterizacijo kritičnih izvornih področij onesnaženja voda s hranili, 2. Vpliv hranil na ekološke procese v površinskih vodah, 3. Seznam opcij za zmanjšanje onesnaženja voda z dušikom in fosforjem iz kmetijstva, 4. Ocena projektov v EU kjer so bile opcije testirane na polju oziroma povodju. Te baze se tekoče dopolnjujejo z novimi rezultati., kar omogoča pregled nad učinkovitostjo posameznih ukrepov za zmanjšanje bremenitve potalnice in površinskih voda s hranili v različnih okoljih. To vodi k oblikovanju kriterijev dobre kmetijske prakse.

5. Bibliografski rezultati³ :

Za vodjo projekta in ostale raziskovalce v projektni skupini priložite bibliografske izpise za obdobje zadnjih treh let iz COBISS-a) oz. za medicinske vede iz Inštituta za biomedicinsko informatiko. Na bibliografskih izpisih označite tista dela, ki so nastala v okviru pričujočega projekta.

³ Bibliografijo raziskovalcev si lahko natisnete sami iz spletne strani:<http://www.izum.si/>

histosol of the Ljubljana marsh, Slovenia. V: Abstracts of the contributions of the EGU General Assembly 2008 : Vienna, Austria, 13-18 April 2008, (Geophysical Research Abstracts, Vol. 10). [Katlenburg-Lindau: European Geophysical Society: Copernicus], 2008, 2 str. [COBISS.SI-ID 1530709]

8. ČENČUR CURK, Barbara, BRICELJ, Mihael, STICHLER, Wilibald. Experimental study of flow and solute transport in the unsaturated zone of karst rock in Slovenia. Geophys. res. abstr., 2006, vol. 8. [COBISS.SI-ID 1174499]

9. ČENČUR CURK, Barbara, BRICELJ, Mihael. Simulation of bacteriological pollution in the unsaturated zone of karst rock in Slovenia. Geophys. res. abstr. (Online), 2007, vol. 9, 2 str. <http://www.cosis.net/abstracts/EGU2007/06200/EGU2007-A-06200.pdf>. [COBISS.SI-ID 1284067]

10. ČENČUR CURK, Barbara, BRICELJ, Mihael. The role of epikarstic zone for microbiological pollution retardation. V: LYNCH, Erin (ur.). International Conference on Karst Hydrogeology and Ecosystems, 13-15 August 2007, Bowling Green, USA. Bowling Green: Hoffman Environmental Research Institute, 2007, str. 15. [COBISS.SI-ID 1295843]

5. Bibliografski rezultati - priloga

IVAN-JANEZ HACIN [03383]

Osebna bibliografija za obdobje 2006-2008

1.01 Izvirni znanstveni članek

1. KRAIGHER, Barbara, STRES, Blaž, HACIN, Janez, AUSEC, Luka, MAHNE, Ivan, ELSAS, Jan D., MANDIĆ-MULEC, Ines. Microbial activity and community structure in two drained fen soils in the Ljubljana Marsh. *Soil Biol. Biochem.* [Print ed.], 2006, vol. 38, str. 2762-2771. [COBISS.SI-ID [3172984](#)]

2. STRES, Blaž, DANEVČIČ, Tjaša, PAL, Levin, MRKONJIĆ FUKA, Mirna, RESMAN, Lara, LESKOVEC, Simona, HACIN, Janez, STOPAR, David, MAHNE, Ivan, MANDIĆ-MULEC, Ines. Influence of temperature and soil water content on bacterial, archaeal and denitrifying microbial communities in drained fen grassland soil microcosms. *FEMS Microbiol. Ecol.*, 2008, issue 1, vol. 66, str. 110-122. [COBISS.SI-ID [2343816](#)]

tipologija 1.08 -> 1.01

1.06 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci (vabljeni predavanje)

3. HACIN, Janez. Kroženje hranil v tleh in vodi. V: RASPOR, Peter (ur.), KUŠČER, Enej (ur.). Pomen biotehnologije in mikrobiologije za prihodnost: voda, Ljubljana, 18.-19. januarja 2007. *Voda*, (Pomen mikrobiologije in biotehnologije za prihodnost, 04). Ljubljana: Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo, 2007, str. 93-99. [COBISS.SI-ID [3278968](#)]

1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci

4. HACIN, Janez, STRES, Blaž, MANDIĆ-MULEC, Ines. Research at Ljubljana Marsh. V: MANDIĆ-MULEC, Ines (ur.), STRES, Blaž (ur.),